

٥٥

الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على القنون * تعريب

عيسى افندي

زهزان

فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز السبر المصون *

صغيرة

في تطبيق الهندسة على الفنون *

خطبة الكتاب

الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة
(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونسبه

مع الخط المستقيم)

بيان اقيسة الطول

بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا)

امتحان صحة المسطرة المثلثية

بيان تطبيق الاجسام على بعضها

عملية تصحيح الخطوط العمودية

الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية

والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد)

اجراء العملية على سلك الحديد اى السكك ذات القضبان

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتوازيات)

بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها

بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلبات

بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحيا كته

بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد

المساقط

بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة

بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية (وكذلك المثال الشهير

المقرر في امدارة السفين)

- مثلك ناشئ من رسم الطرق والخلجان (ويشتمل على رسم الاراضى
بخطوط افقية)
- ٣٧
- الدرس الثالث فى بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط
والمركز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الوتر والسهم وعلى الارتفاع
والدائرة عمود على نصف قطرها)
- ٣٩
- اجراء العملية فى رسم الخطوط
- ٤١
- اجراء العملية فى خراط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة
- ٤٣
- اجراء العملية فى عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح
- ٤٣
- اجراء العملية فى خراط الاجسام الثابتة
- ٤٤
- اجراء العمل فى التدوير
- ٤٤
- اجراء العملية فى الحركات المتوازية
- ٤٥
- اجراء العملية فى تركيب الآلات
- ٤٥
- اجراء العملية فى نقل حركة مستديرة من محور الى آخر
- ٤٦
- بيان التسيور المحيطة بالدوائر
- ٤٦
- بيان حركة دائرة فى اخرى
- ٤٧
- اجراء العملية فى اللعب البخارية
- ٤٨
- تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا
- ٤٨
- بيان الطرق السهلة التى يمكن استعمالها فى تقسيم الدائرة (ويشتمل
على نسبة المحيط الى نصف القطر)
- ٤٩
- بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا (ويشتمل على بيان
الدرجات والدقائق والثواني وغيرها)
- ٥٠
- اجراء العملية فى علم الجغرافيا
- ٥٢
- بيان تقسيم الدائرة المستعمل فى تركيب الآلات
- ٥٣
- بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا
- ٥٤

الغرافومتر المكررة

بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر

الدرس الرابع في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات
الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث
المستوى وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط
تساوي المثلثات)

٥٧

٥٨

٦٣

٦٦

٦٧

٧٠

٧٠

٧٣

٧٤

٧٧

٧٩

٧٩

بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)

بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا
المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمسة والمسدسة)

بيان مائة على بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل
على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة
تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والنراز
والتزييق (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها
تغطية المسافة على وجه الضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)
بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرية (ويشتمل على
التطبيق على الملاعب والمدرجات والقباب المقبوصرة والقباب الحادة
والقباب المصنوعة على صورة اذن القفّة)

بيان رسم تفصيل العمارات

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة
(ويشتمل على تساوي الاشكال)

بيان طبع الرسم اي النقل بالقلم

بيان نقل الرسم

صحيحة

٧٩

بيان تماثل الاشكال

بيان كيفية الحصول على الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتفريز

٨٠

اي الطبع بالجبر وغير ذلك

٨٠

بيان كيفية الحصول على الاشكال المتساوية بالطبع

٨٣

بيان قاعدة المربعات

٨٥

بيان الاشكال المناسبة

٨٧

بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة

٨٨

بيان كيفية رسم ارنيك آلة او محصول صناعة

٨٩

بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي

٩٢

بيان المثلثات المتشابهة

٩٥

بيان بكار التناسب

٩٧

بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة

الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المسطوية المنتهية

٩٩

بخطوط مستقيمة او مستديرة

١٠٧

بيان استحالة تربيعة الدائرة

١٠٧

بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها

١٠٩

بيان اجراء العملية

١١٠

بيان اجراء العملية في صناعة الصفي

١١٠

بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد

١١٣

بيان عملية خراط الاجسام

بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برابرة في شأن قطع السطوح

١١٣

المستوية

١٢٠

الدرس السابع في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات

١٢١

بيان اجراء العملية

١٢٢	بيان اجراء العملية في علم النظر
١٢٢	بيان اجراء العملية في علم المباني
١٢٣	بيان اجراء العملية في الميكانيكة
١٢٤	بيان اجراء عدة عمليات مختلفة
١٢٤	بيان المناشير البلورية
١٣٢	بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية
١٣٤	بيان تكعيب شكل الاهرام
	بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على
١٣٦	حسب المطلوب
١٣٨	اجراء العملية في تكعيب قارين السفن
١٣٩	بيان المجسمات المتشابهة
١٤٢	الدروس الثامن في بيان الاسطوانات
١٤٤	الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
١٤٤	بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
	الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
١٤٥	المتوازية
١٤٥	بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
١٤٥	اجراء العملية في التكعيبات والتشبيكات وغيرها
١٤٨	بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالثقب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية
١٥٠	بيان مساحة سطح الاسطوانات

١٥٢	بيان مساحة حجم الاسطوانات
١٥٣	اجراء عملية خواص الاسطوانة في تجديد الظلال
١٥٤	اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الطير
١٥٥	بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخرج
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
١٥٦	بيان طبع الليتغرافية اي الطبع على الحجر
١٥٧	بيان الطبع بالنقش
	بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله
١٥٧	قضايا
١٥٧	بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن
١٥٨	بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
١٥٨	بيان تخطيط الاسطوانات
١٦٠	الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطية
١٦٦	بيان استعمال آلة التصوير
٢٦٨	بيان الاوضة المنظمة
١٦٩	بيان الصورة الخيالية
١٦٩	بيان الخيال الظلي
١٧٠	بيان قاعدة علم المنظر
١٧٣٠	بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة
١٧٥	بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
١٧٦ /	بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة

صيفة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخزوطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الاتحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية .
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والرخ
- ١٨١ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقنوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانموذجات والارايك المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقشنة الملابس
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الاتحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية .
- ١٩٦ الدرس الحادى عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠١ بيان الطوق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علمى الجغرافيا والهيئة

٢٠٨	بيان فستحة سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر بها تخطيط الاماكن.
٢١٠	بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة
٢١٢	بيان الكرة السماوية
٢٢١	الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية
٢٢٣	بيان شكل البريمة الخلزوني
٢٢٥	بيان اجراء العملية
٢٢٧	بيان اجراء العمليات
٢٢٨	بيان الاعمدة الملتفة
٢٢٨	بيان الامبيق المتوى
٢٣٠	بيان غزل التيل والكتان
٢٣١	بيان غزل الصوف والقطن
٢٣٥	بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام
٢٣٥	بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس
٢٣٨	الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح
٢٤١	بيان مسقطي الخط المستقيم
٢٤٣	بيان مسقطي كثير الاضلاع
٢٤٦	بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية
٢٤٧	بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة
٢٤٧	بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى
٢٤٨	بيان اجراء العملية في انشاء السفن
٢٤٨	بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال
٢٥٠	بيان اجراء العملية في علم المنظر
٢٥٠	بيان تقاطع المخروط والمستوى

٢٥١	بيان القطع الناقص
٢٥٣	بيان اجراء العملية في علم الضوء
٢٥٣	بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
٢٥٥	بيان القطع المكافئ
٢٥٧	بيان اجراء العملية في المنارات
٢٥٧	بيان القطع الزائد
٢٥٨	بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
٢٥٨	بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
٢٥٩	بيان البانوراما اى المنظر العام
٢٥٩	بيان المرأة المسكورة
٢٦٠	بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القيب والقبوات
٢٦٠	بيان الظلال المخروطية
	الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات
٢٦١	والسطوح
٢٦٤	بيان المستويات المماسية للسطوح
٢٦٦	بيان المستوي المماس للاسطوانة
٢٦٦	بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
٢٦٧	بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
٢٦٧	بيان المستويات المماسية للمخروط
٢٦٨	بيان اجراء العملية
٢٦٨	بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
٢٦٨	بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
٢٦٩	بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
٢٧٠	بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة ببطوح آخر

صيفه

٢٧٠

بيان الاسطوانات التي تكتنف بالكرة

٢٧٠

بيان اجراء عملية ذلك

٢٧٠

بيان معيار الاكر

٢٧١

بيان اجراء العملية في الظلال

٢٧٢

بيان اجراء العملية في فن التجارة

٢٧٣

بيان الكسوف

٢٨١

بيان لاجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك

٢٨٢

الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والسطوح

٢٨٣

بيان اجراء العملية في انحناء الارض

٢٩١

بيان انحناء الكرة

بيان الخطا والضواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطا	ضواب	صحيفة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ١٢)	١١	٢٥
وحبل	او حبل	١٦	١٩
د	د	٢٥	
ث	وث	٢٤	١
لان	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
و قل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
و د ح	و د ح	٤١	٢
م د ح	م د ح	٤١	٤
م د ح	م د ح	٤١	٦
و د	و د	٤٢	٣
نقطة ح	نقطة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كنشكلا	كنشكلا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ب ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان مر	كان مر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٤١

خطا	صواب	صحيفة	سطر
مثلث ا ب ث	مثلث ا ب ث	٩٢	١١
هـ : ث	هـ : ف	٩٦	٢١
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص د	ص ز	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣٠	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج د	خ د	١٢٠	٢
ح د	خ ز	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	موش	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بنا ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٣	١	٩٤١	١٣
م ن ح ح	م ن ح ح	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصفر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح د ص	ح ح د ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبيكة		
العين المشتبكة	اوالياف العين		
بالشبيكة	المشتبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفة	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١٠
٢٥	٢٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠٠	٢٢٥	٦
وانخار بور	وانخار بور	٢٢٨	٢
دف	دق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤



الحمد لله الذي امتد غلمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره
 اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن
 ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهيم في دوائر ملكوته
 فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من
 براهين فصاحته قاطبه * ودلائل بلاغته قامعه * مركز محيط المآثر
 والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
 الاشكال * الجوهر الفرد الذي حبل بالآيات البينات كل اشكال *
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
 متين * ثم الدعاء لحضرة فخر امر آة الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجتد بنيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا *
 رب المفخر التي شهد بفضلها الخاص والعام * ولما اثر التي تسمو على الثريا
 وتفخر العمام * خلد الله حكومته البهية * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعدي قول مترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الالاسنه * حائرة من كل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجدد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادايته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجاء الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التفهم والتفهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبتي المعقول والمنقول *
 وحاز قضيتي الفروع والاصول * حضرة رفاعة افندي * حفظه المعيد
 المبدى * فبعد ان تحققت الاحمال * وجوزيت الاعمال * وكنا من زمرة
 رجال قلم المترجم * الذي يابى الله الا ان ينشر عمله وعلمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باصر من تغت بمده الورق على الايك * مديردوان عموم
 المدارس ادهم بيك * الفائز بالمحاسن العلمية والعملية * المستوى على
 المعارف الكلية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * ككنا في تطبيق
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة تحت رئاسة
 رب الذكاء الرائق * والفهم الفائق * من فاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الفنون الهندسية * ومهرو في العلوم الرياضية * حضرة محمديوي
 افندي * وبصحيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تمها التمام * وابس طراز الختام * وسماه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فجاء بحمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي النعم بانها غرر في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تتكرر همته * ولا تبارى في تقويم
اود الملائك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الاقندي مترجم الجزء الثاني المبسار
اليه * نظريز لا سمحه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي لطيف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاطوار
طفقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوارح الاقار
بشرى لقلب فاز منها بالناس * وسعت اليه بجيشها الجزار
دعنى عذولى لا تلنى فى الهوى * واترك ملاهى فى الغرام ودار
آتيت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوقى وتمازى
يكفيك ما قد حل بي من هجره * فسواى فى حب الملاح بمبارى
رام السلو لمن احب عواذلى * والقلب لا يثقل فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقاهم فى الحب كاس عقار
لمن لم يجد لى بالوصل فائتى * باقى على عهدى بلا منكار
لا اثنى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبو لذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلا لا منه للاغيار
جار العذول وانى جار على * حاكم المحبة بعد بعد الجار
والدمع سأل ومهجتى تلفت على * من حسنه يجلود بى الاسمار
دل السقام على الغرام ولوعى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم بزي الاحشا بسيف لحاظه * كذا دورى بسيفه البتار
بيت المسكارم قطب دائرة العلا * عين الوجود ومركز الاخيار
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه بيوار
اضحت به مصر عروس زمانها * ومن الفخار دثرت بدثار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بعزيرهما اقتضرت على الاقطار
سر الودى من فى الوغى قطع العدا * ولصكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نثار
 نشرت نواريح الافاضل فضله * فيذكره بنجاب كل غبار
 وله من الاشبال نبيل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * فمحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو للعصا * نور الزمان وصقوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاتحه بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فقضاه عن كل عار عارى
 دانت رقاب مخالفيه لامره * وويوت علاه شواهد الانوار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعقدوه مازال في اديار
 حاز الفخار طريفه وتليده * وسواه في كسب المقاهر طارى
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضارى
 دلت ما ثره على عزمانه * أنى سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجود جسم والنشدا * نخر الاماجيد كامل المقدار
 لينه اذا عظم التزال غضنفر * نامحت دماء عدها كالانهار
 يفتثر نغر الدهر عن احسانه * ومهد يجه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر قاضى وعم بكل بحار
 اما حسين فانه يجنى من اللست عليهم روضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الخليل * غدا ربيعاً طيب الاخبار
 اكرمهم من قتيه حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * بعون القريب المجيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصنایع والفنون المستطرفة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبه

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم عما يقى من الفراغ المذكور

وينشاء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض ودون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سمك الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة الفاصلة لجزئ سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول ودون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا عند قولته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فاشنا عرف

ان صورة هذا الجزء الفراغي هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسمان من الاجسام

بخصوصه ولا سطحان من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولو ان في مثل هذا بعض صعوبة الا انه يبرن العقل ويقوى التعبر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان نعود التلامذة على ذلك شيئاً فشيئاً وان نبين اهم الاختلاف الملاحظ في الوجود بين الاجسام على اعتبار المهندس العلمي والمهندس العملي ولما منع من ان يتصور في الهندسة اجساماً متداخلة في بعضها بحيث اتم اشغال كل ما اوبعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية للجسمين تشغل معاً مسافة واحدة ولو ظهر وقوع نكش لفهم منه ان اجزاء احد الجسمين للمادية تدخل في فراغ الاجزئ مشال ذلك ادخال الماء في السفينة وسياً في لنا كون هذه الملاحظات لازمة لفهم حركة الآلات وتناجها

فاذا فرض ان الجسم يتقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة الهندسية التي باعتبارها يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح او الجسم اللذين ليس لهما سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقط الكتابة ونقط الخطوط النقطية في الرسوم الهندسية وغيرها بالحبر والقلم الرصاص ونقط الجسكاكة او في غرزة الخياط وهلم جرا

والنقطة ايضاً تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمنقاش حيث ان هذه النهاية لا سمك لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على الاجسام التي تسمى حجوماً بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مضروقة في ظروف اوبين حواف ساجزة مثل النبيذ في القزان والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى بحسبة اوان اشكالها
منضبطة الثغير داخل تحت قاعدة او عند عمارسة المهندس لها
واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا فى القنون هو الخط المستقيم وهو
الذى يقطعه الانسان فى اقرب زمن عند تتبعه اتجاها واحدا لانه اقصر بعد
بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من
احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين
بين نقطتين معا لومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصلا بهاتين
النقطتين لا تتحدا معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين
رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى
فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا
وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم فى الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم
الاستقامة يكفى انطباق الثانى على الاول فى نقطتين وينظر هل يطابقه فى جميع
نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه
ثانيتهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع
او عدة اضلاع مستقيمة كالماطر والقلايات

ولذلك نضع المسطرة والقلاية على السطح الذى يتطبق فيه الخط المستقيم
المصنوع بالمسطرة والقلاية انطباقا كليا فى جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك
رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم ترسم بقلم وصاص او منقاش او اى آلة
سواء كان طرفها محدد او قاطعا خطا يمس بالمسطرة والقلاية في هذا يصير الخط
المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه
المنتهى بقطعة من اللامس الواح القزاز للربعة التى يريد وضعها

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خط بين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة بالتساوي على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص او المنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص او المنقاش مماسا دائما للمسطرة .

وعند ابتداء التلامذة في رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الاتباه والزمن ليرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث عندهم وقت الرسم بالخبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يحفلون للخطوط التي يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه اتلاف الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على ككونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها الاسم كما ضروري لتكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية في الفنون ونبتدأ اولا بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول قد عرف المهندسون ان هذا الخط له طول فقط دون عرض وعمق وفي الواقع ان كل الخطوط المستعملة في الفنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالبا على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي بها يحيط المحاصرون والمحاصرون محلا وان الخط عند ارباب الكتابة والطباعة الفرز ساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكه يساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جدا بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط او الحبل من جله آلات الهندسة العملية المستعملة في الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلا اذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعا على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

وانذبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما نبهناه على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الهندسية والخطوط العملية وسيرى في احوال كثيرة
ان تقدمات الفنون تقرب شيئا فشيئا في عجائبات الصناعة من ذلك التصور
الهندسي الذي ينبغي لئلا سذمة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذي يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضا المستوي نقطة نقول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستوي وكانت نقطتا الخط المستقيم
متحدتين مع المستوي فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح
ويستعمل المستوي في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوي وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح
خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستوي مجهز قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة يجهزون
لها غالب الوجوه متسعة كما ان مهندسي السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول
المقل المركب وهو المسمى بالارنين واما الخبازون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستوي واما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال انقناطر على سطوح اقلية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوي صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتحد معه في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذي هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثالثة لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين

ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الانبعاث الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون أبعاد كتلة خشب أو بيت أو سفينة أو غير ذلك ولاجل مقابلة هذه الأقيسة المتنوعة ببعضها يلزم أن نأخذ منها واحدا ونجعل له أحاد قياس أنها وتنتظر كيف يتكرر هذا الأحاد في الشيء المراد قياسه فإذا كان يتكرر فيه ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ مع الصحة فلا صعوبة في العملية وليس كذلك فيما إذا بقي من الخط المقاس جزء يكون أقل من الطول المأخوذ أحادا فينتدبؤخذ هذا الأحاد ويقسم إلى أجزاء متساوية مثل ١٠ أو ١٠٠ أو ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوي عليه الخط المستقيم المعد للقياس من العشرات أو المئين والالوف من أحاد القياس .

* (بيان المقياس) *

المقياس خط مستقيم مثل أ ب شكل (١) موضوع عليه عدة أحاد القياس وتقسيمات هذه الأحاد وقد تفيدنا الهندسة العملية طريقة استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة في اشغال الصناعة التي ينتج منها التجار لضبط القياس (راجع الدرس الخامس)

ومن الضروري لأرباب الفنون أن يكونوا محتسبين على خط مستقيم منقسم على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالأقيسة القديمة مثل القدم والهنداسة والحديدية كالتر المتجزء على مسطرة .

وقد تشتري الصناعات غالبا آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقريبة الخلل فمن يحسن مراعاة للوفر الذي في غير محله فمن المتحسن للصناعاتية أن يشتروا دائما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لأن القوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصرف الذي بذلوه في ثمنها وسفتكلم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا أن نعتبر عدة خطوط مستقيمة بالنظر لا وشاعها فنقول .

إذا فرضنا أن مستقيم أ ب س (شكل ٢٧) يدور حول نقطة أ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه الحركة يبعد الخط المذكور شيئاً من وضعه الاصل وهو ا ب س ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب ا د او ب ا ه من خط الى آخر نقطة ا التي يمتد منها خطياً ا ب و ا ث تسمى راس الزاوية وخطاً ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض الاوقات الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعيها وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من الجهة المتعكسة الى ان يعود ثانياً على ا ب بعد أن يدور دورة كاملة ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار في وضع ا م نصف دورة من ا ب وبالجملة اذا اثبت الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل فان الاول ينطبق على الثاني انطباقاً كاملاً وفي الحركات العسكرية بعد اصطاف العساكر اعني وضعها على خط مستقيم وتوجهها الى جهة فيحتاج في الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة التي في وقتها يدور كل واحد من العساكر على احد كعبيه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري القدم الاخر المعبر عنه بحرف ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حيث تد على كعبيه دورة كاملة ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير القدم الذي == ان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول (شكل ٦) فاذا دار العسكري ثانياً نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاه

الاصلي وتكمل دورته حينئذ
واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كافي (شكل ٧)
وجدنا احدهما وهي $\overline{ب\theta}$ صغيرة والثانية وهي $\overline{ث\alpha}$ كبيرة ومجموعهما
يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتدا $\overline{ا\beta}$ الى $\overline{ا\delta}$
واذن تكون زاوية $\overline{ب\theta}$ هي التي تنقص من زاوية $\overline{د\theta}$
لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية $\overline{د\theta}$ هي الناقصة من زاوية
 $\overline{ب\theta}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية $\overline{ب\theta}$ هي
المتمة لزاوية $\overline{د\theta}$ وكذلك زاوية $\overline{د\theta}$ هي المتمة لزاوية
 $\overline{ب\theta}$

واذا فرضنا ان زاوية $\overline{ب\theta}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط
 $\overline{ا\beta}$ فان زاوية $\overline{د\theta}$ المتمة تنقص ويأتي وقت تزيد فيه زاوية
 $\overline{ب\theta}$ وتنقص فيه زاوية $\overline{د\theta}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان
متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة
فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة

ثم ان زاوية $\overline{ب\theta}$ القائمة او $\overline{د\theta}$ (شكل ٨) او ربع الدورة
هي الزاوية التي يحتاج الى احداها او قياسها في جميع الاوقات لاجراء جملة
عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالباً في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبية
ومنى لزم انقلاب البلوك المصطف على اتجاه $\overline{ا\beta}$ (شكل ٨) من هذا
الوضع الى وضع $\overline{ا\theta}$ العمودي فانه يدور ويتقلب حول نقطة $\overline{ا}$ ويحدث
دورة واقلاباً تاماً حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائماً الى جهة واحدة

ولا يحدث الاربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودي ويحدد وجهه
هذه الحركة بان يأمر وبالذوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حيث نضع خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و و ل
(شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدناهما وضع و ل حيث ان زاويتي
ن و ل و م و ل متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين بصيران
مساويتين للزاويتين الاولىين وهما ب ا ت و ث ا د (شكل ٨)
اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القاطعتين

ولبيان ذلك نضع مستقيم د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن
(شكل ٩) بحيث يتحدان في جميع نقطتهما كاتحاد الخطين المستقيمين
وتقع نقطة ا على نقطة و فيقتضي ان ضلع ا ت يقع بالصفة
والضبط على ضلع و ل واذا قدرنا لخط ا ت (شكل ٩) وضعنا
آخر وكان واقعا على يسار و ل فمن المعلوم ان زاويتي ب ا ت

و ث ا د اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ل الزائدة
بزاوية ث و ل عن الاولى وزاوية ن و ل الناقصة عن الثانية
بنفس زاوية ث و ل متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا ت (شكل ١٠)
على يمين و ل فان زاويتي ب ا ت و ث ا د حيث لهما
متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ل التي هي اصغر من زاوية
د ا ت مساوية لزاوية م و ل التي هي اكبر من زاوية ب ا ت
فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا ت على يمين و ل ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزاوية القائمة المثلثة من جهة من مستقيمين

أ ب د ومن جهة اخرى من مستقيمي و ل و م ن المتغايرين تكون كلهما متساوية دائما .

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبنى عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ت (شكل ١١) الثابتين في نقطة أ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل يان يجعل بينه وبين خط م و ن

زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ت من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيما و ن بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك .

*(امتحان صحة المسطرة المثلثية) *

لاجل ضبط مسطرة ب أ ت. (شكل ١١) نبتدي بان نرسم مع

الضبط مستقيما م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ت باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ت مع

وضعنا أ ت على طول و م وتبظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

اولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجمة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان نجاري الترسانية يسمون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها او نقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتداء نقطة و (شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الحديدية التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحور المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان استقامتي ا ب و ا ث (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة ونضع س ص على ول فينتد اذ ارسمنا بقلم رصاص او منقاش

وحبل خطا مستقيما مثل خط و م على امتداد ضلع ص ز نصير زاوية م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها)

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجولة من البراهين
الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كلييا في جميع
ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث
منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم
الارانيك على الاقشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه
الارانيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٦) نخط $\overline{د ا ب}$ زاويتان
قائمتان كزاويتي $\overline{ب ا\theta}$ و $\overline{\theta ا د}$ كان خط $\overline{ا\theta}$ عمودا على
خط $\overline{د ا ب}$ فبناء على ذلك ننزل عمود $\overline{ا\theta}$ على مستقيم $\overline{د ا ب}$
بوضع ضلع $\overline{ص ز}$ من المسطرة المثلثية التي هي $\overline{س ص ز}$ على
استقامة $\overline{ا ب}$ ونرسم مستقيم $\overline{ا\theta}$ على استقامة ضلع $\overline{س ص}$
وسنشرح طرفا الرسم الخطوط العمودية فنقول

اتنا اذا ثبتنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيما $\overline{ا ب ه}$
هو فاصل الثاني الى الحد المشتركين الاثنين فيث ان زاويتي $\overline{ا ب ل}$
و $\overline{ا ب\theta}$ متساويتان نضع مستقيم $\overline{ب\theta}$ على $\overline{ب د}$ فاذا تطبق
زاوية $\overline{\theta ب ه}$ على زاوية $\overline{د ب ه}$ مع الضبط فتكون هاتان
الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحينئذ متى تقاطع
خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان
الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ه}$ الذي هو واحد الخطوط المستقيمة عمودا على الآخر

ومن المقيدان نبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة $\overline{ب}$ (شكل ١٨) الا
بعمود $\overline{ب أ}$ على مستقيم $\overline{د ا ث}$ المفروض
ولا ثبات ذلك تفرض انه يمكن مد عمودي $\overline{ب أ}$ و $\overline{ب د}$ من نقطة
 $\overline{ب}$ على نفس هذا المستقيم الذي هو $\overline{د ا ث}$ وعند $\overline{ب أ}$ بشرط ان
يكون خط $\overline{أ د}$ مساويا لخط $\overline{أ ب}$ ثم نصل مستقيم $\overline{د -}$
ونثنى جزء $\overline{د ا ث}$ - جميعه على $\overline{د ا ث}$ بحيث ان زاويتي
 $\overline{ا ث و}$ و $\overline{ب ا ث}$ متساويتان فيكون خط $\overline{أ -}$ موضوعا على $\overline{أ ب}$
ونقطة $\overline{-}$ على نقطة $\overline{ب}$ ويكون خط $\overline{د -}$ موضوعا على $\overline{د ب}$
واذن زاوية $\overline{أ د -}$ تكون مساوية لزاوية $\overline{أ د ب}$ القائمة فيكون
خط $\overline{د -}$ على ذلك جزأ من عمود $\overline{د ب}$ فينتج من هذا انه يمكن رسم
خطين مستقيمين مثل $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ب}$ بين نقطتي $\overline{-}$
و $\overline{ب}$ وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات المذكورة في شأن الزوايا القائمة فلنتكلم الان على الزوايا
المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي $\overline{ب د}$ و $\overline{ب ا ث}$ (شكل ١٩) زاويتان
متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة $\overline{ا ث ه}$ والاخرى اكبر منها
فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
فن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة $\overline{ب}$ جهة
ضلع $\overline{أ ب}$ كما ان قائمتي $\overline{ا ث ه}$ و $\overline{د ث ه}$ يشغلانها فيكون حينئذ
مجموع حادة $\overline{ب ب د}$ ومنفرجة $\overline{أ ب د}$ مساويا لزاويتين قائمتين
وذلك انك تجد بالسهولة ان حادة $\overline{ب ب د}$ تساوي زاوية قائمة ناقص

دث ه وان منفرجة اشد تساوي زاوية قائمة زائد دث ه
فاذن يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الآن اتنا غم خط دث الى . ث ف وتقابل زاويتي
اث ف و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتي اشد و ب ث ف الناتجتين من خط

شد ونخط اب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب ث د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد ثانيا ان

زاوية . ا ث د وزاوية ا ب ث الحادتين من خط ا ث

الواقع على خط ا ث ف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ث ف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي ب ث د و ا ث ف تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص اشد ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا ث د

و ب ث ف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الا ان المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول

اتنا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

ده الى مستقيم اب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين

فيكون خط د ه ليس عمودا على خط اب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ث عمودا على خط اب فان الزاوية الاخيرة

من زاويتي $\overline{أهـ}$ و $\overline{بـهـ}$ المقابلة لخط $\overline{دث}$ تكون واحدة
والاخرى منفرجة

فالان اذا طوّلنا خط $\overline{دث}$ الى نقطة $\overline{ز}$ بشرط ان يكون خط $\overline{ثد}$
مساويا لخط $\overline{ثز}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{هـد}$ المستقيم ثم ثنينا الجزء الاسفل
من الشكل بتدويره كالوب على $\overline{اب}$ نخط $\overline{ثز}$ يقع على $\overline{ثد}$
ونقطة $\overline{ز}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زاويتي $\overline{بثد}$ و $\overline{بثز}$
متساويتان فاذن $\overline{هـد}$ يساوي $\overline{هـد}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{د هـ}$
المنكسر اطول من خط $\overline{دث}$ المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د}$ و $\overline{ث}$
فيثبت $\overline{د هـ}$ الذي هو مائل $\overline{د هـ}$ اطول من نصف
 $\overline{دث}$ وهو عود $\overline{دث}$.

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{دث}$ (شكل ٢٠) العمودي
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{اب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذي
هو $\overline{اب}$ ولما كان خطا $\overline{دث}$ و $\overline{د هـ}$ يقيسان الابعاد التي بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{اب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدي الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن اختراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والطبوع الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يقبى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها
فنقول

نفرض الآن (شكل ٢١) اننا نزلنا خط د ب عمودا على ا ث
فينتج من ذلك ان ب ا مساوي ب ث فنقول ان الخطين المائلين
النازيين من نقطة د الى نقطة ا ومن نقطة د الى نقطة ث
يكونان متساويين وذلك اننا اذا انشأنا جزء ب د ث على جزء ب د ا
واعتبرنا عمود ب ك لولبنا من حيث ان زاويتي ا ب د و ث ب د
القائمتين متساويتان فان خط ب ث يقع على خط ب ا وتقع
نقطة ث على نقطة ا فاذن يكون خط د ث مساويا لخط د ا
وبناء على ذلك ك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

* (عملية تصحيح الخطوط العمودية) *

كان الزمامون والنجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارائك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثلية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
ب ا و ب ث المتساويين بالا ابتداء من خط ب د الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد نقطة ا و د
وهو طول خط ا د المائل ويضعون هذا الطول على خط د ث
بالانتقال من نقطة د فان انطبق بالمكبلة على نقطة ث فان خطي
ا د و د ث المائلين يكونان متساويين ويكون ب د عمودا على
خط ا ث

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط ب د على خط ا ث فانه لا ينبغي

ان نجعل خط د ا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشياء يسير في طول خط د ر المائل ويصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فيمثل هذه الاحتراسات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بمخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان لقوّن (شكل ٢٢) انه اذا كان خط و د عموداً على خط و ب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لانه اذا رسمنا خط ث ك عموداً على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولى اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجبلي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئاً فشيئاً بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا اردنا
 ابعاد جسم $\overline{ب}$ عن $\overline{ا ث}$ فانه نستعمل قضباناً غير لينتة من الحديد
 او الخشب لتحركه الى السير من نقطتي $\overline{ث}$ و $\overline{ا}$ ونضع هذه القضبان
 وضعاً يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً اما بين نقطتي $\overline{ب}$
 و $\overline{ا}$ او بين $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$

(الدرس الثاني)

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين اذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما يمكن

فعلى ذلك يمكن ان نرسم من نقطة $\overline{ا}$ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 $\overline{ا ب}$ الذي اذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط $\overline{ث د}$
 فيما يمكن ان يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن ان نمد من نقطة $\overline{ا}$ الا خطاً واحداً
 موازياً لخط آخر

ولاجل ايجاد خط $\overline{ا ب}$ يلزم ان نرسم من نقطة $\overline{ا}$ خط $\overline{ا ث}$ عموداً
 على خط $\overline{ث د}$ ثم نرسم كذلك $\overline{ا ب}$ عموداً على $\overline{ا ث}$ فيصير
 حينئذ خط $\overline{ا ب}$ موازياً لخط $\overline{ث د}$ وذلك لانه اذا اقلق خطا $\overline{ا ب}$
 و $\overline{ا ث}$ في نقطة واحدة امكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط $\overline{ا ث}$ المستقيم وهذا غير ممكن *(كما في الدرس الاول)*

ولنبرهن الآن على ان كل خط مثل $\overline{ا ه}$ يقطع $\overline{ث د}$ فنقول
 مهما كانت زاوية $\overline{ب ا ه}$ صغيرة فانه يجب علينا عند تدوير $\overline{ا ه}$
 حول نقطة $\overline{ا}$ لبعده عن $\overline{ا ب}$ ان نكرر زاوية $\overline{ب ا ه}$ مراراً
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور $\overline{ب ا ث}$ ولكن اذا اخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{و ث و ث ث}}$ الخ المتباعدة عن بعضها
بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث ا}}$ ثم اقنا عدة $\overline{\text{و د و د و د}}$
 $\overline{\text{و ث و ث و ث}}$ الخ فتقسم هذه الاعداد بعد $\overline{\text{ب ا ث ث ث}}$ الى
مسافات متوازية مستطعها كمسطح $\overline{\text{ا ب ث د}}$ فينتد يمكن رسم مسافات
كثيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب ا ه و ا ه و ا ه}}$
 $\overline{\text{و ا ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب ا ث}}$ القائمة فادن تكون المسافة
المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية
 $\overline{\text{ب ا ه}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الاصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{ا ه}}$
المستقيم الممتد بخط $\overline{\text{ث د}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب ا ه}}$
التي هي جزء من $\overline{\text{ب ا ث د}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{ا ب و ث د}}$
متوازيين وكان الحد هما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{ا ث}}$ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث

ويستعملون في فن الرسم ورسوم النجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها مركبة من جزئي $\overline{\text{م ن و و ح}}$ (شكل ٣)
المتجمعين على شكل حرف التاء القوساوية ويضعون فرع $\overline{\text{م ن}}$ كثيف

السمك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{ا د}}$ من لوحة $\overline{\text{ا ب ث د}}$
ولما كان الفرع الآخر الذي هو $\overline{\text{و ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك

ان خطي $\overline{\text{ا ب و ه ف}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وح يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عني بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفاقا عموديا على مستقيم أ ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اي متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نقاطا حلقية مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم للغناء او لاجراء نغمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويتكأ عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودي على هذه

المسطرة فمن الواضح حينئذ ان نرسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يحرث الارض ويجر محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من المحراث
الى قطع صغيرة او كبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة
الظل او صغيرته بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية
البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جزؤها يبعده عن الراصد او سطح
السما فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها
على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعق
واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطا الظلية على منوال واحد
في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون تقط الفراغ
الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يقف على
حقيقة هذه القواعد

ويمكن الآن ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي
البعد في جميع طولهما

فترسم خطي ا ب و ش د المتوازيين (شكل ٦) وتنزل ا ث

و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في
منتصف خط ا م وتنزل ش ك عمودا على هذين الخطين
المتوازيين ثم نثني الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كاواب وتطبيقه على الثاني فزاويتا ك ش ا

و ك ش م من جهة و ش ك و ش ك ن و ش ك م

من جهة اخرى تصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م

و ك ن على ك م وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و بش من قائمتين ومتساويتين نخط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ث مساويا لعمود م ن وحينئذ يكون خط ا ث و م ن العموديان (ش.كل ٦) اللذان يقيدان في اوضاع مختلفة مسافتهما المتوازيين مساويين لبعضهما وهما اقصر بعد بين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمودا ا ث و م ن الواقعيان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ب ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هنالك متوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان آخران كـ ا ث و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزاء الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك جزاء الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العملية على سلك الحديد اى السلك ذات القضبان وهى سلك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاشتقاقة والاتصاق يتحرك فيها او عليها ابغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب اليسرى متى كان احدهما من القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدهما عن العجلات الموضوعات على محور واحد وبهذا يكون القضبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السلك فائدة عظيمة ووفر جيد بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦). بشرط

ان يكون دائما عمودا على ا ب فانه يكون دائما موازيا لخط ا ب الذي يقرب منه شيئا فشيئا مع التساوي في جميع اجزائه ولتحرك هذه الخطوط المتوازية والتساوي الذي تحفظه الخطوط المذكورة في ابعادها فائدة عظيمة في الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها الى آخرها (شكل ٦) عن ا ب مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التي تمر على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط ا م الذي هي خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل بمصطفة على اتجاه ث ن المتساوي للبعد وعند ما تقرب عربة ث ن من

ا م تنقص بالسوية مسافات نقط ث ن الموجودة على مستقيم ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوي على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوي ومتى بعدت العربة من خط ا م لتعود الى ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوي كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوي الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات الطريفة المعدة لغزل التي ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين قتلة او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربة مرة واحدة بل تصنع زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولنقابلهما لان بالخطوط المائبة بان نفرض (شكل ٧) رسم خطي ا ب و ث د المائبين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

باب و هـ د (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتان فان

مستقيمتي **أ ب** و **ث د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا عني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل مائل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية متواريين زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لاخر يستعمل غالباً خاصيتا المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثية مثل **س هـ ز** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعدن وهي مسطرة الرصاصين وسميت مثلثية لان **س هـ ز** و **س هـ د** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثية

واذا فرضنا الآن ان المطلوب من رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **ث د** (شكل ٨) فالتا ابتدى اولاً بوضع المسطرة المذكورة وهي **س هـ ز**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **س هـ** اتجاه **ث د** ثم نضع مسطرة **م** على ضلع **س هـ ز** من المسطرة المثلثية ونسكى باليد او بانقال آخر مع الشدة على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحجر باليد الاخرى المسطرة المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **س هـ ز** قريباً جداً من نقطة **أ** المقروضة بالنظر الى الآلة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **س هـ ز** موازياً بالضرورة لخط

ث د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **أ ب** و **ث د** متساويتان

وبواسطة ضلع **س هـ ز** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المدن التي تقدمت فيها القنون الاقليل من
الصناعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتبون بها
مهرة الرسامين
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتفا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح
الخ متحركة على مستقيم ا م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب - ا او ث - ا او د - ا الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د ح الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الا فرنجية متداخلة ومعانة
في تحركها (شكل ٩) ببرواز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعني اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انحصرت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكابيس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكابس الداخلة مع الاتقان في جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركة كافيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبية والمكباس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكباس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تعبر خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لجة القماش وحياته)

لاجل لجة القماش عند اول اعلى التوازي جلة من الخيوط ونجمهها من طرف على حاشية وتلفها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى تهيء الاجزاء المنفردة جلة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستوا واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهاتين موافقين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السادي وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموع الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الآخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط نصل الي صناعة اقمشة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير المشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية الكمال ومنع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لـ شيلان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسج مع ان اهل اوربا لم تشرع في هذه

الصناعة الامند عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للامدة ان كمال الدرجة العليا المتحصلة في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كتابة عن الخطوط
الرفيعة جدا

ويتهز الا انسان غالباً الفرصة في تبين هذه النتائج باى محل تستلزم فيه
تقدمات الصناعة اذ خال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسم يكون
مساوياً للجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ب ث د (شكل ١١) مساوياً
على وجه الصفحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فالتأثير من خطوط

ب - و ث - د و - د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم
نرسم خطوط ا - و ب - د ث - و د - ا فتصير هذه الخطوط
المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب ب ب و ب د د ا
وموازية لها وبهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ ائتم ان نقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على
مخوف او محدب مهما لادخال القطعة المخوفة فيه فتستعمل خواص الخطوط
المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من
الخشب مثل س ص بعد تجريحها وتزيقها بالكلية فتقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ا ب - و ث - د و - د ه ه ف ف
المتساوية والموازية لبعضها ثم نرسم محيط ا - ب - ث - د - ه - ف ونحرق قطعة

س. حسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة اراتيك الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالتقالة ويترتب على صحتها الامانة التامة التي بها تجرى عملية الاشكال المعلومة عند المهندسين على وجه الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المجوفة او المكدبة (شكل ١٣) التي ينبغي تعشيقها ببعضها فان صلابة السفينة متوقعة على احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة مشاق من البحر وهذه الحصة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا آخر بواسطة الخطوط المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل اراتيك عام لرسم صورة الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية . فننقل على مستوي يسمى مستوى المسقط كتخته اولوح او فرخ ورق منفرد الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من نقط الجسم المطلوب رسمه خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع اتباعها للاتجاه المتوازي المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة .

فاذا اسقطنا سائرا نقط خط مستقيم او منحنا فانه يتالف منها على مستوى المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسطحي الخط المستقيم او المنحني الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاحجار وفي الرسم المبدع لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكتفى مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحي مسقط ليسهل اجراء عملياتها فترى احدهما راسيا والاخر افاقيا ويقل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويقل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقي بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقي مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعملياتها في سائر القنون التي ينبغي ان يكون فيها للنتائج صورة جيدة العلة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التي تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم خصوصي يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اي جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التي يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه بأي حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لقن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بهتفي البصيرة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخفاء في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فإذا فرضنا مثلاً أننا أطلقنا رصاصة بندقية أو كلة مدفع فهو هدف معلوم
 فإن مركز هذه الرصاصة أو الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 أن نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستو ما ونستعمل هذا الرسم في أحوال
 كثيرة كما إذا أردنا أن نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فني
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في القراع الذي يشغله
 المحافظون أو مروره بأعلى هذا القراع من بعد لا يصل إلى المحافظين يكون
 للطابية فائدة أو عدم فائدة بالنسبة للمعاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة أو غير خطرة بالنسبة للمعاصرين (بفتحها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فإن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطح المسقط المبدئي
 للأوضاع الأصلية وتقوش الطابية والاستحكامات لتعرف ما يرجي أو ما يخشى
 من تناءج هذه الطابية

ونرسم أيضاً بواسطة الخطوط بجملة النقط التي يقطعها مركز القمر حول
 الأرض ويقطعها أيضاً حول الشمس مركز الأرض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما أشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفسية التي كشفها
 عقل الإنسان ومكتشفها من السنين حتى وصل إليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة أن
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
 عند تحريكها

ويعلم من ذلك أن القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها سهلة وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اولدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركاتها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجرى في الصناعة.

ومن اتقن عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا اى خط منحن كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤) فانتقله الى خط مستقيم اصلى اى الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د و ه الخ ثم نرمس عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسى هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعدها ولو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقرن في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حداثتها تتعلق بالصورة الموافقة للقارينة اى الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي نصنعها يسمى تريبورا اى الجهة اليمنى وهى مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالبابور اى الجهة الشمالية ولاجل عملها نمد خطا قويا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها ونقيم على هذا الخط المستقيم المنقلم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

ر ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط تقطا تدل على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدانا من مبدء الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على يمين المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليها باعداد بالنظر الى كل خط مافي وكل متواز فانه يمكن دائما رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والحلبان)

مثلا اذا كان خط **م ن** الماء خوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ خطوطا عمودية مثل **ا ا و ب و ث** من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحنى المار بنقط **ا و ب و ث** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م و ا ا و ب و**

و ث وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء ثم نصنع ما يسمى بالرسم الجانبية القاطعة بان نعد من كل نقطة من نقط

ا و ب و ث و د الخ خطوطا افقية عمودية على **م ن** ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحنى المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملايعة للطريق والخليج الذي يراد رسمه وبما تجلته
 فان هذه الارتفاعات ينشأ عنهما مع السرعة والسهولة طريقة عن الحسابات
 الضرورية في تقويم كميات الارض التي يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى
 حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عق ببحيرة او نهر او ميناء او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم
 السطح الى جملتين من الخطوط الافقية المتوازية المتساوية البعد بشرط
 ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقر ذلك نزلنا
 من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة
 بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا امرنا
 بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتساوي
 نصنع الشكل الجانبي لقاع البحيرة او النهر او الميناء او المرسى وبهذه الطريقة
 نحصل لطول هذه الاشياء وعرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة في تحديد
 صورة هذا القاع.

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء
 او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات
 المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحيث نذ نصنع جملة
 من الخطوط المنحنية الافقية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون
 متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك
 يستدل على القطوع الافقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على
 الارتفاع بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات
 ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انما تظهر بمجرد النظر على مستو كفرخ
 من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وايس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى
 وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا فى التبغرافية
 اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادي كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات
واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فلن ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذي هو مر ن (شكل ١٧) ويقسم هذا
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث
و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذي ينبغي ان
تأخذه ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم نتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التي يمكن عملها في شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات ومعتري فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغي حينئذ كثرة الترق عليها وان نرسم مع المشقة عقدة
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر بنفس هذا الرسم
بالتدريج في جميع الكرخانات

ويمكن ان مر اجمعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المخنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(في بيان الدائرة)

الدائرة هي سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وبجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تمسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذا ن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومنى كان نصف القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي مركز دائرة $ا ب د ه$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta ا$ و $\theta ب$ و $\theta د$ و $\theta ه$ متساوية
واذا اتلف من نصفي قطر $\theta ا$ و $\theta د$ خط مستقيم كخط $ا د$
فهمذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $د ا$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك ثني جزء $د ا ب$ على جزء $د ا ه$ بتدوير $د ا ب$
حول قطر $د ا$ كلوب فاذا وقعت نقطة من محيط $د ا ب$ في داخل
محيط $د ا ه$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقط محيط $ا ب د ه ا$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $د ا ب ا$ بالكلية على
 $د ا ه ا$ ويكون جزا الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $د ا$
متساويين .

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $م د$ (شكل ٢) منته
من كلتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط كجزء
 $م د$ ويطلق اسم السهم على جزء $م د$ من نصف قطر θ ح خ
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس

وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرمي السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العالم
وفي نقلها لها اسما صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل θ ح خ (شكل ٢) العمودي على وتر $م د$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين
ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر θ م د الذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود ش فينتج اولا $\text{م} \text{ح} = \text{ح} \text{د}$
وكذلك يكون وتر $\text{م} \text{خ}$ و $\text{د} \text{ح}$ مائلين متساويين واذا ثبنا $\text{ش} \text{خ} \text{د}$
على ش $\text{خ} \text{م}$ فان نقطة د تقع على نقطة م وقوس $\text{د} \text{ض}$ خ
على قوس $\text{م} \text{د} \text{خ}$ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من نقط القوس الاول
داخل الثاني او خارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ش *
ثانيا ان قوسي $\text{م} \text{ر} \text{ح}$ و $\text{د} \text{ض}$ خ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
القنون التي ينبغي ان نجعل لها اقيسة جيدة الضبط
فتستعمل اولا لقسمة قوس الدائرة الذي هو $\text{م} \text{خ} \text{د}$ (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونفتح على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف $\text{م} \text{د}$) ثم نضع $\text{م} \text{ل}$ م احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو $\text{ر} \text{ض}$ ط ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على د ونرسم بالطرف الاخر منه قوسا ثانيا كقوس $\text{د} \text{ض}$ ع
بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
 ض التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي $\text{م} \text{و} \text{د}$ فاذن
تصير موضوعة على العمود الواقع على $\text{م} \text{د}$ المار بمقتطف هذا المستقيم
وبمرکز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر $\text{م} \text{د}$ وقوس
 $\text{م} \text{خ} \text{د}$ الى قسمين متساويين .

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان نرسم من جهته قوسي $\text{ا} \text{ب} \text{ث}$ و $\text{د} \text{ه}$
بفتحة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني د وتصير
نقطة ب كنقطة ص على العمود الذي يقسم وتر $\text{م} \text{د}$ وقوسه
الذي هو $\text{م} \text{خ} \text{د}$ الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط $\text{م} \text{و} \text{د} \text{و} \text{و}$ (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م ح خط غ ا عمودا على م ح وثانيا من منتصف م ح خط
 و ر عمودا على م ح ونمد من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ث غ و ث ر معا خطوط م ح و ث ح و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط م ح و ث ح و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومنى كان ا ب و ث ه و ف ح غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا ب و ب ه و د ف و ه غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك فمد من مركز ث نصف قطر ث م ح عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قابلنا بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ح ا يساوي قوس ح ب وقوس ح د يساوي ح ه و ح ه ف
 يساوي ح غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ح من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بتمامه خارج الدائرة ولا يتقدم منها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ح لان

البعد الحاصل بين نقطة S او V ونقطة T مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود T C فاذن ~~تكون~~ سائر نقط مستقيم S C V موضوعة خارج الدائرة ما عدا نقطة C وللفنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيبات المماسية لها

ويمكن في مبدع الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو T المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس S V ثابتا و يترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز S V ثانيهما انها تمس دائما S V في نقطة C البعيدة عن مركز T بمسافة مساوية لنصف قطر T C وبناء على ذلك اذا تم مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه
(اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة T المجمولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة مادية على اتجاه تماس S V فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة C وتكون جميع اجزاء المستوى المنفصلة بين بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة T بمسافة اكبر من T C وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المنفصلة ايضا على هذا الوجه على بعد T C من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح)
تستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيج الاجزاء المستقيمة من سطح جاد من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكأ به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته ~~كان~~ سطحه مماسا دائما

للأجسام المراد منها وتسطيحها
ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الأجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كونها تقرب من ان الدائرة متحركة ومماس س س ثابت
تقرب عن عكس ذلك اعني ثبات الدائرة وتحرك س س مستقيم مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز ث بمقدار يساوي نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خراط الأجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الأجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة
بمماس س س وعلى نفس القاطع بنقطة ح
ونواف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس س س لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم أو يتأخر الى جهة الامام أو الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم س س مماسا للدائرة حيث انه يمر دائما
بمحيطها في نقطة واحدة فاذا بقي مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم س س
بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وفي التدوير الكامل على خط
س س المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة س س واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة
تابعاً لخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط من هذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد تارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا اطفافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة او الاشياء .

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يتحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد ها طريقة وجيزة سهلة لتحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكون الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) . وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ح ث$. اول قطر الدائرة الذي هو $ح ث$ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $خ$ التي هي نهاية قطر $ح غ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$. واذا اردنا حينئذ الدائرة على $س هـ$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروزا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فائتانا خذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجمول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز جزءا منها واننبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسها اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلاميذ

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
 وذلك بان نفرض ان دائرتي α و β (شكل ٧) موضعتان على
 وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو $\alpha\beta$ يساوي $\alpha\omega + \beta\omega$
 اللذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة ω تكون على المحيطين
 معا وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة γ ان تكون على هذين
 المحيطين معا

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
 الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
 كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
 مماسة بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل ثمانية الفنون هذه الخاصة الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
 دائرة اخرى اما بالنظر لجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
 المتساوية في الغلط الموضوع على بعد واحد وحينئذ ينبغي ان يلاحظ انه
 اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
 اليسار فانهما يتحركان بالاختلاف وقد يسد على اختلاف الحركات بالاسهم
 كافي (شكل ٧)

فاذا كان هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل α و β و γ
 (شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
 دوران الثانية مخالفا للاولى ودوران الثالثة مخالفا للثانية فان الثالثة والاولى
 يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
 ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السير والمحيط بالادوات)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مرآة كبيرة فانا عوضا عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او نضاعف عددها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطا بهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية أن يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزء \overline{AM} و \overline{CH} غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون أن يتغير طول جزئي \overline{AM} و \overline{CH} المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئي \overline{AM} و \overline{CH} المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبداء الامر لصوق السير على المحيطات متينا جدا بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى .

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة \overline{CD} (شكل ١٠) التي اذا نبت جزء \overline{CH} القائم تجعله بعد ذلك في وضع \overline{CH} و \overline{RH} بحيث يصير موترهما مع ماله من الامتداد ولاجل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم \overline{CH} وجزء \overline{CH} المنكسر مساويا لطول السير وكثيرا ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهنا الاختلاف ينبغي الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وسيأتى في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون
(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يتحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط محدب وبالنظر لما بقى من المستوى محيط مجوف فاذا ادورنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز محاسة دائماً النقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحذب عند دورانه مماساً دائماً للمحيط المجوف في جميع نقطه ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثير الا قليلا من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركيبه وبينهما فراغا وكلما اقتضى الحال ان نفس مسافة مستوي سدا جيد او كان جزء من هذا المستوى دائراً على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سدادات الحنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير

(اجراء العملية في العلب البخارية)

لستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة لانتعمالا جيدا في تركيب الآلات البخارية وهي انما تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دائرها عن مس المحيط المجوف المشتمل عليها وسنشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر العلب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما أ م ب و د ن ه (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما أ ب و د ه يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر أ ب و د ه (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى أ م ب و د ن ه ينطبقان على بعضهما ويضيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل أ ب و ب ث و ث د و د ه (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نمد من المركز قطر

اب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل تقسيمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة اجزاء ونعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ٢٥)

ثالثا لاجل قسمتها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نمد قطرا ثانيا كقطر

د ه (شكل ١٣) عودا على قطر ا ب الاول

رابعا لاجل قسمتها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدي بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها بمنزلة جزء واحد كافي الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمتها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان نجعل نصف قطر الدائرة وتر الكل جزء

والخط العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصور به الى قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا (شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

كشف رموز السر المصون

النظر عن كسور الاحاد

وتر نصف المحيط

٥٠٠٠٠

وتر ثلثه

١٧٢٣٤

وتر ربعه

١٤١٤٥

وتر خسه

١١٧٤٦

وتر سدسه

١٠٠٠٠

وتر سبعة

٨٦٧٢

وتر ثمانية

٧٦٥٤

وتر تسعة

٦٨٤٠

وتر عشرة

٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر

٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر

٥٥٧٦

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا إيجاد انقراج البيكارا اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزا متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آنفاً لاخذ نصف القوس انقراج البيكارا الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان بينا الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بحثنا مدة طويله عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعتربها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى بقامدالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضاً عن جعل زاوية θ (شكل ٤٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس θ الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
ت المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل θ
و θ و θ و θ على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا
 θ و θ و θ و θ متساوية امكن وضع هذه
الزوايا على بعضها فاذن تكون اقواس θ و θ و θ و θ
المنطبقة انطباقاً كلياً على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتؤلف منها
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثاً او اربعا القوس المطابق
لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناء على ذلك يكون هذا
العدد الاعلى عددمرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس
الزوايا ويدل ايضا على عددمرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب
ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالك كيفية العملية
وهي ان نقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من
المحيط نستعمل قياس الزوايا الاربع القائمة التي تشمل على سائر المسافات
الموجودة حول نقطة ت المركزية

ثم نقسم كل ربع الى تسعين جزءاً متساوية تسمى بالدرجات

فاذن يكون محيط الدائرة محتوياً على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

الدرجة الواحدة تساوى	١١١	١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢		مترا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨		امتار
الثالثة الواحدة تساوى	$\frac{1}{6}$		مترو بعض شئ
واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة جزأ من مائة من ربيع المحيط والدقيقة جزأ من مائة من الدرجة والثانية جزأ من مائة من الدقيقة وهلم جرا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا			
الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠		متر
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠		متر
الثانية الواحدة تساوى	١٠		امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١		دسيتمو
الرابعة الواحدة تساوى	٠.١		ملتر

* (بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات) *

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطائرات المضربة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالكطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلة وكثرة تختلف بسهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبة تنفيذها من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبية ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضربة والاسطوانات المخوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجويفات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بمشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صنعها بهم وقد حصل للصناعة الفرنساوية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

*** (بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) ***

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات و اجزاء درجات قمتها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا
وهي نصف دائرة من الخحاس او العاج محيطها مدرج فان كانت من الخحاس
كان جزء م د ح ث (شكل ١٧) ظاهرا بينما وكان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيها ابضا قطعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخرين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى الخفي اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
الالة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظن من
سمكها وهذا من انوار العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ اقراج اي زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر
واذا اريد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم ب د المعلوم زاوية مشتقة على عدة درجات
مثل ا ب فاننا نضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط م ر ن الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان لهذه القاعدة سمك ظاهرا
*** (الغرافومتر) ***

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة وموازية مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها انقراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة الانقراجين اللذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر ندير العرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركز له ايضا عينان فتديره من النقطة التي اذا نظرنا فيها بواسطة الانقراجين نجد غرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز العرافومتر وبغرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المثمنة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اي مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخصوصي للجسم الارضية والكواكب عند زكوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها المحوطات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوي تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تضل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعني مع الصحة الدقيقة بل انه يتقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات اليسيرة محسوسة ظاهرة

* (بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر) *

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفية

انهم يرسمون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يقسمون بالتوالي الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهلم جرا

وينبغي مرئيد التدقيق والاهتمام في القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفاً

فاذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى او جزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الآلة مع مشاهدة الآلة المعدة لتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعاً على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسيو غنبي الطائع الشهير الفرنسي بواسطة الاستعمال السهل للمتوازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

ولنفرض ان **أ ب** هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو **أ ب** المنقسم الى درجات موافقة بالكلية لدرجات اللوح وان

مستطيل **ش م ن ح** القائم الزوايا يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاه **الذان** هما **ش م** و **ح خ** متجهين دائماً

مركز **ب** من قطعة **أ ب** المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاصل وحيز يدور اللوح بكمية

ككمية **٥٠** درجة فان ضلع **و ش** يتحول الى **و ش أ** وضلع **ش ب**

يتحول الى **ش** وتكون زاوية **أ ش ب** مساوية **٥٠** درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل **ش م ح خ** المتحول

لي هذه الحركة ويكون خط $ح خ$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $ث$ فينتج اذن صورتان اولاد $ال خ$ يعين على قطعة $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ث$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $ث$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $ال خ$ يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها

(الدرس الرابع)

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحضولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد يو جب في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة ولنقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب القانون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يبلان بالكلية مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية ويطلق اسم المثلث المستوي على المسطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد

ان يميز في كل مثلث كمثل $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة

التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤسها الثلاثة

التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للقانون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$

ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا $ا ث$

و $ب د$ مقطوعين بمستقيبي $ا ب ه$ و $ب ث$ نحصل معنا اولاً

ان زاوية $ث ا ب$ تكون متساوية لزاوية $د ب ه$ ثانياً ان زاوية

١ ث ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع
 ١ ث و ب التي هي زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة مساويا
 لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم ا ب ه بمعنى انه يساوي زاويتين
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى امكن معرفة زاويتين من المثلث امكن معرفة الثالثة
 ويكفي لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلا ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{37}{49}^\circ$ والاخرى $\frac{49}{49}^\circ$
 فاذا اضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فاذا طرحنا
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين او من $\frac{180}{49}^\circ$ كان الباقي ٩٤ درجة
 فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان
 احدى الزوايا تساوي صفرا اعني انها تكون معدومة بالكلية حتى يصير
 الزاويتان الاخرتان قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتويا الا على
 زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية
 منفرجة كزاوية ا اعني انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا.

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولتقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فنقول .

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر هو $\overline{أث}$ من ضلعي المثلث $\overline{أب}$ و $\overline{أث}$ هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\overline{ب}$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{أب} = \overline{أث}$ و $\overline{أث} = \overline{أث}$ ثم نمد $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ فتكون زوايا $\overline{أب}$ و $\overline{أث}$ و $\overline{أث}$

و $\overline{أث}$ متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية $\overline{أب}$ $\overline{ث}$ اكبر من زاوية $\overline{أب}$ و زاوية $\overline{أث}$ اصغر من زاوية $\overline{أث}$ فاذن تكون زاوية $\overline{أث}$ اكبر من زاوية $\overline{أث}$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كمثلث $\overline{أبث}$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كمثلث $\overline{أبث}$

فاذا اعتبرنا ضلعي $\overline{أث}$ و $\overline{أث}$ المتساويين (شكل ٤) مائلين

بالنسبة لقاعدة $\overline{أب}$ فان عمود $\overline{ثد}$ يقع على منتصف هذه القاعدة ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف البناؤون اغلب البيوت والعمارات العامة بسطح جانبه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا في سقوف النواقيس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاسمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
 في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة AB وغير الحبل
 المستعمل لرفع حمل Δ بيكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $AB\theta$
 المارول عليه بالآلة الجدي متماثلا اي متساوي الساقين فاذا كان العمود
 النازل من نقطة θ على قاعدة AB قاسمًا تلك القاعدة الى قسمين
 متساويين
 ويحتاج غالبًا في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهالك كيفية
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
 فالتابدا برسم خط مستقيم كخط AB مساو لضلع ٣ في الوضع الذي
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم نرسم من نقطة A المعتبرة مركزا بواسطة انقراج
 بيكار مساو لضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو CD ونرسم من نقطة
 B المعتبرة مركزا ايضا بواسطة انقراج بيكار مساو لضلع ١ قوس
 الدائرة الذي هو CD ثم نحدد من نقطة θ التي يتقاطع فيها القوسان
 مستقيمي θA و θB فيكون $AB\theta$ هو المثلث
 المطلوب

ثانيا متى علم بضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية A (شكل ١٠)
 فالتابدا برسم خط AB المساو لضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالآلة
 معدة لقياس الزوايا (كالمنقلة والبيكار وغيرهما) خط AC بشرط
 ان تكون زاوية B امث مساوية لزاوية A ونجعل AC
 مساويا A وبالجملة اذا مددنا مستقيما BC حصلنا المثلث
 المطلوب

ثالثا متى علم بضلع A وزاويتا A و B اللتان رأسهما في نهايتي هذا
 الضلع (شكل ١١) فليدبرسم المثلث ABC فالتابدا برسم خط AB مساويا

١ ثم نرسم على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ث
و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -
فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب
وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها
في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار
وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة
ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع
المنحصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المفروضات كافية في كل صورة
فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين مثنى مثنى كان هذان المثلثان
متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المفروضات في مواضع
مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية
في المثلثين المذكورين من كتا الجهتين كان المثلثان متساويين
ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من
كتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين
نقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي
ب ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب
و ب ث يساوي ب ث و زاوية ب تساوي زاوية ب وكل
كل من زاويتي ب و ب منحصر بين ا ب و ب ث و ا ب
و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب و زاوية ا تساوي
زاوية ا و زاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما ياتي

وهو ان ارباب الصنائع يذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوي
المثلثات ويستعمل هذا التساوي بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا فقد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوي هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعان مساويان له في
المثلث الآخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة القنون بطريقة واضحة ان نعرف
باشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجوده اريلا على صحة تلك العملية

*** (بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) ***

هناك اشكال مثل **ا ب ث د** (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل **ا** و **ب**
و **ث** و **د**

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي **ا ث** و **ب د** المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشبيه منحرف **ا ب ث د** (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلعي **ا ب** و **ث د**

وقد يكون شبيهه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو **ب ث** عمودا على ضلعي **ا ب** و **ث د** المتوازيين

ويكون شبيهه منحرف **ا ب ث د** (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا **ا د** و **ب ث** غير المتوازيين متثلين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الآخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العبارات المنتظمة من مثلث متساوي

الساقين كمثل $م د ث$ (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا السطح ومن شبيهه منحرف متماثل مثل $ا ب ث د$ في الجزء الاسفل منه وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسبة أخذ من اسم مناسب البناء المخترع لهذا السطح ويكون منتصب $م ه$ ف خط عمائل المثلث وشبيهه المنحرف المذكورين .

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجراء العمليات) *

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي $ا و ث$ من جهة وزاويتي $د و ب$ من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادثين واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا ضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى $ث ه$ (شكل ١٦) ضلع $د ث$ وكان مستقيماً $ا د و ب ث$ متوازيين فان زاوية $ا د ث$ تكون مساوية لزاوية $ب ث ه$ وزاويتي $د ث ب و ب ث ه$ يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون

متساوية فاذن $ا ب$ يساوي $ث د$ و $ا د$ يساوي $ب ث$ ونقطة $و$ التي يتلاقى فيها قعر الشكل موجودة في منتصف شكل

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوش و دوب (شكل ١٦) هما
 قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دشو متساويين وذلك
 لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وب ا * ثالثا زاوية وشد = زاوية واب على حسب
 خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وش

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
 ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبيرين وهو اث كما سبق
 وبيانه اثنا اذا رسمنا خطي د ه و ش ف عمودين على ضلعي اب
و شد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر
 من ا ف فاذن يكون د ب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع اب شد (شكل ١٨) الذي
 اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
 الاستعمال في فنون الزينة

فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
 الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
 اضلاع اب شد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
 وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما

وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
 يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان تلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle ABD$ القائمة الزوايا متساويان \because اولاً لان زاوية $\angle C$ القائمة تساوي زاوية $\angle D$ القائمة \because ثانياً لان ضلع AD مشترك بين المثلثين فيكون متساوياً بالنظر لكل منهما \because ثالثاً لان ضلع AB مشترك بين زاوية $\angle C$ في المثلث الاول يساوي ضلع AB من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع AC الثالث من زاوية $\angle A$ مساوياً بالضلع BD الثالث من زاوية $\angle A$ وحينئذ يكون $\triangle ABC$ و $\triangle ABD$ قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $ABCD$ (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الآتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصنایغية وهما:

في المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضاً

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضاً

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضاً ويكون قطرها شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكون اكبرهما مقابلاً للزاويتين الكبيرتين واصغرهما مقابلاً للزاويتين الصغيرتين

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذا افيننا جزأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتناظر هن : اولا على ان شبيه المنحرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلا بالنسبة لمستقيم هـ المار بمقتصف قاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم ممتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلا بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلا بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمقتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب ث د (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كمثلثي ا ب ث و ا ث د اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساويا لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل ا ب ث د الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساويا لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها معا عني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل مخمس مثل ا ب ث د هـ (شكل ٢١) فانه يمكن ان نعد من رأس ا مستقيمي ا ث و ا د الى رأسي ث و د وبهذا ينقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا لمجموع خمس زوايا من شكل ا ب ث د هـ فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل مخمس مساويا لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فاذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع
 ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع
 ٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢٠ من الزوايا القائمة
 *) بيان ما يتعاقب بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة *)

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $AB\Gamma$ الثلاثة (شكل ٢٢)
 وكيفية ذلك ان نمد من M الذى هو منتصف AB خط M و E و D على
 AB ومن D الذى هو منتصف $B\Gamma$ خط D و E و D على
 $B\Gamma$ فتكون نقطة E التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد
 من رؤس A و B و Γ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز
 الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة
 وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما
 فى داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة
 كزاوية B فان نقطة E التى هي مركز الدائرة المارة برؤس المثلث
 الثلاثة تكون فى منتصف ضلع AB المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع
 يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهالطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة
 وهى انه فى مستطيل $AB\Gamma D$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل
 متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط OA و OB
 و OC و OD التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما
 رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن
 ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كما فى (شكل ٢٦)
 واذا علم مثلث $AB\Gamma$ القائم الزاوية (شكل ٢٥٠) وازيد رسم

مثلث $\overline{ا د ث}$ مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها في منتصف $\overline{ا ث}$ فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ الثلاثة من مثلث $\overline{ا ب ث}$ القائم الزاوية وهي نقطة $\overline{ب}$ هو ضلع $\overline{ا ب}$ الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل $\overline{ا ب ث د}$ (شكل ٢٤) الذي زاويتي المتقابلتان وهما $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ قائمتان مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر $\overline{ا ث}$ يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا مرسومين في الدائرة التي قطرها $\overline{ا ث}$ واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى بانحاء تدل على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا ٥ وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللمثمن ٨ وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني الاشكال التي لها عدة زوايا). هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة \equiv كنقطة $\overline{و}$ على بعد واحد من $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ التي هي رؤس \equiv كثير الاضلاع المنتظم وهو $\overline{ا ب ث د ه ف}$ نقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر الرؤس الاخر فاذن ينتج ان $\overline{وا} = \overline{وب} = \overline{و ث} = \overline{ود}$ وهلم جرا

ويبين ذلك ان مثلثي $\triangle AOB$ و $\triangle BOA$ المتساويين السابقين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطي \overline{AB} و \overline{BA}
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط \overline{OA} و \overline{OB}
و $\angle BOA$ فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2} \angle BOA$ حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية $\angle BOA$ ويكون مثلث $\triangle BOA$
متساويا للمثلث $\triangle BOA$ لان ضلع \overline{OB} مشترك بينهما و $\angle BOA$
يساوي $\angle BOA$ كما و اضلاع كثيرة الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
و $\angle BOA = \angle BOA$ زاوية و $\angle BOA$ لان احدي هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما ما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي $\triangle ODE$ و $\triangle OEF$
وكذلك ما اشبههم ما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي \overline{OA} و \overline{OB}
و $\angle BOA$ متساوية وعلى ذلك تكون نقطة O على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حية تسمى مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن من ورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكفي لذلك ان نقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
ونقسم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد في ذلك صعوبة
(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)
يستعمل مهندسو الجهادية بالاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم
استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع
على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع
والربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والمسدس والسبع
في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي
عددتها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة
تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز
والتزويق

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها
مملوءة فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة
قابلة لتحليلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المستقيمة
التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا
صارت المسئلة محدودة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها ستة ستة بنقطة واحدة
(شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا
الشبكة كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	و	٨	و	٩	و	١٠	و	١٢	و	١٤	و	١٦	و	١٨	و	٢٠	و	٢٢	و	٢٤	و	٢٦	و	٢٨	و	٣٠	و	٣٢	و	٣٤	و	٣٦	و	٣٨	و	٤٠	و	٤٢	و	٤٤	و	٤٦	و	٤٨	و	٥٠	و	٥٢	و	٥٤	و	٥٦	و	٥٨	و	٦٠	و	٦٢	و	٦٤	و	٦٦	و	٦٨	و	٧٠	و	٧٢	و	٧٤	و	٧٦	و	٧٨	و	٨٠	و	٨٢	و	٨٤	و	٨٦	و	٨٨	و	٩٠	و	٩٢	و	٩٤	و	٩٦	و	٩٨	و	١٠٠	و	١٠٢	و	١٠٤	و	١٠٦	و	١٠٨	و	١١٠	و	١١٢	و	١١٤	و	١١٦	و	١١٨	و	١٢٠	و	١٢٢	و	١٢٤	و	١٢٦	و	١٢٨	و	١٣٠	و	١٣٢	و	١٣٤	و	١٣٦	و	١٣٨	و	١٤٠	و	١٤٢	و	١٤٤	و	١٤٦	و	١٤٨	و	١٥٠	و	١٥٢	و	١٥٤	و	١٥٦	و	١٥٨	و	١٦٠	و	١٦٢	و	١٦٤	و	١٦٦	و	١٦٨	و	١٧٠	و	١٧٢	و	١٧٤	و	١٧٦	و	١٧٨	و	١٨٠	و	١٨٢	و	١٨٤	و	١٨٦	و	١٨٨	و	١٩٠	و	١٩٢	و	١٩٤	و	١٩٦	و	١٩٨	و	٢٠٠	و	٢٠٢	و	٢٠٤	و	٢٠٦	و	٢٠٨	و	٢١٠	و	٢١٢	و	٢١٤	و	٢١٦	و	٢١٨	و	٢٢٠	و	٢٢٢	و	٢٢٤	و	٢٢٦	و	٢٢٨	و	٢٣٠	و	٢٣٢	و	٢٣٤	و	٢٣٦	و	٢٣٨	و	٢٤٠	و	٢٤٢	و	٢٤٤	و	٢٤٦	و	٢٤٨	و	٢٥٠	و	٢٥٢	و	٢٥٤	و	٢٥٦	و	٢٥٨	و	٢٦٠	و	٢٦٢	و	٢٦٤	و	٢٦٦	و	٢٦٨	و	٢٧٠	و	٢٧٢	و	٢٧٤	و	٢٧٦	و	٢٧٨	و	٢٨٠	و	٢٨٢	و	٢٨٤	و	٢٨٦	و	٢٨٨	و	٢٩٠	و	٢٩٢	و	٢٩٤	و	٢٩٦	و	٢٩٨	و	٣٠٠	و	٣٠٢	و	٣٠٤	و	٣٠٦	و	٣٠٨	و	٣١٠	و	٣١٢	و	٣١٤	و	٣١٦	و	٣١٨	و	٣٢٠	و	٣٢٢	و	٣٢٤	و	٣٢٦	و	٣٢٨	و	٣٣٠	و	٣٣٢	و	٣٣٤	و	٣٣٦	و	٣٣٨	و	٣٤٠	و	٣٤٢	و	٣٤٤	و	٣٤٦	و	٣٤٨	و	٣٥٠	و	٣٥٢	و	٣٥٤	و	٣٥٦	و	٣٥٨	و	٣٦٠	و	٣٦٢	و	٣٦٤	و	٣٦٦	و	٣٦٨	و	٣٧٠	و	٣٧٢	و	٣٧٤	و	٣٧٦	و	٣٧٨	و	٣٨٠	و	٣٨٢	و	٣٨٤	و	٣٨٦	و	٣٨٨	و	٣٩٠	و	٣٩٢	و	٣٩٤	و	٣٩٦	و	٣٩٨	و	٤٠٠	و	٤٠٢	و	٤٠٤	و	٤٠٦	و	٤٠٨	و	٤١٠	و	٤١٢	و	٤١٤	و	٤١٦	و	٤١٨	و	٤٢٠	و	٤٢٢	و	٤٢٤	و	٤٢٦	و	٤٢٨	و	٤٣٠	و	٤٣٢	و	٤٣٤	و	٤٣٦	و	٤٣٨	و	٤٤٠	و	٤٤٢	و	٤٤٤	و	٤٤٦	و	٤٤٨	و	٤٥٠	و	٤٥٢	و	٤٥٤	و	٤٥٦	و	٤٥٨	و	٤٦٠	و	٤٦٢	و	٤٦٤	و	٤٦٦	و	٤٦٨	و	٤٧٠	و	٤٧٢	و	٤٧٤	و	٤٧٦	و	٤٧٨	و	٤٨٠	و	٤٨٢	و	٤٨٤	و	٤٨٦	و	٤٨٨	و	٤٩٠	و	٤٩٢	و	٤٩٤	و	٤٩٦	و	٤٩٨	و	٥٠٠	و	٥٠٢	و	٥٠٤	و	٥٠٦	و	٥٠٨	و	٥١٠	و	٥١٢	و	٥١٤	و	٥١٦	و	٥١٨	و	٥٢٠	و	٥٢٢	و	٥٢٤	و	٥٢٦	و	٥٢٨	و	٥٣٠	و	٥٣٢	و	٥٣٤	و	٥٣٦	و	٥٣٨	و	٥٤٠	و	٥٤٢	و	٥٤٤	و	٥٤٦	و	٥٤٨	و	٥٥٠	و	٥٥٢	و	٥٥٤	و	٥٥٦	و	٥٥٨	و	٥٦٠	و	٥٦٢	و	٥٦٤	و	٥٦٦	و	٥٦٨	و	٥٧٠	و	٥٧٢	و	٥٧٤	و	٥٧٦	و	٥٧٨	و	٥٨٠	و	٥٨٢	و	٥٨٤	و	٥٨٦	و	٥٨٨	و	٥٩٠	و	٥٩٢	و	٥٩٤	و	٥٩٦	و	٥٩٨	و	٦٠٠	و	٦٠٢	و	٦٠٤	و	٦٠٦	و	٦٠٨	و	٦١٠	و	٦١٢	و	٦١٤	و	٦١٦	و	٦١٨	و	٦٢٠	و	٦٢٢	و	٦٢٤	و	٦٢٦	و	٦٢٨	و	٦٣٠	و	٦٣٢	و	٦٣٤	و	٦٣٦	و	٦٣٨	و	٦٤٠	و	٦٤٢	و	٦٤٤	و	٦٤٦	و	٦٤٨	و	٦٥٠	و	٦٥٢	و	٦٥٤	و	٦٥٦	و	٦٥٨	و	٦٦٠	و	٦٦٢	و	٦٦٤	و	٦٦٦	و	٦٦٨	و	٦٧٠	و	٦٧٢	و	٦٧٤	و	٦٧٦	و	٦٧٨	و	٦٨٠	و	٦٨٢	و	٦٨٤	و	٦٨٦	و	٦٨٨	و	٦٩٠	و	٦٩٢	و	٦٩٤	و	٦٩٦	و	٦٩٨	و	٧٠٠	و	٧٠٢	و	٧٠٤	و	٧٠٦	و	٧٠٨	و	٧١٠	و	٧١٢	و	٧١٤	و	٧١٦	و	٧١٨	و	٧٢٠	و	٧٢٢	و	٧٢٤	و	٧٢٦	و	٧٢٨	و	٧٣٠	و	٧٣٢	و	٧٣٤	و	٧٣٦	و	٧٣٨	و	٧٤٠	و	٧٤٢	و	٧٤٤	و	٧٤٦	و	٧٤٨	و	٧٥٠	و	٧٥٢	و	٧٥٤	و	٧٥٦	و	٧٥٨	و	٧٦٠	و	٧٦٢	و	٧٦٤	و	٧٦٦	و	٧٦٨	و	٧٧٠	و	٧٧٢	و	٧٧٤	و	٧٧٦	و	٧٧٨	و	٧٨٠	و	٧٨٢	و	٧٨٤	و	٧٨٦	و	٧٨٨	و	٧٩٠	و	٧٩٢	و	٧٩٤	و	٧٩٦	و	٧٩٨	و	٨٠٠	و	٨٠٢	و	٨٠٤	و	٨٠٦	و	٨٠٨	و	٨١٠	و	٨١٢	و	٨١٤	و	٨١٦	و	٨١٨	و	٨٢٠	و	٨٢٢	و	٨٢٤	و	٨٢٦	و	٨٢٨	و	٨٣٠	و	٨٣٢	و	٨٣٤	و	٨٣٦	و	٨٣٨	و	٨٤٠	و	٨٤٢	و	٨٤٤	و	٨٤٦	و	٨٤٨	و	٨٥٠	و	٨٥٢	و	٨٥٤	و	٨٥٦	و	٨٥٨	و	٨٦٠	و	٨٦٢	و	٨٦٤	و	٨٦٦	و	٨٦٨	و	٨٧٠	و	٨٧٢	و	٨٧٤	و	٨٧٦	و	٨٧٨	و	٨٨٠	و	٨٨٢	و	٨٨٤	و	٨٨٦	و	٨٨٨	و	٨٩٠	و	٨٩٢	و	٨٩٤	و	٨٩٦	و	٨٩٨	و	٩٠٠	و	٩٠٢	و	٩٠٤	و	٩٠٦	و	٩٠٨	و	٩١٠	و	٩١٢	و	٩١٤	و	٩١٦	و	٩١٨	و	٩٢٠	و	٩٢٢	و	٩٢٤	و	٩٢٦	و	٩٢٨	و	٩٣٠	و	٩٣٢	و	٩٣٤	و	٩٣٦	و	٩٣٨	و	٩٤٠	و	٩٤٢	و	٩٤٤	و	٩٤٦	و	٩٤٨	و	٩٥٠	و	٩٥٢	و	٩٥٤	و	٩٥٦	و	٩٥٨	و	٩٦٠	و	٩٦٢	و	٩٦٤	و	٩٦٦	و	٩٦٨	و	٩٧٠	و	٩٧٢	و	٩٧٤	و	٩٧٦	و	٩٧٨	و	٩٨٠	و	٩٨٢	و	٩٨٤	و	٩٨٦	و	٩٨٨	و	٩٩٠	و	٩٩٢	و	٩٩٤	و	٩٩٦	و	٩٩٨	و	١٠٠٠	و	١٠٠٢	و	١٠٠٤	و	١٠٠٦	و	١٠٠٨	و	١٠١٠	و	١٠١٢	و	١٠١٤	و	١٠١٦	و	١٠١٨	و	١٠٢٠	و	١٠٢٢	و	١٠٢٤	و	١٠٢٦	و	١٠٢٨	و	١٠٣٠	و	١٠٣٢	و	١٠٣٤	و	١٠٣٦	و	١٠٣٨	و	١٠٤٠	و	١٠٤٢	و	١٠٤٤	و	١٠٤٦	و	١٠٤٨	و	١٠٥٠	و	١٠٥٢	و	١٠٥٤	و	١٠٥٦	و	١٠٥٨	و	١٠٦٠	و	١٠٦٢	و	١٠٦٤	و	١٠٦٦	و	١٠٦٨	و	١٠٧٠	و	١٠٧٢	و	١٠٧٤	و	١٠٧٦	و	١٠٧٨	و	١٠٨٠	و	١٠٨٢	و	١٠٨٤	و	١٠٨٦	و	١٠٨٨	و	١٠٩٠	و	١٠٩٢	و	١٠٩٤	و	١٠٩٦	و	١٠٩٨	و	١١٠٠	و	١١٠٢	و	١١٠٤	و	١١٠٦	و	١١٠٨	و	١١١٠	و	١١١٢	و	١١١٤	و	١١١٦	و	١١١٨	و	١١٢٠	و	١١٢٢	و	١١٢٤	و	١١٢٦	و	١١٢٨	و	١١٣٠	و	١١٣٢	و	١١٣٤	و	١١٣٦	و	١١٣٨	و	١١٤٠	و	١١٤٢	و	١١٤٤	و	١١٤٦	و	١١٤٨	و	١١٥٠	و	١١٥٢	و	١١٥٤	و	١١٥٦	و	١١٥٨	و	١١٦٠	و	١١٦٢	و	١١٦٤	و	١١٦٦	و	١١٦٨	و	١١٧٠	و	١١٧٢	و	١١٧٤	و	١١٧٦	و	١١٧٨	و	١١٨٠	و	١١٨٢	و	١١٨٤	و	١١٨٦	و	١١٨٨	و	١١٩٠	و	١١٩٢	و	١١٩٤	و	١١٩٦	و	١١٩٨	و	١٢٠٠	و	١٢٠٢	و	١٢٠٤	و	١٢٠٦	و	١٢٠٨	و	١٢١٠	و	١٢١٢	و	١٢١٤	و	١٢١٦	و	١٢١٨	و	١٢٢٠	و	١٢٢٢	و	١٢٢٤	و	١٢٢٦	و	١٢٢٨	و	١٢٣٠	و	١٢٣٢	و	١٢٣٤	و	١٢٣٦	و	١٢٣٨	و	١٢٤٠	و	١٢٤٢	و	١٢٤٤	و	١٢٤٦	و	١٢٤٨	و	١٢٥٠	و	١٢٥٢	و	١٢٥٤	و	١٢٥٦	و	١٢٥٨	و	١٢٦٠	و	١٢٦٢	و	١٢٦٤	و	١٢٦٦	و	١٢٦٨	و	١٢٧٠	و	١٢٧٢	و	١٢٧٤	و	١٢٧٦	و	١٢٧٨	و	١٢٨٠	و</
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	-----

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و $147 \frac{3}{11}$ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦٠ و ٤ × ٩٠ و ٣ × ١٢٠

= ٣٦٠

واذا لم يقسم عددا من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلامه بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

فتبينه اذا ملئت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية سدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع السدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوق لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان نخبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرا او قليلا تحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلامذة ملكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزيين او تلوين الابخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لاتنا اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيل فانهما تقاد مع السهولة وقبلا الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلاتها

وبهذا الاستعمالون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجئ تب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة
ومتى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يتم بتنظيم تلك المربعات
او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها
على صف مقابل لمنتصف مربعات الصف الثاني ونستعمل على حسب هذه
القاعدة في تركيب الابنية عادة احجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة
وموضوعة في الوضع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للاحجار والقوالب التي كانوا
يشيدون بها اسوارهم وكنائسهم ويطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء
المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شباتا

ولا استعمال شكل المسدس في تبايط الا ما كن منافع كثيرة (شكل ٢٨)
وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا
الشكل ان النحل تملأ مسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القديما يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاحجار المنحوتة على
هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الان يوجد كثير من هذه
المباني في بلاد ايطاليا وجزيرة سيسيليا وبلاد اليونان كالمباني التي يقال لها
المباني الصقلوية المعينة في (شكل ٣٤)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتلة الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاثني
قليل جدا

وفي الرصيف الشهير الذي شيد في الامكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة
تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومخبره الداخلي من الجزء الاعلى بقطع
خليقة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق
لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتلة مقوية
لصلابة الجميع

* (بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) *
 اذا تنوعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة
 هذا التنوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم
 والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها شكل الغرافومتر
 والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل
 المدرجات المعدة للجمعيات العامة والتعليم عند المتأخرين
 ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون
 مصطفين على انصاف دوائر متسلسلة البعد ويكون مركزها نقطة Γ
 وقطرها AB

فاذا رسمنا من نهايتي قطر $A\Gamma B$ (شكل ٣٤) خطين عمودين
 على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي A و B لنصف
 دائرة $AM B$ واذا رسمنا ايضا في اى بعد خط EF المستقيم
 الموازي لخط AB فانا نكمل شكلا مستوعلا كثيرا في الفنون وهو شكل
 القباب والابواب المقوصرة وسميت بذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر
 الجهات

واذا رسمنا في اصل مستطيل $ABFE$ (شكل ٣٥) بواسطة
 نصف قطر AB اولا من نقطة A المعتبرة مركزا قوس BM
 وثانيا من نقطة B المعتبرة ايضا مركزا قوس AM فانه يحصل لنا الشكل
 الذى يكون على هيئة القباب التى يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب بشكل القباب المقوصرة الى المباني اليونانية وكذلك الى المباني
 المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المباني الغوطية ولكل من هذه
 المباني المتقدمة المستعملة باشكال هندسية متنوعة اشكال بعلامات
 خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونعجب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر النظرافة
اشكالها ومعادلتها لبعضها اولشدة علوها وصلابة تراكيها

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر هـ ف فانه يتحصل
معنا محيط ا م ب ف ن هـ الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى
اعدها القدماء للمسابقة على الخيل ولها اسميت ميادين ملاعب الخيل
وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و
الذين هما مركزا الاجزاء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبابا مقوصرة مركبة من
عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة
اذن القفلة ويوجد في (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز
مشار إليها بنقط و ح و خ توسيأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع
عشر

وهنا النوع من المباني الغوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب
بواسطة قوسى ب د و غ ف الصغيرين المنحنين بالكلية
(شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى د هـ و هـ ف اللذين يتألف
منهما زاوية منفرجة

ويلاحظ الان كل من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم
وهى شهيرة بنظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة
فى مدينة وستنستير وكنائس ترينيتيه المشيدة فى قبريج وكنائس قصر
وندسور

(بيان رسم تفصيل العمارات)

قد ابتدع البناءون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين
العمارات بالشكل المسمى خراطة ويستعمل قطاع الخشب والنجارون
وخراطة الاخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومتتهيين من اطرافهما بعمود واخذ ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كشريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوريق اليوناني المسمى بالشكل \overline{AB} المستوي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة ظريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة \overline{B} المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} وللضلع المنتصب من الحائط في نقطة \overline{B} ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارزا يطل على بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحاذي الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المجوف مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف ككذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرها واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطافق واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البناءون انواع القوامرات

والافاريذ والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لسكل من اراد بمعنى انه يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء الفاسدة الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل العمارات واجزائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين وتجنب الزينة في البناء وغوصا عن التوسع في هذه الزينة وقشرها يلزم تركيبها بجملة تجملة ليسهل على النظر الا حاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجملة عن بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى نظهر من كل جملة الاشكال المكتنفة بها وهذه هي القواعد الاصلية المستعملة في فن زينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم بناة اليونان والاطاليين ولا يستعملونها في مبانيهم حيث وجدوها مستعملة مع الاتقان في المباني الظريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة وفي العمارات الغوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد وال سرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافي به هذه الايالة العلوم والقنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد اوربا

وهناك عملية هندسية اكثر رفعا من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجانبية وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد تؤول جميع الاشكال المستعملة عند البنائين الى شكل الخط المستقيم والدائرة وهما ندر من الاحوال التي يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يقسمون هذه الاشكال الى اجزاء مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان ينتخبوا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من يدا طتها واستوائها وتماثلها ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين بموجبهما يشيد الانسان مبانيه

وعباراته

والمختار من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثابوية متحدة الضرورة لازمة للتقسيم وليس فيهما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الارقان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية أو مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنقظمة رسمًا جيدًا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكيفية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم اتركيبات

ومن معلى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تسر له ذلك الا في سهول وهمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة بتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يوتها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملائكة الابتداع والاختراع
(الدرس الخامس)

(في بيان الاشكال المتسلوية والمتائلة والمتناسبة)

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متحدين بالكيفية في جميع امتدادهما
وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عملة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لأنه وهذه مسألة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم على قوالب وارانيك تكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخره موضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكارات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام
الحدادول المستعملة عندهم وهلم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة لا يتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخره وان ذكر
الآن الطريقة المعدة لوضع اجساد هذين الشكلين على الآخر ونظيره هل
احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة اولا فنقول

لنرسم شكل **ا ب ث د** الخ (شكل ١) على امتداد كما متداد **م ن ح ح**
(شكل ١ مكرر) كقطعة قماش تنشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل **ا ب ث د** على وجه بحيث يكون موجودا على **ا ب ث د**

في **م ن ح ح** (شكل ١ مكرر) ثم نقسم **م ن ح ح**

على حسب اضلاع **ا ب ث د** و **ا ب ث د** فينتج لنا شكل **ا ب ث د** الخ

المساوي بالضرورة لهذا الشكل **ا ب ث د** الخ

وعوضا عن كوننا نقسم الشكل الثاني بلاولسطة نرسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط **ا ب ث د** الخ مع مسلازمة

اطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحّاتو الاحجار والنحاسون والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم)

اذالم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفاذن اذا كان الشكل المجعول لارنيكالم يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي ا و ر و ث و د التي تصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة ونغرز في بعض الاحيان الخطوط الثمانية التي ينبغي تحصيلها ثم نضرب بخزقة مملوءة من الفحم المسحوق على الارنيك الذي ينطى م ن ح ح فنطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالفحم) وتكون اجراء الفحم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلف الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتتبع بقلم الرصاص اوبالمنقاش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا ا - ث الخ و ا - ث الخ (شكل ١ مكرر) تماثلين اذا كانت نقطتهما المتقابلتان هي ا و ا و ب و ب و ث و ث الخ موضوعات على متوازيات يقطع منتصفها عمود م ن واذا ثبتنا برواز م ن ح خ على م ن ح خ فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على أ و و على ـ الخ بحيث انه اذا امكن
 طبع ا ـ و الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ـ و الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
 يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ـ و الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ـ و

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المماثلة بالفتح والطبع والتغرافيا)
 * (اي الطبع بالجر) وغير ذلك *

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان نضع على لوح او سطح من الخشب
 او المعدن او الجرا وغيره من سائر اجزاء اشكالا يمكن نقلها بالدقة على
 سطوح أخرى و ينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
 بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
 وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
 وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
 الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
 وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية
 واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
 غير مساوية لاشكال اللوح الا انها مماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على اللوح المستعملة
 فيما بعد لطبع الحروف والمويسقي والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
 الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
 على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
 القاعدة في الجهة الاصلية النقاش المجعول قالب الصب حروف الطبع وبناء
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاصليّة وفي النقش والتغرافيا ترسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق
او على المقوّة المجهزة فتكون هذه الكتاية مقلوبة على الجبر ومعتدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها للتغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساويا لآخر
فلنفرض شكلا كشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١) المواضع
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة **ا** التي هي رأس
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة
فاننا نقسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثاته وحيث انه يسهل علينا رسم
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث **ا ب ث** مساويا للمثلث
ا ب ث ومثلث **ا ث د** مساويا للمثلث **ا ث د** و **ا د ه** مساويا للمثلث **ا د ه**
وهلم جرا يؤول الامر الى كوننا نرسم شكلا **ا ب ث د ه ف غ ا** بتمامه
(شكل ١ مكرر) مساويا للشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل **ا ب ث د ه ف غ ا** باستعمال بيكار واحد
لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فنرسم اول اضلع **ا ب** مساويا
لضلع **ا ب** واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة **ب** ومددنا القاعدة
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع **ا ب** استخرجنا مع العصاة عدد
درجات زاوية **ا ب ث** وكهو درجتها ونقل المنقلة الى نقطة **ب**
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم نقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا
وتكون **م** هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا ينفذ على
الورق نقطة **م** بواسطة طرف البيكار ورسمنا مستقيما **ب م ث** مساويا
ب ث نحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا نقلنا المنقلة الى
نقطة **ث** نحصل لنا زاوية **ب ث د** المنقولة الى **ب ث د**
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العملية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع
الاخير وهو **غ ا** يصل في جاله رسمه الى نقطة **ا** الاولى ويكون طوله

متساويا بطول غ ١ لكن اذا كان عدد اضلاع كثير الاضلاع قليلا فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية ظاهرا في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على حسب الضلع المتقدم وبالجمله فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل الشكل كبيرا او صغيرا ينقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون العمليات سهلة مضبوطة

وانجبت عن اعظم طريقة نرسم بها شكلا مشابها لآخر

وباصلها اتنا اذا رسمنا بالتوازي مثلثى ا ب ث و ا ش د (شكل ١ مكرن) مع مقابلهما للمثلثين المساويين لهما فقط فانه يمكن مع غاية الصعوبة اجتناب الخطا الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطا الذى يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن يمكن ان تكون زاوية ب ا غ الكلية مغايرة لزاوية ب ا ح تغايرا حسيا مع ان زاويتي ا ش د و ا ب ث الجزئيتين المنظروقتين فيهما مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ب ا د المقابلتين لهاتين الزاويتين

وهاهنا الطرق التى تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اننا قسنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوى ا ر و ا غ يساوى ا ز و ب ح يساوى ب غ الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي ب ح و ب غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي AB و AC ثم ننظر هل نقطة A على بعد واحد من B و C كنقطة A من AC اعني هل عمودا AC و AB النازلات من نقطة A على BC ومن نقطة A على AC مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي AB و AC و AB و AC نرسم فيهما خطوط AB و AC و AD و AE لنضع فيهما زوايا جرتية متساوية بان نجعل طول AB مساويا لطول AC وطول AD مساويا لطول AE وطول AB مساويا لطول AC ثم نرسم اضلاع BC و CE و DE و BE الخ فيتحصل مع بنا رسم الشكل الثاني

فثبتت اولاً رسم الجزء الاخير بما بواسطة البيكاروتتظر هل BC يساوي CE و DE يساوي BE او بواسطة الغرافومتر وتظر ايضاً هل زاوية ABC تساوي زاوية ACB و زاوية ABD تساوي زاوية ACE وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

(بيان قاعدة المربعات)

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لانه اذا شاكل مساو لاخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا في مبداء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نسبه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عموديتين ويضعوا عمدة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربع لتسهل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا جهت في مبداء الامر لتتحقق من وجود شيء في طبقة AB و AC رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١٠ و ٢ و ١ و ٢ الرأس ٣ الموجود
على خط مشار الى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فتجعل على هذا الخط
انفراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ وتقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
وتنقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتحصل معنا نقطة د وجميع رؤس
ث و د و هـ وغيرها يرسم ككثير اضلاع ا ب ث د هـ الى
مساويا لكثير اضلاع ا ب ث د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آنفا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلى * اولا في قوازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واهتمام كلى مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشأه فيصنعوه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجمله فلا تعجب
من كونه يلزم مهني عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة تامة
بحيث تكون قواعدها معلومة واشكالها محكمة التحديد الا ان نجاحها
يكون معاقا على صناعة اجزائها المتنوعة فن ثم كان يعسر على الملل التي
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطا في العمالية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبعة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقتها بامتكان لمحاولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشأن

(بيان الاشكال المناسبة)

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيها تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبر او اصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم ا ف (شكل ٣) ينقسم الى اجزاء متساوية مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا انزلنا اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ على المتوازيات المذكور تصنع عدة مثلثات مثل ا ب ا و ب ث ب و ث د ث و د ه د وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع ا ب يساوي ب ث وضلع ب ث = ث د و ث د = د ه الخ فلذن تكون اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنعد الان خط م د و ع ر في اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م د و د و و و ع و ع ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا انزلنا باعمدة م ا و د ب و و ج الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
ان م ١ يساوي د ٢ يساوي و ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون
اضلاع مثلثات م ١ د ٢ و ٣ و د ٣ و ٤ و ٥ الخ متوازية وبناء
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
تكون اضلاع م ١ د ٢ و ٣ و ٤ و ٥ الخ المتقابلة متساوية

فعلي هذا اذا كان مائل ١ ف (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية
بواسطة متوازيات ١ ١ و ب - و ث و د و هـ لم جرا
فان هذه المتوازيات تقسم ايها المستقيم م ر الذي يقطعها الى اجزاء
متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط ا ف (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
متساوية فالتساوي من نقطة ا مستقيما آخره مستقيم ا س في اى اتجاه
كان ثم نعين بانقراج البيكار تقسيمات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥
المساوية لبعضها ونمد من نقطة ٥ ومن نقطة ف خط ف هـ
ثم نمد ايضا من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ خطوط ب ا و ف ٢
و د ٣ و ٤ موازية لخط ف هـ فيصير خط ا ف منقسما
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
مستويات المباني الملكية والجهادية والبحرية

ولقصة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
هذه المقاييس افسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ
جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس فسمه صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات
١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د
و ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط ا س
المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة
صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا يفسأ عن امتداده الا خطأ هين وبالجمله فيلزم
عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر
مارامع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة
فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت بفرداءها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط ا ب (شكل ٤) بحيث يعرف
هل اجزاء ا ب و ب ث و ث د متساوية على وجه
الدقة أم لا

* (بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة) *

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس آخر (شكل ٥) الى اجزاء عديدة
بحيث يمكن تعيينها على مستقيم اهم الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه
الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و مقساوية البعد
ونرسم ايضا عمودي م ف و ائ و مائل ا ف فتكون النسبة
بين اطوال ب - و ث و د و ه الخ كنسبة
١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات
م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين
متوازيات م م و ن ن و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل
على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور
وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب - و ث و د

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونبين عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهما تين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوى $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف}$

$\overline{أ ب} :: \overline{د ر} :: \overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسى الذى يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$. وحيث تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كيتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{د م}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسطين

* (بيان الخاصية الاملية للتناسب الهندسى) *

خاصية التناسب الهندسى هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوى حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} ::$

$\overline{د ر} : \overline{د م}$ ان $\frac{\overline{ب ف}}{\overline{أ ب}} = \frac{\overline{د ر}}{\overline{د م}}$ متساويان لاننا اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربيهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{د م}$ ثم في $\overline{د م}$

هو باختصار عين $\overline{ب}$ $\overline{ف}$ المضروب في $\overline{م}$ $\overline{د}$ أي أنه حاصل ضرب الطرفين في بعضهما وكذلك $\overline{د}$ $\overline{ر}$ المقسوم على $\overline{م}$ $\overline{د}$ والمضروب في $\overline{أ}$ $\overline{ب}$ ثم في $\overline{م}$ $\overline{د}$ هو باختصار عين $\overline{د}$ $\overline{ر}$ المضروب في $\overline{أ}$ $\overline{ب}$ أي أنه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فإذا كان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمي الهندسة والحساب وفي تطبيقهما على علوم أخرى كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرهما ولذا كررنا $\overline{د}$ $\overline{ر}$ كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الأعداد على التناسبات الهندسية فنقول

إذا فرضنا أن (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس أمكننا أن نستدل على كل من جدود تناسب $\overline{ب} : \overline{ف} :: \overline{أ} : \overline{ب} :: \overline{د} : \overline{م} :: \overline{د} : \overline{م}$ بعدد المرات التي تشتمل عليها أجزاء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس

مثلا إذا كان $\overline{ب} : \overline{ف} = ٣٠$ و $\overline{أ} : \overline{ب} = ٥$ و $\overline{د} : \overline{م} = ٢٤$ و $\overline{د} : \overline{م} = ٤$ فإنه يتحصل معنا التناسبان المتحدان وهما

$$\overline{ب} : \overline{ف} :: \overline{أ} : \overline{ب} :: \overline{د} : \overline{م} :: \overline{د} : \overline{م}$$

$$٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤$$

وبناء على ذلك يمكن أن يستدل على نسبة الخطوط وتناسباتها بنسب الأعداد وتناسباتها وبالعكس فإذا قسمنا ٣٠ على ٥ تحصل معنا خارج القسمة الذي هو مقدار النسبة الأولى وهو ٦ وإذا قسمنا ٢٤ على ٤ تحصل معنا أيضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومتى كانت النسبتان متساويتين وجد بينهما التناسب.

وإذا قسمنا ٥ على ٣٠ فإن خارج القسمة يكون سدسا وإذا قسمنا ٤ على ٢٤ فإن خارج القسمة يكون أيضا سدسا وبناء على ذلك إذا كان

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤} \text{ و } \frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$$

فاذا ضربنا حدى معادلة $\frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{٣٠}{٥} \times ٢٤ =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود التناسب الهندسى الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التى ذكرناها آنفا وهى قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة فى حسابات الخرائط والتجارة والصناعة
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطتها خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب) :

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر فى طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم فى اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم ر ص موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وج} :: \text{ح ر} : \text{ح ص}$$

$$\text{او } (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

واذا كان الوسطان متساويين فان الطول او العدد الذى يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨
واذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فانه يستعمل عليهما استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا

(بيان المثلثات المتشابهة)

اذا كانت اضلاع مثلثي \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فانها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذا نتحصل
معنا

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{RT} :: \overline{AT} : \overline{AT}$ ولاجل
البرهنة على ذلك نتقل مثلث \overline{ABT} من غير ان يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة \overline{R} على نقطة \overline{A} ثم نعد \overline{AT} و \overline{BT} الى ان
يتلاقيا في نقطة \overline{M} فيتحصل معنا $\overline{AT} = \overline{MT}$ و $\overline{BT} = \overline{MT}$
 \overline{BT} حيث انها متوازيات منحصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان \overline{AT} و \overline{MT} و \overline{BT} و \overline{RT} متوازيات ينتج
: $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{RT} = \overline{AT} : \overline{AT}$
و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{RT} = \overline{BT} : \overline{BT}$
وبناء على ذلك $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AT} : \overline{AT}$ و $\overline{BT} : \overline{RT}$

فاذا كان مثلثا \overline{ABT} و \overline{ART} (شكل ٨) متحدى الوضع
والصورة بحيث يكون \overline{AB} عمودا على \overline{AR} و \overline{BT} على
 \overline{RT} و \overline{AT} على \overline{AT} فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك اننا اذا اردنا مثلث $\overline{ا ب ث}$ بدون تغيير شئ منه من زاوية قائمة حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ث}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ث}$ في وضع مواز لخط $\overline{ا ث}$ وكذلك يفعل في $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث}$ فاذن تكون اضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ متشابهين ايضا .
ومنى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبيانه اننا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهى

$\overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب}$
فاننا نفرض مثلثا ثانيا كمثلث $\overline{ا ب ث}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ث}$ على التناظر وبناء عليه يتحصل معنا .

$\overline{ا ب} : \overline{ا ب} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ث} :: \overline{ا ب} : \overline{ا ب}$
فاذن يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ و $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

$\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ و $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$
فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$ لزم ان يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ وان تكون $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا ب} = \overline{ا ب}$

$\overline{ا} = \overline{و} = \overline{ب} = \overline{ث} = \overline{ث}$
 فحينئذ اذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فان زواياهما المقابلة للاضلاع
 المناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين
 ومتى كان ضلعا $\overline{اب}$ و $\overline{بث}$ من مثلث $\overline{ابث}$ مناسبين
 لضلعي $\overline{اـ}$ و $\overline{اث}$ من مثلث $\overline{اـث}$ وكانت زاوية $\overline{ا} = \overline{ا}$ فان
 هذين المثلثين يكونان متشابهين لانهما اذا وضعنا زاوية $\overline{ا}$ على $\overline{ا}$ فان
 تناسب $\overline{اب} : \overline{اـ} :: \overline{بث} : \overline{اث}$ يقتضى ان $\overline{اث}$
 و $\overline{اـ}$ يكونان متوازيين وعلى ذلك يكون الاضلاع الثلاثة متوازية
 ففى (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة $و$ مستقيمت $و ح ر$
 و $و ح ص$ و $و ط ع$ الثلاثة القاطعة لمتوازي $ح ط خ$
 و $ر ع ض$ تحصل معنا اولا على التوالى بسبب تشابه مثلثى
 $و ح ط$ و $و ر ع$ أن $و ط : و ع :: ح ط : ر ع$
 وثانيا بسبب تشابه مثلثى $و خ ط$ و $و ض ع$ ان $و ط$
 $: و ع :: خ ط : ض ع$
 فاذن يتحصل معنا ان $ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع$
 اعنى ان $ح ط$ و $خ ط$ و $ر ع$ و $ض ع$ التى هى اجزاء
 المتوازيين المقطوعين بالمستقيمات الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون
 متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا
 ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين $\overline{اـبث}$ و $\overline{اـثـ}$ اذا كانت
 اضلاعهما المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين
 فاذا فرضنا مثلا ان شكلى $\overline{اـبث}$ و $\overline{اـثـ}$

(شكل ٩٠). هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية نتج ان

ا ب : ا ر :: ب ث : ر م : ا وتكون الزوايا
المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية
ر = ب واذا مددنا خطي ا ث و ا ش فكان مثلثا

ا ب ث و ا ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما
تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متناسبين فاذن يتصل ا ب

: ا ر :: ب ث : ر م : ا ش : ا م : ا

واذا مددنا بعد ذلك ا د و ا د فان مثلثي ا ث د و ا ش د

يكونان متشابهين ايضا حيث ان ا ث : ا ش :: ث د : ش د

: م : ا وان زاويتي ا ث د و ا ش د متساويتان لان
اضلاعهما متوازية فاذن يكون ا د موازيا ا د

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فانا نقسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى
مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن عمل مثلثات مشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع مشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عديد اضلاعها

(بيان بيكار التناسب) *

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين
ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط د

الى خط آخر معلوم كخط فب فالتاثير على ضلع ا ب طول ا م

= ه ونعين عدد التدرج المقابل لنقطة م ونجعل نقطة ن الى

(بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة)

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متعدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لا تتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجرا اذا زاد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذا نفي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكال المتشابهة اعنى كالاشكال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتعدين في عدد

الاضلاع مثل ا ب د ه ف ا و ا ب ث د و ف ا

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي اولا نسبة

انصاف اقطار الدائرتين وثانيا نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثا

نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعا نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر ا ب ثم رسمنا من نقطة ما

كنقطة ث من هذا القطر خط ح عودا على هذا القطر ورسمنا

مستقيى ا ح و ح ب فابنا نصنع مثلث ا ح ب القائم

الزاوية وهى ح وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية متشابهها

لكل من مثلثى ا ح ث و ح ب ث الجزئين اللذين تركب

منهما

وبيان ذلك ان زاوية $\overline{أ ح ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ ح ب}$ فاذن $\overline{أ ح ب}$ تكون زاويا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب ح أ}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ح ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{أ ث} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ح} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أ ب}$ اولاً الضلع الصغير الشمالى الذى هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم الزاوية وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية القائمة الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عمود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{ب ح}$ وسطاً متناسباً بين وتر الزاوية الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذكور

ثالثاً يكون عمود $\overline{ح ث}$ وسطاً متناسباً بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ ث}$ و $\overline{ب ث}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة $\overline{أ ب}$ قطر الدائرة وكان $\overline{ح ث}$ نصف

وتر عودى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
ممتدين من نهاية القطر

وننتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على الجنب وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزءي القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فاننا
نجهل وحدة المقياس الشكلى البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغى ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الا كبر على ضلع المربع الا صغر يمكن ان نحدث في المربع الا كبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الا صغر وطولها الضلع الا كبر لكن تكون كل طبقة مستتلة على المربع الا صغر بقدر مرات احتوا الضلع الا كبر على الا صغر * مثلاً اذا كان الضلع الا كبر محتوي على الضلع الا صغر عشر مرات فالتا تقسم المربع الا كبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الا صغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذا ن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الا صغر مكرراً عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المظروفة في المربع الا كبر ويستدل بتلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع مظروفاً في مربع آخر يكون مقدار ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي 1 و 4 و 9 و 16 و 25 و 36 وهم جراتسمى تربيعات اعداد 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و 6 الخ لانهم يتدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المظروفة في سطح المربعات التي اضلاعها 1 او 2 او 3 او 4 او غير ذلك والاعداد التي هي 1 و 4 و 9 و 16 و 25 و 36 الدالة على كمية احاد الطول المظروفة في كل ضلع من المربعات تسمى بزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلاعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا الى اجزاء من مائة مضروبة في مثلها الى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية وهم جرا (راجع في الجلد الثاني الدرس الذي ذكر فيه الاقيسة) وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ منفردا ينبغي لنا ان نركب المربعات اثنين اثنين ونقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموعهما او تفاضلهما اعني كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين او تفاضلهما

مثلا اذا فرضنا ان $ABCD$ (شكل ١) و $DEFG$ (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فالتاسيس مثلث قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التي هي CS (شكل ٣) محصورة بين ضلعي $CS = DE$ و $CS = AB$ واذا رسمنا مربعين آخرين بواسطة ضلعي CS و CS نحصل مغنا CS - $DEFG$ و $CS = ABCD$ فنقول حينئذ ان مربع CS ز ه ف الاكبر المرسوم على ضلع CS يساوي مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا ارادنا في مثلث قائم الزاوية كمثلث CSZ (شكل ٣) من الزاوية القائمة بعمود CS على الضلع الاكبر فانه يحصل مغنا $CS : CS :: CS : CS$: وينتج من ذلك ان CS مضروبة في CS = $CS \times CS$ و $CS : CS :: CS : CS$ وينتج منه ايضا ان $CS \times CS = CS : CS$

فأذن يكون $\text{س ص} + \text{ز ص}$ أي مجموع مربعي س ص -
 و ز ص شيء مساويا $\text{س ز} + \text{ز ع}$ أعني س ز
 $\times \text{س ز}$ الذي هو قياس مربع س ز ههنا وحينئذ يكون المربع
 الأكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الأكبر في مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الضلعين الآخرين
 فإذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتساوي نضع مثلثا قائم

الزاوية يكون ضلعه الأكبر س ز (شكل ٣) وهو ضلع المربع الأكبر
 ويكون أحد ضلعيه الآخرين س هـ وهو ضلع المربع الآخر المعلوم
 فيكون ضلع ص ز الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث أنه بإضافته إلى المربع
 الأصغر يكون مساويا للمربع الأكبر

مثلا إذا لاحظنا أن $٩ = ٣ \times ٣$ وأن $٤ \times ٤ = ١٦$ وأن
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وأن $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا أن ٣
 و ٤ و ٥ هي أضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل أرباب الصناعة

في الغالب هذه الخاصية لتتوزيل مستقيم س ص (شكل ٣) عمودا
 على مستقيم آخر مثل س ص فيقسمون س ص إلى ثلاثة أجزاء
 ثم يأخذون من هذه الأجزاء $\text{ص ر} = ٤$ و $\text{س ز} = ٥$ ويتمون

مثلث س ص ز الذي يكون فيه ص ز هو العمود المطلوب
 ولنقس الآن سطح الأشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

أن سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع
 ولأثبت ذلك نقسم م ح (شكل ٤) إلى أجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فإذا
مددنا من نقط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
تقسم المستطيل إلى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع
وكل طبقة منها تحتوي على مسطح مربعات أ ب د ث بقدر احتواء
م ن على أ ب وبناء على ذلك إذا عبر عن خط م ن بالأعداد
وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
أ ب د ث الذي يحتوي عليه مستطيل م ن ح ح بقا عدة
م ن مضروبة في ارتفاع م ح .

وقد يلزم في القنون غالبا على مربع يكون سطحه مساويا لسطح مستطيل
م ن ح ح وكذلك نصل أطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
بعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالمقطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود إلى محيط نصف الدائرة
فيحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

$$\text{م ن} : \text{م ر} :: \text{م ر} : \text{م ن} \quad \text{و ينتج من ذلك أن} \quad \text{م ن} \times \text{م ر} = \text{م ر}^2$$

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساويا لمستطيل م ن ح ح
حيث أن قياس سطحهما واحد

وسطح متوازي اضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوي حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

ولآثبات ذلك نمد من تقطعي م و ن عمودى م ح و ن ح
على م ن إلى ول ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و
متساويين لأن م ح = ن ح (كتوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحينئذ اذا قابلنا
مستطيل م ن ح خ بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا
المستطيل يساوي متوازي الاضلاع بزيادة مثلث ل م خ ونقص
مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح
المستطيل مقياسا بم اصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو
ح ن

وقد بين لنا تربيع ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي
الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهالك الارقام
المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثاني دال على سطح المستطيلات اوعلى متوازيات الاضلاع
التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد
١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات
اوعلى متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣
وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغي ان

يكون

يكون عند ادباب الصناعة جدول كمذا الجدول معلق في ورشهم ومصادعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
ضرب

ومسطح كل مثلث مثل ا ب ث (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اننا اذا رسمنا خط ث د موازيا لخط ا ب وخط ا د
موازيا لخط ب ث فان المثلث الجديد الذي هو ا ث د يكون
مساويا للمثلث الاول الذي هو ا ب ث الا انه يتألف من
ا ب ث د متوازي الاضلاع الذي يكون سطحه مساويا لخط ا ب
الذي هو قاعدة مثلث ا ب ث مضروبة في ارتفاعه وهو ث ه
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يتحصل معنا فوراً مساحة مسطح كل شكل كثير الاضلاع منتظماً كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هي احدى العمليات التي تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً
في علم الهندسة خصوصاً في اخذ مساحة الاراضى ولنبتداء الآن هذه العملية
في مساحة شبه المنحرف فنقول

سطح شبه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروباً في ارتفاعه

وذلك ان شبه المنحرف ا ب ث د (شكل ٨) الذي ارتفاعه

م ه ينقسم بخط ا ث الذي هو قطر الشكل الى مثلثي ا ب ث

و ا ث د الا ان مساحة أحدهما $\frac{1}{2}$ ا ب ه $\frac{1}{2}$ م ه والثاني

$\frac{1}{4}$ د ث \times م د فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف $\overline{أ ب}$
 + $\overline{ث د}$ مضروباً في م د وهالك كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 (أ ب + ث د) م د

فإذا نحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعاً مكافئاً للشبه
 المنحرف بأن تقيس أ ب + ث د (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرج (شكل ٥) وتجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م د ونرسم نصف دائرة ح ر ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 وسطح كثيراً الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه
 عن أحد اضلاعه

وبيانه اننا اذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع أ ب ث د
 الخ الى الرأس الآخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتا تقسم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل أ و ب و ب و ث و ث و د
 وهم جرا فإذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4}$ أ ب \times و م و قياس المسطح
 الكائن $\frac{1}{4}$ (أ ب + ب ث + ث د و هم جرا) و م او
 $\frac{1}{4}$ (أ ب ث د الخ) و م

وكثيراً الاضلاع المنتظم بغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغايراً
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغائر بكمية معلومة لنصف قطر $و$ $أ$ واذن يثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استحالة تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحل المبين في (شكل ٥) اخذات مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن اخذات خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكل ذلك اخذات مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذه المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠٠ وهلم جرا والى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو $أوب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او ربعه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او ربعه وهلم جرا ويمكن
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $أوب$ المحصور بين
ضلعي $و$ $أ$ و $وب$ فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $أب \times و م =$ لسطح مثلث $وأب$ فانه يتحصل معنا
سطح قطعة الدائرة وهي $أوب$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولا نذكر مماثلة المثلثات لبعضها فنقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة ترييع خطين من الخطوط المتقابلة او المتناظرة مثلا اذا فرضنا ان مثلثي **اوب** و **اود** (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوى، نصف ارتفاعهما فان احد مربعي

ا ب ث د و **ا ب ث د** المرسوم على قاعدتهما المتغيرة ضلعا يكون مساويا لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات او زادت بالتناسب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كمثلثي **س ا ب**

و **س ا ب** اللذين يتقص سطحهما ويزيد في نسبة واحدة عندما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولها على امن مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما **ا ب ث د** و **ا ب ث د** فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فان ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان **ك** كثيرا الاضلاع اللذان هما **ا ب ث د ه ف ا** و **ا ب ث د ه ف ا** (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعي **ا ب م ن** و **ا ب م ن** المرسومين على ضلعي **ا ب** و **ا ب** المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المتغيرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوي الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب إذا اردنا ضبطه ضبطا واهيا الأبعاد مهمة غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولندكر هنا خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا فنقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوي محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا والذي يكون عدد اضلاعه اكثر فينتد يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية سطح اقل من سطح الدائرة

(بيان اجراء العملية)

لا بد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا اذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا يقابل مقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك اعتماد اسوارها الخارجية فان المسافة التي يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذي يكون عدد اضلاعه كثيرا

القارة التي خشبها مستقيم وحديد هايزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارة ثم يمسح بهذه الآلة مع المرور من الجهة المنتصبة الى الاخرى ليرسم بجلة من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الاطراف .

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح مجهة منها وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار مفاصله والنجار قادومه على هذين الراسين

والى الان لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا من سومة عليه فلنقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظهر وفة فيه وتقابل ايضا عدة مستويات ببعضها فتقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستو معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب هـ** و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيمي **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستو كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور .

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلية لهديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا .

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الالات الماخوذة من علم النظر على الهيئة والملاحظة وغيرها

وحيث كان \overline{AB} (شكل ١٤) عمودا على مستوى \overline{MNCH} فان كل خط مثل \overline{AD} او \overline{AE} ممتد من نقطة A على احد خطوط \overline{DB} \overline{F} المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى وعلى ذلك يكون كل ماثل من مائلي \overline{AD} و \overline{AE} بالنظر للسطح والخط المستقيم اطول من عمود \overline{AB} وكلما تباعدت عن A كبرت طولها وإذا فرضنا اننا مددنا من نقطة A سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها على مستقيم \overline{DBF} المرسوم على المستوى والمائل بموقع \overline{B} من العمود فان كل نقطة مثل \overline{D} و \overline{F} وغيرهما من مستقيم \overline{DBF} ترسم دائرة في مستوى \overline{MNCH} وتضيق نقط كل دائرة على بعد واحد من نقطة A التي هي من العمود المذكور ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للاشياء المكتنفة بها وانما تأخذ نقطتها المتنوعة مواضع بعضها

وقد يتوابع على هذه القاعدة الهندسية حركة اجار الطاحون فجعلوا حجرين على محور واحد فصارت اوجههما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يملك ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون متحركا على هذا المحور الا ان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها المستوي الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تتمك دائما على بعد واحد من الوجه المستوي الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البراءل مرور بين الحجرين من غير ان تطحن

فان الطعن جيتذبح سائرالنقط الموجودة بين الججرين
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الالات فاذا كان
توازي العجلات غير تام وكان عمود الجرجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحركه ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى
الججرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الصور واذ تقاربت
الاجزاء تقاربها كايما من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك
سخونة الجيوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر
طعن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا
الشان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوقه النفس في ذلك
من الامور فلهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خراط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها آتفا مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة
المخرطة وهي آلة ذات نقطتين ثابتتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خراطه
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعنا ثابتا وادركنا الجسم فانها تقرب اجزاء
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بنقطتيها
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي
على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد
المذكور تكون موضوعة على مستوى عمودي على المستقيم المذكور المار
بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستو كان وهذه
هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح
المعدنية او اطراف الاسطوانيات التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية
الضبط على ما تقتضيه صورة المهتوى

* (بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان) *

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدور حول محور منتصب ثابت بحلة افقية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوستة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة افقية تتقدم وتقر تحت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعه والخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستقرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوستة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة في قطعة خشب الحزوز الضيقة جدا فان القارة الثابتة على العجلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تقرر على قطعة الخشب التي ترتفعها الآلات المذكورة وترزى لتعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهيد قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل أ ب و ث د (شكل ١٥) على مستوي واحد مثل م ن ح ح يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك فخذ من ب و د اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيمين ب د على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف ب د وهو و عمود ه و ف

فاذا جعلنا و ه = و ف كانت تقطنا ب و د على بعد واحد من ه و ف وزيادة على ذلك يكون ك كل من تقطى أ و ث من خطي أ ب و ث د العمودين على مستوى م ن ح ح على بعد واحد ايضا من تقطى ه و ف وبيان ذلك اننا اذا مددنا ما تلى ف د و ه د وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود ود على ه و ف فانهما يكونان متساويين
وكذلك اذا كان مائلا ث و ش ف ف على بعد واحد من عمود ن د
من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا
ا ه و ا ف متساويين فلذلك ينتسب ك كل من عمودى ا ب
و ث د الى المستوى المنفرد المحتوى على سائر النقط التى على بعد واحد
من نقطتى ه و ف الثابتتين وبناء على ذلك يكون كل من خطى
ا ب و ث د العمودين على مستقيم واحد مثل ب د موجودا
على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين
ثم ان السطح الافقى هو الذى يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى
نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم
المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوى
افقى معلوم
والشاقول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط فى نقطة ثابتة
وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقرارا تاما كان له
اتجاه منتصب المكان الذى يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله
ليعرف هل الخط او المستوى الذى هو س ش (شكل ٦ مكرر)
افقى ام لا ولذا يستعمل البنؤون مثلثا مثل ا ه ث ويطلقون عليه اسم آلة
التسوية وهى مركبة من ضلعي ا ه و ه ث المتساويين ومن عارضة
ع ش التى يكون منتصفها وهو و موجودا على مستقيم
ه و ب العمودى على ا ب ث فاذا كان ا ب ث اقصيا
فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشاقول فى نقطة ه
ان يمس هذا الخيط ع و ش فى نقطة و المينة بالعلامة
وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

تجاءه فاذا مددنا خطا منتصبا من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون موضوعا لتجاءه فى ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول الموضوع على المستوى المذكور .

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث
انه يلزم ان يكون المنتصب المتمد من النقطة المشتركة بينهما موجودا بتمامه
على كل من المستويين ويسمى هذا المستقيم المستويان الافقية والمنتصب
والخطوط المنتصبه في عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات
وكذلك تكون في مساكن الفرج الارضيات والسقوف والتحامات الحجارة
النحت والطوب الاسمر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال
مستوية افقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحواجز فهي مستويات
منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب
والشبايل وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين
منتصبين

وتفرض في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجزاء والاشخاب والمباني من حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواقي والثاني على مستو منتصب واذا كان المستوي المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان مائلا يسمى بالقطع

واذا لم يخط مستقيم بنقطتي ا و ث (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى م ن ج ح فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو ا ث تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبیان ذلك اننا اذا مددنا من ا متوازيات ا ب و ث د
و ه ف عودية على مستوى م ن ح ح فانه ينتج معنا عند رسم
مستقيم س ف د في هذا المستوى ان ا ب = ه ف

= ث د م هما كان وضع نقطة هـ

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات للنازلة من نقطة أ (شكل ١٦)
العمودية على أ ب مستوفاذن يكون أ ب مقياس ابعاد سائر نقط
هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحينئذ يكون المستويان
العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك
اذا كان خطا أ ب و ث د عمودين على احد المستويين فانهما
يكونان عمودين على المستوى الاخر وبقيسبان اقصر بعد بين هذين
المستويين

واذا تلاقي مستويان مثل ن ح ح و ن ح ر ص فانهما
يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مدنا من نقطتين من نقط التلاقي كنقطتي ن ح مستقيما
فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم تمامه على المستويين المحتويين على هاتين
النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يكون مائلا قليلا لو كثيرا على
ن ح ر ص فانه يتحصل مغنا زاوية صغيرة او كبيرة منحصرة بين
مستويي ن ح ح م و ن ح ر ص وهالكيفية قياس هذه
الزاوية

وهي ان عمدا (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ث ا وفي الثاني
ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل
على الزاوية المتكونة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين
المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كما يدور
حول اي محور كان فان كلا من نقط هذا المستوى يرسم دائرة ويمجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط
الدائرة تمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل
نقطة ترسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث يكون هذا العدد
معد القياس زاوية المستويين الدائريين حول **ن ح**

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمجسمين والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادثة من مستو مع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالبا على حسب القاعدة التي ذكرناها آنفا ويكون **آ ب**
الذي هو قوس الدائرة المرجحة (شكل ١٧) في مستو محدد بخيوط

عضادتي **ث ا** و **ث ب** العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية **ب** ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة
التي يقطع القوس فيها المستوى الاخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستو افقي نخط تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى باثر المستوى المائل وبناء على
ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لا خطا اقويا وثانيا خطا مستقيما
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط **ث ا** المائل (شكل ١٧) الذي يبناه آنفا مائلا اكثر
من كل مخط مرسوم على المستوى المائل وهو **ن ح ح م**

ولاجل البرهنة على ذلك ترسم افقي **س و ص** موازيا لاثري **ن ح**
من المستوى المائل و **ث و ا** عمودا على التوازيين فيكون **ن و**
قياس بعد هذين المستويين فاذا انزلنا بنقط **س و ص** من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط **ح و ث و ن** الخ

المتساوية ايضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و ا

العمودى على متوازي س و ص و ج ث ن

واذا تكلمنا على السطوح المنحنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقضية
والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمين والشمال زويا متساوية وتكون هذه الزوايا بالمسوحة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستوكان جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ب عمودا على ع د فان زاوية ب ا ب التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبما على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع
يكونان متوازيين والافهام متلاقين في بعض الجهات فاذن يتلاقى كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبما على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكوونان
متساويين ويبان ذلك انما اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتملين على المتوازيين
الاولين فاذن يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيين مثل أبث و دهف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نمد أهف موازيا دهف وحيث ان هـ
و ف و هـ و ف هي نقط تلاقى هذين المستقيين مع مستوي
ح ر و ض ط ينتج معنا أه = ده و هـ = هـ ف
غير ان مستقيي أبث و أهف موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستويي ح ر و ض ط بحسب مستقيي ب هـ و ث ف
المتواز بين فاذن يحصل معنا هذه النسبة

أب : بث :: أه : هـ :: ده : هـ ف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل أبث المتألقة
من مستقيات وا و وب و وث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات أوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يتراى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل أوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادثة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادثة من الخطوط
وبالعكس

(الدرس السابع)

(في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات)

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبحثنا بالتوالي عن الاشكال التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الان بهذه الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديدها اولاً بواسطة المستويات وثانياً بواسطة السطوح المنحنية المأخوذة من الدوائر فنقول

كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جباس واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ف و م ه و د ه ف (شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى

ابث العمودى عليها وهذا المستوى هو تماثل مجموعتهما

(بيان اجراء العملية)

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام اخروا اجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل والقصور المبنية على حسب مستوي واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللاطافة بالنظر لمحصلات الصناعة المقصود منها الثبات والديموم كالبيوت والكنائس وغير ذلك وقد يكون الانتظام المذكور لازماً لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة حركات متساوية مع السهولة جهة اليمين والشمال وهذا هو الحكم في كون القدرة الالهية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوي واحد عتمد في حركتها المتتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل المهندس الجرى جهة اليمين والشمال من سفته متماثلتين بالنسبة للمستوى الذي يبين انجسام السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهم جرا (راجع المجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو واحد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهاها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يتحصل معنا القطعان المسبيان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا اضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهما ايضا مناسير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعهما

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج اوبلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الاتي الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقاني والاصفر والاخضر والازرق والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور ا ب ث د ف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جملون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطقة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوى عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل ~~م~~ كثير الاستعمال في تلال الرصاص والكل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)

يستعملون في صناعة الآلات منشورا منطويا ذات قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كاملا الاستقامة والمنشور المربعى (شكل ٢) هو الذي يحتوى على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازى الاضلاع فان المنشور يسمى متوازى السطوح ويسمى ايضا متوازى المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازى السطوح المربعى وهو شبهه بالمسطر التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازى السطوح مربعات فانه يسمى قدح مكعبا وهو ما يستعمل في لعب النرد وللمناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمحور عمائل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للأوجه الستة المأخوذة منى منى واذا كانت القاعدة شكلا معينيا كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة * احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للأوجه وثلاثة مارة

باقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتتقاطع مثنى مثنى على الخطوط المجعولة اقطارا ومحاور لا منشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سندكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

(بيان اجراء عدة عمليات مختلفة)

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحذاذ وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارضها وسائر اخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية)

وشاهدنا غالبا فيما اوجده الله تعالى في التبلرات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومثلثية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قسمنا هذه التبلورات قسم مضبوطة على حسب اوجه التجام اشكالها الاصلية فالتناعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها ونبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر ولنبيين الان الطرق المستعملة في قطع المنشورات الثابتة في جسم اى شكل كان فتقول

اذا مبدىنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور و ترا موازيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقى لاجل السهولة فانتا
 تضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة المثلثية الموضوعة وضعا اقويا ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك تقطع بالقاس او بالمنشار او بآلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثيرا الاضلاع
 المتألف من القاعدة ونثقب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
 المذكور ثقبوا في الجسم يكون عمقه من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم نصليج من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
 ان تثقب من مبداء الامر ان الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولاجل مزيد التحقيق تنظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثني مثني
 في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يخفى عن الناظر جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذا لا يثبت علينا الا عمل القاعدة الثانية فلنرسمها بواسطة مسطرة مثلثية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدى منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسي
 السفن .

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الاوجه المتلاصقة فانتا
 نستعمل المسطرة المثلثية الصحيحة او القاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الاوجه وحدها ومع القواعد ولثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

يراد عمله تقوياً عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلاً فيهما مع الضبط والضلع الاخر واقعاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من ضلعي المسطرة المثلثية متجهاً باتجاهاً عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعا مع الاتقان على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف ما يامتناهها ووضعها الاشكال المحدية والمجوفة القابلة للتعشق في بعضها مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال المحدية والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آنفاً الطرق التي بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة البكار والمسطرة العادية والمسطرة المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مقعر وكان ذلك المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كغالب العلب المستعملة في المعامل الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسننا وبعد ان تفصل هذه الألواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون منشور محدبة وتكون بمنزلة الواجهة للمنشور المجوف المراد عمله ويكون اثنيان منها متقابلين على حسب طول العلبة وعرضها واثنان على حسب طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها بجوار بعضها بان نضعها إما بواسطة المسامير او بالغراو اما الجهة التي يراد قفلها بكليون او قفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت الألواح ملصقة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الارجه تكون بالنظر لسمكها منضجة في زاوية مقدارها ٤٥ مخرقة في خطي ١١ و ب - وهلم جرا راجع

(شكل ٣). أو مستوية كما في شكل ٤

وإذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يكفي أن يكون عرض اللوح وجهها من أوجهها فالتناضم اليه عدة ألواح متلاصقة وإذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا للاثقان فالتناضع عوارض حيث ما اتفق ونضمها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العنابية المعدة لحفظ المهمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فإذا كان المطلوب اجرا أشغل مهم فالتناضم الألواح إلى بعضها بأن تقطع أولا على ساحة أحدها الذي هو **ب د ج ح** (شكل ٥) لسانا مجوفا وتقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م** حزام متحد الصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والأحكام وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) إلا منشورا محدا بقائم الزوايا وليس الحزام أيضا المنشورا مجوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما الزوايا أحدهما محدب والثاني مجوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للحزوز والألسنة كانا مفصلين على وجه ينضمان به إلى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فإذا اقتضى الحال ضم منشورين إلى بعضهما بواسطة المسطرة المثلثية فالتناستعمل كلاهما إلى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المنشور بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله إلا بالمقرض وزيادة على ذلك يلزم لهذا الأخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدب والمجوف

وقد ينظم ريشا من فن النجارة وفن قطع الأخشاب زيادة على ما ذكرناه أيضا من الأشكال الأخرى عمليات بدعية موزعة تتعلق بالأشكال المنتهية للمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدب وهي متعشقة ببعضها تعشقا جيدا

ويحتاج قطاعوالاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اور-مما بواسطة قطع خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا ينظم رلنا من شكل ٧ تخشبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزد في الارتفاع على منشور مربعي اي بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل هذا البيت ينبغي لقطاع الخشب ان يحل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع زواياها المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يفصلها على حسب الصورة المستحسنة وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة سائر اصول الهندسة التي ذكرناها آنفا ليتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا في الغالب

وقد يتفقد علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون خسرنا منوطا بصحة العملية بواسطة العلوم الهندسية

وهنا الشكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور المذكور لانه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠ من اوجه مستوية مثلثية تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم وكذلك الرأس المستوية بين تلك الواجه المثلثية تكون رأس الهرم وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة افقية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه كالا على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم الثلاثي الذي هو و ا ب ث (شكل ١٢٠) هي مثلث ا ب ث وقاعدة هرم ا ب ث د ه المربعي (شكل ١١) هي مربع ب ث د ه وهلم جرا

وكذلك تكون سقوف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من رفوف البرج والدور (شكل ١٠٩) وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالا ثار العمومية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع بالآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون افقية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها اقويا ايضا وقاعدتها منتظمة قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا مقتصبا ونرسم عليه مربع ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع الوجه الاعلا وهو ا ث د ووجهي ا ث ب و ا ب د المتصلين ببعضهما ونلاحظ اولامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه ا ث د و ا ث ب و ا ب د ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس ا تكون على مستقيم ا و العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ا ن موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ن م الذي يلزم موازاته لخط ا و يكون

عمودا على آن و وم فعلى ذلك يكون محور و أ عمودا على المستقيمين
 المرسومين من نقطة و و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عمودا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
 عنها ينفذ لا يبقى علينا الا عمل وجه أ ب هـ الاسفل الذي يكون مستويه
 محدودا بضلعي أ ب و أ هـ

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اي صورة كانت في كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فالتا نرسم ونقطع الوجه المستوي
 على حسب القواعد المقررة في الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
 المثلثية التي يكون ضلعاهما متجهين اتجاههما عموديا على ضلعي
 القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وهي أ ب و ب ث و
أ ث و (شكل ١٢) التي يتكون منها مع القاعدة الزوايا المقروضة
 وهذه الواجه الثلاثة هي اوجه شكل الهرم

وفي الغالب يكون وضع الرأس معيناً (شكل ١٤) بنقطة م التي
 يقع فيها عمود وم على القاعدة وعلى ارتفاع وم وفي هذه الصورة
 نرسم القاعدة وتجعلها مستوية ثم تقيس بالشاقول ارتفاعي ش

و ح ر المساويين لخط وم فاذا كانت تقطعا ح و ن
 مساويين لمستوى القاعدة فالتا نرسم ور = م ح و وح
 = م ن فتكون نقطة و التي يتلاقى فيها خطا ور و وح
 الاقيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فالتا نصغر او لا نجم كتلة
 الخشب او الحجر بان نحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط
و أ و ب و و ث و ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط
 المستقيمة

ويسهل علينا في بعض الصور بواسطة الرسم الهندسي ان نبدأ باخذ مساحة
 زوايا الواجه الثلاثة التي على القاعدة ثم نرسم هذه الواجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا يكفي أن نعد (شكل ١٣) من نقطة M التي هي موقع عمود OM النازل من الرأس على القاعدة M و MO و MO و MO العمودية على خطوط AB و BC و CA على وجه التناظر ثم نرسم في جهة أخرى مثلثات OMH و OMC و OMG القائمة الزوايا فتكون زوايا OMH و OMC و OMG زوايا الاوجه الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الأوجه الثلاثة من احدهما مساوية للأوجه الثلاثة من الآخر الثاني ان يكون الوجهان والزاوية المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب إليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهلم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديدها في مسبق واحد فعلى ذلك تنقل وضع كل نقطة مرصداها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي يتكون منها المثلث المجعول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري المتقدم من رأس كل مثلث مجعول قاعدة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الأشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الادروغرافيا والجيغرافيا وصنائع المساحين المتوطنين بالعمليات الجسية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

واذا كان اى جسم منتهيا من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الواجهة
تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

اذا جعلنا نقطة θ في داخل جسم $AB\Gamma$ الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما نرومه فيمكن ان نعتبرها اولاً كراس عدة اهرام مضلعة
بقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة اوجها لهذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الواجهة وفي هاتين الصورتين يحدث من مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية)

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذى هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للججوم
وتكعيب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولنبدأ ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

لتفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو θ (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
 β فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجبه وممتدة
في السمك ويكون هذا السمك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوى على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠
واذا نسجنا على هذا المنوال وعرفنا ان $2 \times 2 \times 2 = 8$ و 3

$3 \times 3 = 27$ وهلم جرا علمنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢
و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الأكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و
٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولاجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهلم جرا ومعناه عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى
يكون ضلعه مساويا لضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور المربعى يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
فلنفرض اولا المنشور المستطيل كما في (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة للمكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد وكان
احدهما هو $ا ع$ قائما (شكل ١٦) والاخر هو $ا غ$ مائلا
فان حجمهما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشورى $ا ب ه ف$ و
 $د ث ش ع$ $ش غ$ المثلثين متساويان لان ارتفاعهما وهو
 $ا ب$ واحد وقاعدتهما $ا ه$ و $د ث$ مثلثان متساويان
لان $ا ه = د ث$ ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر
فاذا اضعفنا الى متوازي السطوح وهو $ا ب ث د ه ف ع ش$
منشور $د ث ع ش$ $ش غ$ المثلثي وطرفاهما مساوية وهما

أ ب ه ف ه ه تحصل معنا منشور أ ب ث د ه ف ب غ ش
المربعى المائل فاذن يكون هذا الاخير متحدا الحجم مع المنشور المستطيل الذى
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولنبين مع السمولة ان حجم منشوري. أب ث د ه ف ع ش
و ا ر ث د ه ق غ ش ه (شكل ١٥) متحد مع حجم أي
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيي الاضلاع
مسطحة ح ا م س ا و لمسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة
وحجم المنشور القائم المثلثي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل ا ب ث د ه ف ن ع ش
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته
وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثيين الذي هو ا ب ث
او ا د ث يكون نصف سطح ا ب ث د الذي هو قاعدة متوازي
السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
في ارتفاعه

و حجم كل منشور كثير الاضلاع مثل ا ب ث د ه و ا ر ش د ه
 (شكل ١٨) يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
 وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناشير مثلثية بقدر احتوائها
 قاعدته وهى ا ب ث د ه عنى مثلثات مثل ا ب ث و ا ث د الخ
 يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلى فيكون حجمها الكلى هو مجموع
 القواعد المثلثية التى هى ا ب ث و ا ب د و ا د ه مضروبا
 فى الارتفاع

*** (بیان تکعیب شکل الاحرام) ***

وانبذ بالهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل أ ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى أ ب ه المار بنقط أ ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فتحصل معنا أ ب ه هرم أ ب ه

المثلث الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقى علينا

الهرم المربع الذي قاعدته أ ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

أ ب د ه الى هرمين مثلثيين فيتحصل معنهما هرم أ ب د ه المقلوب الذي

قاعدته د ه ورأسه أ فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم أ ب ه وهو الثالث

بهرم أ ب د ه فانه يترأى لنا انه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

أ ب د = أ ب ه بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذا ن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل أ ب ث و أ ب د

و أ د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام المثلثية سطح مثلثات أ ب ث و أ ب د و أ د ه

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشتركة فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب
المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأساً للأهرام التى تكون قاعدتها
أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجه مضروباً فى ثلث بعده من
رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الحواصل حجم الجسم
ولتسهيل هذه الطريقة ينبغى المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية
وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والافضى
بناءً ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات
الصناعة وسهولاتها وهنا الطريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة
وانبحث قبل أن نتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $أ ب ث د ه$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه إلى ثلاثة
أهرام وتجعل قاعدة الأول $أ ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك
يكون حجم قاعدة $أ ب ث$ مضروبة فى ثلث $ب ه$ والثانى
الذى قاعدته $أ ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه
فى $ب$ وقاعدته $أ ث ف$ والذى قاعدته $أ ب ث$ ورأسه
فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $أ د ف ه$ مكافئاً للهرم
 $أ د ف ب$ المكافئ لهرم $أ ب ث د$ فاذن يكون منشور
 $أ ب ث د ه$ الناقص مكافئاً فى الحجم للأهرام الثلاثة التى قاعدتها
المشتركة $أ ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د ه و ه و ف$
على نهاية الاضلاع الثلاثة

فإذا كانت تلك الاضلاع عمودية على القواعد كان حجم الأهرام الثلاثة
والمنشور الناقص هو سطح $أ ب ث \times \frac{1}{3} (أ د + ب ه + ث ف)$

فإذا كان المطلوب حجم منشور من وده $ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المحضورين مستوي م ن و و د ه ف المائلين على اضلاع المنشور
فاننا لاجل ذلك نفرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فينحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \underline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \underline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فان ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \underline{\text{م ن و د ه ف}} = \text{سطح } \underline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجه مستوية
بان تقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يستهل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذه الحجوم هو نفس حجم الجسم
ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

$$\underline{\text{ا ب ث د ه ف ع ش}} \text{ (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على قاعدة } \underline{\text{ا ب ث د}} \text{ هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع الاضلاع الاربعة التي هي } \underline{\text{ا ه ز ب ف و ش ع}} \text{ و د ش}$$

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا بالتوالي المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين
كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ث ه ش ع ثم الى منشوري

أ ب د ه ف ش و ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٥١)

+ ب ف + ش ع + ا ه + د ش + ش ع (

وحجم المنشورين الآخرين $= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٥١)

+ ب ف + د ش + ب ف + ش ع

+ (د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور الرباعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٣ ٥١ + ٣ ب ف

+ ٣ ش ع + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور الرباعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح أ ب ث د (٥١ + ب ف + ش ع

+ (د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع افقية بواسطة المستويات الافقية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخر تكون على بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من كل جانب ويتحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلامنا من هذه الاضلاع الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ما عدا اضلاع الجوانب فانها لا تستعمل الا في منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهناك اربعة اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقارن مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقفية وموضوعة معا على كل مستويين مستويات الازدواج وعلى مخط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدد التماثل في شكل منشور ناقص مثل

من و ج ه ف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ا ب ث تحصل معنا من الجهة الأخرى منشور م ج و د ه ف

الناقص بشرط ان $د م = م و = و ن = ن ه = ه و = و ف = ف و$

$= ف و$ فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع

سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير

الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجه

المستوية متماثلين \llcorner كان حجمهما متساويين وحيث كانت هذه

الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الواجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك

عدة اوجه صغيرة \llcorner كن بواسطة اعتبار الاجسام منتهية بسطوح

منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين

متساويين في الحجم

(بيان الجسمات المتشابهة)

يكون هرما **ا ب ث د م ا ر ث و** (شكل ٢٠) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهي **ا ب و ا ر و ب ث و ر ث**

و ش د و ش د و أ د و أ د متوازية
وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألفة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون
متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية
التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لنظيرتها وزيادة على
ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية مجسمة متوازية
اذا طبقنا هرم أ ش د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون
نقطة أ واقعة على أ و أ على أ ب و أ على أ
و أ على أ د فاذن تكون مستويات أ ب و أ ب و أ د
و أ ب د و أ ش د و أ ش د منطبقة على بعضها وبناء عليه
تكون زاويتا أ و أ المحسمين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن
على ان زوايا ب و ب و ب و ب و ب و ب تكون
متساوية وحينئذ متى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة
متوازية كانت جميع الشروط المغتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا
فاذا كانت اوجه الهرمين المثلثيين متناسبة بدون توازي اضلاعهما فانهما
يكونان متشابهين
وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة
متناسبة فان هذه الاوجه تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية
فاذن تكون الزوايا المجسمة المتألفة من الاوجه ثلاثا ثلاثا متساوية ايضا وتكون
جميع شروط التناسب موفى بها
وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما
المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية
او مجسمة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

سطح بٹا دھف : رپڑ دھف :: بٹامن

$$\overline{r_{\dot{a}} -} = \overline{r_{\dot{a}} \cdot}, \quad \overline{\dot{a} \dot{b}} \times \overline{r_{\dot{a}} \dot{b}} = \overline{r_{\dot{a} \dot{b}}}$$

× ش : لکن نسبتہ ب ب ش :: ۱/۴ اش

فاذن تكون نسبة $\overline{بش^3} : \overline{ش^3} :: \overline{بش^2} : \overline{ش^2}$ $\times \frac{1}{8}$ اش

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية بأوجه مستوية على حسب المطلوب
كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

وبين ذلك انه يمكن تقسيم تلك الجسيمات الى اهرام متشابهة متحددة العدد ونسبة اضلاعها المتقابلة واحدة وهي \overline{r} الان الهرمين اللذين تكون نسبة اضلاعها المتقابلة الى بعضها كنسبة \overline{a} الى \overline{r} تكون نسبة حجمهما

الى بعض ما كنسبة ا الى مكعب ر فاذا ضمنا من جهة الاهرام
الصغيرة الى بعضها وضمنا من جهة اخرى سائر الاهرام التي تزيد عنها في الحجم
بقدر $\sqrt[3]{3}$ اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون
الى $\sqrt[3]{3}$

ويتبني ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المتشابه والاهرام المجوفة
المتساوية والمتشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الالية
بان نبين لهم الاسطوانات والنحاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة
العمل

* (الدرس الثامن) *

* (في بيان الاسطوانات) *

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحن مثل \overline{ABCD} الخ
(شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دآ تماوازيالاتجاه معلوم فانه يتولد منه
اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\overline{AA'}$

و $\overline{BB'}$ و $\overline{CC'}$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد
اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات

مثل \overline{ABCD} الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن

ايضا ان نصنع بواسطة منحنى \overline{ABCD} (شكل ١ و ٢) عدة

اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\overline{AA'}$ و $\overline{BB'}$ المولدا لها من
الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترآى للمهندس ان المستقيم الثام يمتد من طرفيه الى ما لا نهاية له لزم

ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لا نهاية حتى تكون تامة

ولكن للأسطوانة في الصناعة طول محدود دآتما من طرفي اضلاعها فلذا كان

لكل اسطوانة عددان نهايتان

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمى هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كافي (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوي **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات
القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د و ا ر ث د** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على **كل** من جزئي

ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ث د م ن ح ح.

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و و** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد الاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستوي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشأؤه اما حركة

خط مستقيم اخذنا على التوالي اوضاع **ا ا و ب ر و ث ث**

و د د الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

واما حركة منحنى أ ب ث د (شكل ٤) الآخذ ايضا على التوالي
 اوضاع أ ب ث د و أ ب ث د و أ ب ث د الخ المتوازية
 على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة انحناء المنحنى التى هى أ مثلا
 شاغلة بالتدرج لاوضاع أ و أ و أ الخ من ضلع ا ا
 وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين فى احداث الاسطوانة القائمة
 والمستديرة وقد يوثرون احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم
 من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهما الطريقتين
 المذكورتين

الطريقة الاولى فى صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
 اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم
 فى داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل أ ب ث د ه
 ثم ترسم مع غاية المضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهى متوازيات اضلاع
أ ب و أ ب ث الخ (شكل ٣) وتكون بقدر
 ما فى القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم
 او المنشار او نحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين
 الاتجاه الطولى من مستقيمت ا ا و ب ب و ث ث المتوازية
 ونجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تتحقق من توفر الشروط فى سطحها
 لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تتحقق من كون محيط
 السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن القارة
 والقادوم وغيرهما انما يكون فى الجهة المستقيمة من الاضلاع لا فى جهة المحيط
 المستدير

(بيان اجراء العملية فى صناعة صواري السفن) *

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لا سيما الصواري العليا (اي الغاية

والبوافتكو) ممتد من جهة الطول حتى يمكن ترزحلق اطواق الرواجع (المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها انفا

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالى عدة دوائر مثل $ا ب ث$ و $ا ب ث$ و $ا ب ث$ الى آخره (شكل ٤) حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع كامل الاستدارة ويمتد في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية .

* (بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) *

قد شاهدنا في ترسانات انسكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل الفارة المستديرة فبمجرد سيره وتحركه يكون مستديرا بمحور يد الفارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غيراين رأسا اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان توجه آلة الخرط الحادة بواسطة دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة الخطوط مع غاية الضبط .

* (اجراء العملية في التكبيبات والتشبيكات وغيرهما) *

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المخنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم للحم او لنصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمخنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعدة التكعيبات والاقصصة والقفف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المألوفة السمك بان نجتمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الخريية والحرب المضومة الى بعضها التي يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن الفنون ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان ثنى السطوح المستوية المتوازية (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواح مصلحة ومعمدة يكون سمكها رقيقاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتواتر والديكاتروالتر وهلم جرا وكان اسم المدي يطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في كميل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستويا صلياً كقعر الهراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلى من هذه الامداد محاطاً بدارق من الحديد لها قطر اوقطران من الحديد ايضاً وهذا هو منشأ عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسمكري بواسطة صفائح رفيعة جدا من النحاس او الصفائح الايض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع السطوح المنحنية المطلوب عملها وذلك كنانيب المداخن والميازيب وغيرها واذ اعلم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح النحاس والصفائح وغيرها اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لنا ان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي التحام جرق كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل من اطوال الانابيب قدرا يساوي طول تعشق طرفها

وينبغي ان تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطواناني الان قاعدة هذه القدور تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او المبرشمة التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح الداخلة فيها جزء من البخار ويوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخاريز او خمسة تكون على بعد واحد من بعضها ومؤلفا منها قالب واحد يكن صعوده وهبوطه على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفائح التي يصنع فيها الثقوب الداخلة فيها المسامير المبرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المخاريز ثابتة للصفائح على البعد المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفائح على طول بحيث تكون المخاريز عند انخفاضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة او الخمسة الالآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصورا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل نستعمل ايضا في جمع الصفائح المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجي المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة في البحر المخترعة عن قريب
ولتنبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات
او منشير مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشير تكون حادة
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة
ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزامير انابيب ذات شكل اسطواناني ولاجل
عمل هذه الانابيب يمكن ان تنقح كما ينقح النحاس والسمكري او تنحوب بواسطة
المسحبة

* (بيان صناعة الاسطوانات) *

* (بالمد والشحوب) *

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون
قطرها هو القطر الداخلي للأسطوانة المجوفة المطلوب تحصيها فنصب اولاً
حول الاسطوانة اوجول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ

واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د**
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم نمر بالاثنتين في المسحبة التي نضيقها في جميع
المرات وبثأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها

الداخلي هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً
لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط
وقد تكون السلوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد
والبسط وتدخل عن وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفّر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل غمر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)
وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافريقية لاجل تسليك المياه والغاز والانابيب المستعملة لطلبات المياه والمهواء والجوار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالثقب)
يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كل انابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كانابيب الطلمبات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها اتباع الطرق الصعبة كعملية الثقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)
يمكن عمل الاسطوانة بالمنشار وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاجل ان يكون بمرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعداً اوهابطاً في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل الجسم المطلوب نشره حركة هائلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)
اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً تجويفاً تاماً متحداً مع محيط القوسرة المطلوب صنعها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلاً كثيراً الاضلاع مثل (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوصرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يملأون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطواني الذي يضع عليه البناءون ايجار القبة المعروفة عندهم باسم ايجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كتركيب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً .
وحينئذ يكون محيط قاعدته مضلعاً يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً في ارتفاعها ويكون السطح الكلي للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً في امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول في منشور $ا ب ث د$ الخ $ا ر ش د$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $ا ا$ وندير بالتوالي كل وجه صغير مثل

$ا ر ش د$ و $ا ب ث د$ الخ لنضعه في مستوى $ا ا ب$ فيحصل معنا شكل مستوياً لث من متوازيات $ا ا$ و $ا ب ر$

و $ا ب ث د$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا ب$ و $ا ب ث$

و $ا ب د$ و $ا د ه$ الخ و $ا ر و ه$ و $ا ر ش د$ و $ا د ه$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذي يستدعي ان يكون

أ ب ث د ه الخ و ا - ش د ه الخ خطين مستقيمين متوازيين وعموديين على اضلاع ا ب و ب - ر. وهلم جرا ويطلق على المستطيل المتحصل بهذا الوجه (شكل ٩٠) اسمها انفراد محيط المنشور فيكون سطح المنشور منفردا لان هذا الانفراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

ا ب و ب - ر ث الخ انضيقها لتبقى متجاورة وتصنع سطحاً مستويا مستمرا وسند كرك في شأن سطوح الانفراد دروسا تخصها ومن جملة هذه السطوح الاسطوانات التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها لا تنحصر

وتصنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل م ن ح ح و م د ح غ ثم تقيس السطح الاسطوانى المنحصر بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د و ح ح و ح غ الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة كمنشور له عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \text{ا ب} \times \text{م د}$$

$$\text{سطح ن د ح ح} = \text{ب ث} \times \text{ن د} = \text{م م}$$

$$\text{سطح ح غ ح ح} = \text{ث د} \times \text{ح ح} = \text{م م الخ}$$

فحينئذ يكون سطح م ن ح ح و م د ح غ = ا ب ث د

× م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروبا في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة المناقصة وهى ا ب ث د الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مد السطح الاسطوانى
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ب ث و ث ح الخ على حسب
طوله وتحدد على المد (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح م ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د فحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهى

ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ا م
+ ب ن + ث ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احدى
الاجه الصغيرة مضروب فى مجموع اضلاع هذه الواجه

(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كمنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوى سطح قاعدتها مضروبا فى ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرية فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها فى ربع قطرها

فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف قطر
هذه القاعدة وفى ارتفاع الاسطوانة المذكورة

وحيث ان المنبشير المائلة او القائمة التى قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية فى الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التى قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية فى الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم

الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و د محورها فيكون حجم الاسطوانة
الناقصة التى هى ا ب ث ه فى الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا فى محور

ووبمعني انه يكون مساويا لجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها $و$ و
وبرهان ذلك ان نقرض اسطوانة $ا ب ث ا م$ التي قاعدتها العليا
موضوعة في مركزها وهو $و$ ونقول ان حجمي $ا م ه و$ $ث م ن ف$
متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان $و$ هي مركز دائرة $ا م ث$
فيقسم قطر $م و$ هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادركنا حجم $م ه ا ه$ حول $م$ كادارة اللولب بقدر زاويتين قائمتين فان
نصف دائرة $م ه ا$ ينطبق على نصف دائرة $م ن ف$ وتكون جميع اجزاء
الاضلاع مثل $ا ه$ الخ منطبقة على اضلاع $ف ه$ الخ وبالجمله فمستوى $م ه$
ينطبق على مستوى $م ن ف$ فاذن يكمن الجسمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
تنطبق على بعضها وبناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة
القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي $ا ب ث ه ف$ بقدر $م ه ا$
وتنقص عنها بقدر $م ن ف$ فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة $ا و ب$ (شكل ١١) قطاعات بقدر
ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
جهة $ا ب$ بنفس السطح الاسطواناني ومن الجهتين الاخرين بمستويي
 $ا ا و و ب ب$ والمارين بمحور الاسطوانة الذي هو $و$

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة $ا ب ث$ (شكل ١٢)
ويكون محيطها $ا ب ث$ الاسطواناني وثانيا مستوي
 $ا ب ث$ الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي
الاضلاع

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

المحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسيين
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهما ما وذلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فاذا كان باب او شباك او قبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا و ب و ث و د و ه** فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تمر بمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**
وهذه الاسطوانة تفصل الجزء الماضي بالشمس من داخل الباب او الشباك
او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانة بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى
الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوعة في الظل في رسم العمارة
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة
في حل المسائل الاصولية الخاصة بالظلال على وجه هندسي

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه
الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مقاطعها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فالتأخذ من كل نقطة
من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتكون من تتابع نقط

ا و ب و ث و د و ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية
على المستوى المذكور خط منحن يدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

ا ب ث د كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحن على مستوي **م ن ح ح ح و ح ح ح و ح ح ح**

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب - و ث ث الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ١١ و ب - و ث ث العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذن يكون مسقطا ا - ث د ه

و ا - ث د ه كافيين في التحديد التام لنحني ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدث فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا نهد الاجواء البارزة حتى

تساوى الاجزاء المنغمسة اى الداخلة ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق الفطير)

يستعمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الجرح)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا تم نفعهما استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ١٠ - (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قريبا او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطوانتين بلوح معدني او شئ آخر من المعادن قابل لتحميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين يابعد الاقصر الموجود بين الاسطوانتين
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطوانتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
لنخرجه ثانيا بينهما فانتباه هذه تمهيد مساويا ومناسبا لهذا القرب واذا عادنا
على هذه الطريقة وتبعنا هافانتا نرقق اللوح شيئا فشيئا ترقيقا مناسبا
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الجليخ

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين باباوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فرخا مستطيلا على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر
(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

نضع حروف الطبع اللازمة لطبع اى فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلقى منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر بفرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطوانتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد
وتستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متخذة من النحاس الالوان المطلوب
طبعمها

(بيان طبع اللينغرافية على الحجر)

لا تستعمل في الملازم اللينغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ
المطلوب طبعمه موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك
تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من الخحاس فانتا تمر بكل من اللوح المستوي وفرخ
الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق
الآخر

* (بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة) *

* (في صناعة الحديد وجعله قضباناً) *

بعد أن نسخن كتلة من الحديد الغشيم تسخيناً جيداً على حسب الطريقة
القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد فضعها على
سندال ثم نندق عليها بمطرقة ثقيلة تنفي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة
فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناسير او قضبان من الحديد تكون صورتها
تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ
سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل
المطرقة الخشبي وذلك بان يفرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد
عنهما انفراجات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة
بالتدريج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المسطوية القليلة
العرض مع التدرج ايضاً كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة
بالمطرقة على قدر الامكان نمرّبها بين الاسطوانتين وعلى انفراجات
١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مسطحة
ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وعنده
وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ
لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

* (بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن) *

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطوانتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحونتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعند ما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطوانتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطوانتين طارة مستوية تسمى آلة الذدف
* (بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن) *

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك أن تؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل \overline{AB} مع اسطوانة مخططة مثل \overline{CD} (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطوانتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطوانتين اخريين موازيين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة باختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى الفوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن .

وحيث كانت صناعة الاسطوانات والمخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمرة متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

* (بيان تخطيط الاسطوانات) *

يستعمل لأجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة إلى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد التخطيط و يقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها
هذا العدد يبتدى بعمل تخطيط اولى بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد
دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل
التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة
في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة
القاطعة وهم جرا

وفي الغالب تركيب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة
في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكباس في الطلبات (شكل ٢٠) وحركة السدادة
في الزجاجة وحركة جزءي الابارة (شكل ٢١) او علبة النشوق المستديرة
(شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط
كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تضبط على حسب
المطلوب كما في AB (شكل ٢٣) وتنقبض كما في A - فاذن يتضح لنا
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد تمتد الحديد امتدادا محسوسا
بالكلية عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالتحريير على طول عظيم بدون ان تتحرك
اطرافها بلا مانع فانها تنكسر فتعين لأجل اجتناب هذا الضرر احد
طرفي كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة AB D التي هي اعرض من
جسم انبوبة EF (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض
طرف الانبوبة الصغير الذي هو M وهذا الادخال كناية عن كون
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك النحام يجمع

بينهما وبصير ان مائتين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانسباط
او الانقباض المتولدين من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في ان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم ماردا آ ب نقطة ض ومتكئ على ا ب ث د ه
فتكون مستقيمت ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار فرس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة
التي يربط فيها الفرس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د ه الخ
المقطوع بنقطة ربط الفرس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د ه التي يقطعها
الفرس فاذا تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا
طرفيه الى ما لا نهاية له وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه والمخروطان
الحدائتان من جزمي كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا
كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين
المذكورين يكتشفانه من الجهتين السابقتين

وقد استبان لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اي

المزدوجة فن ذلك المنكاب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه مترسكب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة واحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يبعد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكاب

وفي القنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق
الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتها بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وتقرض في هذا الدرس ن كل مخروط يكون منتها بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسم المخاريط هو الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥٠) دائرة الا ان اضلاعه لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في المخروط المنتظم (شكل ١٤) فانها تكون متساوية فاذاً تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويقال منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات القنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعبر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذى الواجهة الكثيرة المثلثية التى يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلفا بطول الاضلاع فاذا كانت مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة فى المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الواجهة اى السطح المنحنى من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحنى المستدير ووسط سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا فى نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه فى سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته. فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كساحه الهرم الناقص وحجمه ووسط سطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا فى طول الضلع المتحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك اننا اذا قطعنا هراما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر فى العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا فى المخروط وكذلك فى سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا نتج لنا اولا

اتنا اذا قطعنا مخروطاً بمستو مواز للقاعدة فالتقاطع مخروطاً صغيراً متشابهاً
للكبير وثانياً انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخني منهما يكون مناسباً لمربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كمربع الاضلاع مثلاً وثالثاً ان سطح القاعدتين يكون مناسباً لمربع
الخطوط المتقابلة ايضاً ورابعاً ان حجم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطاً ناقصاً مثل $AB\Gamma$ الخ و $AB\Delta$ الخ (شكل ٧)
بان تقصّل مخروطاً صغيراً من مخروط كبير بمستو فإطع فيتحصل معنا ضرورة
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجمين مساوياً لحاصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائماً ولا مستديراً او كان غير قائم فقط تعذر اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفاً

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحوله الى عدة مثلثات ~~تمكفي~~
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فذلالت

جعلنا مثلثات $AB\Gamma$ و $AB\Delta$ و $AB\Theta$ من
(شكلي ٣ و ٥) في $AB\Gamma$ و $AB\Delta$ و $AB\Theta$

و $AB\Delta$ من (شكلي ٤ و ٦) فن الجلي اذن ان السطح

المخني من المخروط يساوي سطح $AB\Gamma$ الخ المستوي وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان بينا ان القيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه بحيث مما يستعمل
من هذه المخاريط في القوانين فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بمخاريط قائمة مستديرة
(شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجية
مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة
وهي أسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال
الافرنج ونسائهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية
او منحنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج ياخذها للزينة
والرفاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام والناقص وتنوع الطرف
ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزامير الجزء الأسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل
أ ب ض ط (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات

النغير ومجموعها يقال له حركة النغير وهو أ ب ض ط (شكل ١٤)
مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لأجل المتانة اعمدة ابنيته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها
بان يتقصر منها دأ ثم أطول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي
يكون عليه رأس العمود فإذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن
اقتناذها من حجر واحد فاقسم صورها وتقسيمها الى عدة اجزاء بواسطة جلة
مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة
مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حينئذ كلامنا من هذه الاجزاء المسماة
بالخرجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواوي سفنه على شكل الاعمدة بان يتقصر منها
على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس
وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة
الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثيرا لأضلاع المنتظم الذي هو أ ب ث د ه

(شكل ٥ و ٣) من عدة اضلاع ويمكن عمل كل وجه من الالوجه المستوية

التي هي ض ا ب و ض ب ث و ض ث د الخ على حسب الطرق التي سبق ايضا جهها في الدوس الخاص بالمستويات

فاذا لم يكن هناك الا مخروط قائم مستدير ناقص مثل ا ب ث د الخ و ا ث د عوضا عن مخروط تام فإنه ينبغي ان نبتدئ بصناعة وجهي

ا ب ث د الخ و ا ث د المستويين (شكل ١٦) المتوازيين

توازيا تاما ونرسم في هذين المستويين قطعي و و بان يكونا على

مستقيم عمودي على المستويين المذكورين ثم نمد من هاتين النقطتين

مستقيمي وا و المتوازيين اللذين طولهما كطول انصاف اقطار

دائرتي ا ب ث د ه و ا ث د ه المطلوب رسمهما

وبعد تمام ذلك نقسم المحيطين الى اجزاء متساوية ونمد من نقطه التقسيم التي هي

ا و ب و ث و د الخ و ا و ب و ث و د الخ اعمدة

على نصف القطر لاجل تأليف مضلعين مستقيمين محاطين بدائرتين ونصنع

الالوجه المستوية على اشكال شبيهه المنحرف بحيث تكون قاعدتاها السفلى

والعلوية اضلاع المضلعين المذكورين وهي ا و ب و ث و د الخ وعلى هذا المنوال

نصنع هرما ناقصا محاطا بالمخروط فاذا نقصنا اضلاع ا و ب و ث و د الخ

بواسطة القارة او غيرها من الآلات

الصالحه لتمهيد تلك الاضلاع واصلا حها حتى مست الالوجه الجديدة

المستوية المطلوب عملها الدائرتين المحصل معنا ايضا هرم ناقص له وجهان

او عدة اوجها اكثر من الاول ويكون اقرب شبيها بالمخروط فاذا تمامنا على

تمهيد الاضلاع واصلا حها كان شكلها دائريا يقرب من الشكل الحقيقي

للمخروط حتى تصل في ضبط ذلك الى الدرجة الموافقة لعمليات الصناعة

ثم ان الطريقة التي ذكرناها آنفا ليست الا طريقة تقريبية فيبقى سلوك طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنحزم اصلا وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه الآلة القاطعة وهي **ح** (شكل ١٧) الى دلائل **م ن** القائم الثابت الموازي لصلح **أخ** قترسم تلك المخرطة في كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل **ض أ ب ث** (شكل ١٧) وبذلك يحدث معنادوامة **ض أ ث** (شكل ١٨) ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول محور **ض و** (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر) وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمر دائما بالنقطة المجمولة رأسا

* (بيان استعمال آلة التصوير) *

تستعمل هذه الآلة لنقل صورة **أ ب ث د** الخ مع الضبط والاحكام بأن يدور قضيب قائم حول نقطة **ض** الثابتة ويتحرك باحد طرفيه على الرسم الجانبى وهو **أ ب ث د** المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم الرصاص المسنن على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة فاذن يكون المنحنى وهو **أ ب ث د** الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها للرسم الجانبى وهو **أ ب ث د** الخ

وبرهان ذلك ان نمذ **و ض و** (شكل ١٩) عمودا على المستويين المتوازيين من الرسم الجانبى وصورة فيكون **و و** هما النقطتان

اللتان يتلاقى فيهما العمود المذکور مع هذين المستويين وتقرض ان القضيبة
المستقيمة المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل
اض ا ونمذ وا و وا فتقول ان مثلثي اض و و اض و
المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوي زاوية اض و
لانهما متقا بلتان في الرأس وزيادة على ذلك با و و ا و متوازيان
فاذن يكون مثلثا اض و و اض و . متشابهين ويتحصل معنا
هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: وا : وا ونبرهن
ايضا على ذلك فتقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ض ب : ض ب ::
:: ض ث : ض ث :: ض د : ض د :: ض هـ : ض هـ
و ص و : ص و :: وا : وا :: و ب : و ب ::
:: و ث : و ث :: و د : و د :: و هـ : و هـ

فاذن تكون خطوط وا و وا و و ب و و و و و
الخ متوازية مثنى ومثنى على ذلك يكون ا ب ث د هـ ف الخ
و ا ر ث د هـ ف الخ شكيلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة
موازية ومناسبة لابعاد نقطة ضه الثابتة والمستويي الرسم الجانبي
وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
ا ر ث د متشابهين .

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة ترسم بالة
التصوير المسماة فيزبونوتراس . ولسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجية من كل نقطة من تقط الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة الحدقة وتتقاطع في نقطة **ض** (شكل ٢٤) حتى تصل الى سطح **ح** المسمى او الياف العين المشبكة بالشبيكة وهذه الالياف هي الصورة التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الوتر البصري فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب بواسطة السطوح المخروطية المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة محمية وكذلك سائر الاجسام التي يتولد منها صورة متسعة في يوم صحو تظهر في رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا وضعها

* (بيان الاوضة المظلمة) *

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون في صناعتهم على منوال ما يتبدعه القدرة الالهية فن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسي يشبه حدقة العين التي هي **ض** (شكل ٢٢) فيحول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي **ا-ش** فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي يرسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها واطلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة **ض** المنقردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح **ا ر ث د ه ف** المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً ان كان سطح او جسم مظلم موضوعاً امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدداً بـ **سطح مخروطي** رأسه ذلك الكوكب المضيء
 * (بيان الصورة الخيالية) *

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صوراً مشاعلية لرسم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو **ا ر ث د ه** الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فبتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة **ا ب ث د** الخ مشابهة للاولى ومحددة بما يحيط بالجسم وحداً للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضاً لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضاً في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة .

* (بيان الخيال الظلي) *

قد استحسن في تسليية الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسماً جانبياً صحيحاً من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من الملقوى او صور اشخاص حقيقية ويتعكس به ظل الألعاب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تحجب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تكثر بالرسم الجانبي من الاشخاص
المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٢١) الذي ظله وهو م ن منعكس
على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص
دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكفي
في تنقيص امتداد الظل ان نقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
ما اذا بعد عنها فان الظل المذمور يمتد على التدريج وكذلك
في صورة العكس يمدنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم قارا ثابتا والجسم المضيء
هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
ويتقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليها فائدة الالاعاب المذكورة
وقد تقتضى خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
عمليات اهم من عمليات الخيال الظلي فنقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
الممكنة على خط أ ب ض له المنحنى ت ك كون من هذه الاشعة مخروط
ض أ ب ت د واذا صنعنا قطبا ا - ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د يكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اي كمنظره وتنطبق
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ب
و ض ث و ض ث وهلم جرا المستقيمة تختلط بيهضها فتفي
فاذن يكون الغرض من علم المنظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكة عند رويتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها و ربما اخطأنا عند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحسنة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث د تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة مشابهة للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كثيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة اي شاهد المنظر ليحظى الانسان
بثمرة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظري الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياف العين المشتبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وبغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الالياف المشتبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صوزته الجسم المرسوم تبانيا عاما ويظهر من هذا التبين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لا بد منها لكثير من الصناعات والمعمارية ومهندسي البلدان والمزخرفين وتقاشي المجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما \overline{AB} و \overline{CD} (شكل ٢٣) موازيين من مبدء الامر لمستوى الصورة وهو \overline{MN} فلنا ان تقول ان منظر \overline{AB} الموجودين على هذه الصورة وهما \overline{AB} و \overline{CD} يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي \overline{SA} و \overline{SB} و \overline{SC} و \overline{SD} فان خطوط \overline{AB} و \overline{CD} تكون متوازية ويكون خطا \overline{AB} و \overline{CD} متوازيين فاذا كان خطا المنظر وهما \overline{AB} و \overline{CD} متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقى هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الان ان خطوط \overline{AB} و \overline{CD} و \overline{EF} المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي \overline{MN} فخذ من النقطة النظرية وهي \overline{S} الى صورة \overline{MN} مستقيم

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع
 منظرها ثم نمد شعاعى ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
 الصورة فى ا و - فاذن يكون هذان الشعاعان فى مستوي مار بنقطة ض
 وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازى لخط ا ب فاذن يكون
 كل من نقط ا و - و - و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
 خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا - الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
 بمثل ذلك على خطوط ث د و ش ف الخ فانهم يثبت المطلوب وحينئذ
 نخطوط ا - و ث د و ه ف الخ التى هى مناظر لمتوازيات ا ب
 و ث د و ه ف دائما تماثرا اذا ما عقدت على حسب الاقتضاء بنقطة
 و عند ما تكون خطوط ا ث و ث د و ه ف غير موازية
 لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
 و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
 كثير من الخطوط المتوازية فمن المفيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
 كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكنى اذن معرفة
 نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

*(بيان اجراء علم المنظر فى فن العمارة) *

يمكن ان نستخرج قاعدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة فى عمليات علم المنظر
 وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
 المستقيمة التى يرسمها المعمارى موازية اما للمستوى المنتصب الذى يكون
 تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
 على هذه الواجه وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
 اقويا

وحيث ان مستوى اللوح الذى يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبية في العمارة تكون ايضا منتصبية في المنظر واما الخطوط الاقضية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجموعها المطلوب تعيينها تكون ∞ و تعين ايضا نقطة مجموع الخطوط الاقضية العمودية على مستوى الوجه وهي ∞ فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهلة جدا في هذا الغرض ستبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعها لانتقام لا وهذه النقطة هي نقطة مجموع الخطوط المذكورة على اللوح

واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك انفا فان النقط الجامعة للجملة من الخطوط الاقضية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة موازيا للخطوط الاقضية وحيث ان تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقضية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقضية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقبيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم ∞ و الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذه هي الحقيقة خاصة اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على الالواح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية او ناقصة على وجه منتظم بحيث انهما اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا مماثلة ومنه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المخلة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدها في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص على الالواح التي تستدعي ابعادها تيقظ الناظر واتباهه بالكلية ويتراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا بد له من ابعاد فاذا لم يحدد المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص على موضوعة خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها ووضعا محكما ووجه احداق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة ويعتدون بها بخالفة للمنظر لاسيما في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا ارباشكات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المحل الذي يكون فيه وضع الناظر
على حسب المحل الذي يريدون رسمه
وما ذكرناه من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتبعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوربا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يتأثر منه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعية اجتنابه بدون تعب
شديد فيجبرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستطرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

(بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة) *

اذا اريد رسم محصولات الصناعة او الآلات استعمل في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كثير من الاجزاء التي
يخفى بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان تأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا للواجهة العمارية او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الا ضلاع
الصغيرة من العمارية ولا تشاهد في الثانية تخفى الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر. ففائدته اظهار وجهي العمارية دفعة واحدة كما تراه
في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الاقية
والمنتصبة وكذلك اثرا اللوح فحصل معنا منظر اى نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جرتية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك بكنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يحتل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعيين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعتمدة

(بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعاب)

ينبغي لمن زخرف محل الالعاب لاجل تحسين الالعاب المذكورة واستجلاب للناس اليها في محل اللعب ان يستعمل اولا بصورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريبين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها والاستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها اشجارا واوعدة متفرقة او اجزاء متصلة لكن هذه الطريقة ايست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر وتظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف المرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بحقائق الاشياء كي يستر المتفرجون الجالسون في الملعب على اختلاف محالهم سرورا تاما برويتهم ما يروق الخاطر ويوجب التأمل.

(بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا)

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهاة لعلم المنظر

ثم ان المخاريط الممتزجة مشى او ثلاث والا سطوانات الممتزجة ايضا بهذه المثابة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل قل حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حللها الى مخاريط ناقصة تكون مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة الوجود التي اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد اثينا مدة القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السوود والفخار والبراعة في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة سطوح مخروطية وتتمام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك تضريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا رأس العمود وغايتها قاعدته

ولست صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرقاهية بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في الجلد الثاني من هذا الكتاب)

(الدرس العاشر)

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك

كل سطح امكن انتشاره او بسطه او انفراد على اى مستوي بدون ان يكون في هذه
العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده واتقياضه وتضعيفه فانه يسمى
سطحا منتشرا

وقد اخترنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع
الاسطوانات والمخاريط وعلما انه يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح
على اى مستوي بدون كسر وانطواء وعلما ايضا على ذلك اى انه يمكن انحناء
جزء من المستوي بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط
تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجمله فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كمنشور مركب من اوجه مستوية
كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمهرم
المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا
ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ١١ - و - ب - ث و ث - د الخ
منتهية بخطوط مستقيمة مثل ١١ و - ب - و - ث الخ وتسمى
هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتا نبتدى
بادارة وجه ١١ - حول ضلع ١ - حتى يوضع في مستوي واحد مع
وجه - ب - ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع - ب - ث
حتى يكونا معا في مستوي وجه - ث - د الثالث ثم نستمر على هذه
الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حيث نذ معنا انتشار السطح المنحني
بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجهه التي على
صورة الزاوية تكون رأسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

١ - ب - و - ث التي هي رؤس اوجه ١١ - و - ب - ث

و ش ت و هلم جرا تكون مختلفة الوضع وكذلك يعتبر المهندسون أن المخروط مـ كـ ب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدة هاتين الطينين ترسم على الوجه الذي ذكرناه في الدرس المتقدم وأما الثانية فتترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى **ا ا و ب ر و ش ت** الخ خلف منحنى **ا ب ت د** الخ ويقال لهذا المنحنى خط القمقري والذي يلزم للفنون في جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتي السطوح المنتشرة
 (بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتا نحيط بها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينية مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفيح ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالاكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وبجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجزاء خاتمة وهلم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طينا او عدم طيها هي ضرورة قابلة للتشاور ويجب أن نلاحظ أن المادة التي تستعمل في ذلك لا سيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانتقباض تغاير في بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك يقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ)

ينبغي أن نتكلم على السطوح التي تحدث عن البسط والجوخ التي هي معدة لزينة المساكن والهياكل العمومية فلذا اقتصرنا في هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للمهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موزنة مجردة عن الطرافة وعن التنوع في الاشكال لتكون اقرب شبا بمحيطات البسط الارضية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واتقنت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الالقشة احدهما كونها تنثنى على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنحنى مع الانتظام والتساوى كى تبعه عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التى يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان يجعل اصولاً عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصددده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فقول شيئاً لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسى

فاذا اردنا مثلاً رسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بنحوى

ا ب ث د ه ف و ا ر ش د ه ف المنحنيين اللذين ليسا على مستو واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحنى ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه وهلم جرا ثم نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطعها من احد طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثانى بمنحنى ا ر ش د ه ف في تقطى ا و ر القريبتين منه جيداً ونعد خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوى موضوعاً دفعة واحدة على ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التى يتقابل فيها هذا الوجه للمستوى مع الخط المنحنى ثم نعد ث ونبين بهذه الطريقة د د و ه ه و ف ف

الخ فيتحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ر ش د ه ف الذى يخالف قليلاً البسطح الماز بمنحنى

ا ب ث د ه ف و ا ر ش د ه ف (راجع الدرس الثالث عشر) * (بيان نشر الاخشاب المنحنية) *

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو ا ب ث الخ ومحيطها الاعلا وهو ا ب ث الخ مرسومين على وجهين من هذه القطعة فاذا اردنا اجراء عملية النشر بدون اعوجاج المنشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوية او المنتشرة ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع ا ب ر ب ر ث الخ (شكل ٢) فهذه الكيفية يقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطحاً منتشراً

* (بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار) *

تستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة الاسطوانات والمخاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما سنبين ذلك في الدرس الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي الالتحام هذه الاحجار مع الدقة باجزائها المختلفة التي يحمل بعضها بعضاً ولذا تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتصير مكافئة في وجهي حجر العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع حينئذ انريك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من القوى او من الالواح الرفيعة وغيرها ويطبق الارنيك المذکور على وجه الالتحام ثم ينظر هل المسطرة تنطبق انطباقاً كلياً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع

ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لا بد ان يكون اها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا مثلنا له ذلك بكنيسة بنتمون بباريس وذلك لانك ترى بها قبة متسعة مرتفعة جداً على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولا جل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع السهولة تقطع المخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بنحتها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترأى له انها من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي المخاريط الناقصة المماسية لبعضها وليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكسرة وتنهد القبوة هبوطا كليا حتى يمتلىء الفراغ الذي في داخل المخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد اكتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولا تظهر رظافة البناء ولو جعلت التحامات المخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبقى البناء على حاله ويؤخذ من علم الهندسة في هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع حجب العقد المخنية وهي أ ب

و ب ث و ث د و د أ و أ ب و ب ث و ث د و د أ (شكل ٣) امكن لنا ان نجد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا

منتشرا ما را دفعه واحدة بخطى أ ب و أ ب و سطحا آخر ما را بخطى ب ث و ب ث و سطحا ثالثا ما را بخطى ث د و ث د و سطحا

رابع ما را بخطى د أ و د أ فاذا اجرينا ذلك في احوال العقد المتجاورة تحققنا ان الواجه المتماسية تنطبق على بعضها انطباقا كليا ومتى علمنا شكل

أ ب و أ ب و ب ث و ب ث ومواضعها سهل علينا استكمال الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصنائعية ستر مسطح كبير بصفائح رفيعة لينة المادة فانهم يثنون هذه الصفائح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم يرسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل ا ب ث د ه و ا ب ث د ه و ا ب ث د ه و ا ب ث د ه و ا ب ث د ه
تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها
ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجمحيطى ا ب ث د ه

و ا ب ث د ه ثم يحيطى ا ب ث د ه و ا ب ث د ه وهلم جرا
ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون
اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

* (بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القنب والقنوات) *

قد غطيت القنوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من
النحاس على موجب الطريقة السابقة

* (بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن) *

قد يغطي مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصنائح من النحاس كما في ا ب ث د ه

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومنفصلة على صورة خط

مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع

المحيط اتحادا كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً

على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واجدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس

وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديها عند فرضنا انها ملتحمة

ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح

والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة

تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه

المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهه في القوارير

القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان اتجاهه في السطوح من حيث هي

ثم ان صانع المقوى الذى يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من المقوى ملصوقا احدها على الاخر بواسطة الغراو مجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة ك كثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التى يتكون منها المحيطات التى على شكل الزاوية من العربة و اوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التى تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الحقيق اللين الذى يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التى في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلا من النحاس وصانع المداخن والسمكرى يحتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصلح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدة

ا ب ث د السفلى (شكل ٥) اياما كانت صورتها وبقاعدة ا ر ث د العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذى يلزم جعله لصفحة الحديد والجملة من الصفائح المعدنية المستوية التى يحدث منها عند قديها على وجه مناسب سطح منتشر يمر بدفعة واحدة بقاعدتي ا ب ث د و ا ر ث د وستكلم على هذه المسئلة

في الدرس الرابع عشر الذى يتعلق بالمماسات وقد استحسن تغطية السطوح بجلب طويلة منتشرة فهى اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤)

واذا ليس العسا ك ردروهم رأيت معظم القطع التى تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهى في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات انحناء واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا انحنائين كالخودة مثلا الا مقدار قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة **م بن و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية (سـ صـ نـ) وشكل ٨ يدل على الارتفاع اى انتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط ولاجل تميم القارين المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم نشيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تغطى سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة فى اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **أ ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطى **أ ب ث د** و **أ ر ث د** فالتأخذ من تقطى **سـ و** الموضوعتين وضعنا مناسبا بين **أ ب ث د** و **أ ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان الخيط المذكور يكون موضوعا بالكثيثة على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فالتأخذ ينشر هذا الجانب اى نجعله منتصبا قائما والخيط الذى يبين على سطح القارين الخط الاصغر الركاثر بين نقطتى **سـ و** يستمر دائما على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

فإذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عيننا على طوله نقط ١٠ و ٢ و ٣
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط نمر بعيدان من الخشب متجهة
اتجاهها وعموديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها
بمحيط **أ ب ث د ه** الخ ومن الطرف الآخر بمحيط **ا ب ث د ه** الخ
الذين ينبغي ان يتطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ الزاوية
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا
انطباقا تاما على التحام الجانب المتصل ويجرى ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر
على حسب وجه التحام الجانب الموضوع قبل ذلك توجيها عوديا على ضلع هذا
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل بيلطة
او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل والتناظر .
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرتة المثلثية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الحديد
والجانب المنصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة
وهو ط ضه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه ر متى كانت الخطوط
كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانبين على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة
من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الطريقة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتهية ببعض خطوط فالتقسيم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذ
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقنعة الملابس)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

ممتنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتقد ان مهارة الخياط وفخوه تقوم بمقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر وعز يد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من أشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس واريدها جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة وقصديها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما استلقتاه من الملاحظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للامتداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقول الصناععية هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها وطيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس والضاغط ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكر به الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجتمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى غلى شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قديما الصناععية انموذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الآن

ولا جل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأقن للانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شاء مع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غيراته لما جرت العادة بان الوقار والعظمة والمقام مما يتوقف على التأقن وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعباءات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشعة قليلة اللين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الحقيقية التي يلبسها الراقصون في الالعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانها تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشعة اللينة الحقيقية التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلفة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقةها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقشعة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستظرفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة الملبوس وصحة اللبس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحناء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظريفة التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستظرفة تقدما كبيرا

وترجع الى ما كنا بصيده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة كالعلاقات المتقدمة بعد ان تكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان تكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هي الحادثة من خطوط مسقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجه الصغيرة المعوجة تخيل هتلم في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعاه غير موضوعين على مستوي واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوي واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي أ ب و ث د (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل ع و هـ فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة ع على ث د
وبنقطة هـ على أ ب ولنبدأ الآن من تقطعي ع و هـ بقسمه

مسندى أ ب و ث د المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نرسم خطوط
١ ٢ و ٢ ٣ و ٣ ٤ و ٤ ٥ الخ فيحدث معنا سلم
معوج

ثم ان اجنحة طواخين الهوام من قبيل السلالم الموكبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احد هذه الاضلاع
وكذلك سلم الصواري (المسمى بالبوافنكو) فهو من قبيل السلالم المعوجة
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدا متناهية للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التي تبين

هذه الواجهة الصغيرة اسم الاضلاع المشتركة

(بيان اجزاء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارين السفن تصنع سطوحاً منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينشأ ذلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء من السفينة منحنية كالأجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الألواح العريضة جداً الا جوانب قصيرة جداً اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملائم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المبينة في (شكل ١٢) علمت انه يتبع في عمله كثير من الأخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المنحني المرء وزايله بهذه الأرقام وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الآن ان المحيط ا ب ش د ه ف غ انحنى خفيفاً ومنتظماً (شكل ١١) تحصل معنا حينئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كافي (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذي عين له على قارين السفينة فينبغي اذن بواسطة طرق ميكانيكية أن تجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجاً دائماً

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارين جسيماً لا يمكن أن نستعمل جوانب منفية بدون ان تفسد بنفس هذا الانحناء

(بيان عن الأخشاب المنحنية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط

ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فائناً نأخذ مسطرة ثابتة

على صورة خط مستقيم مثل ١٥ - ونرسم بواسطتها مستويين على

مضلع السفينة نقط م و ث و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونخذ من تلك النقط المذكورة خطوط م ١ و د ٢ و ٣
 الخ المستقيمة اعمدة على د ثم نقيس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة
 المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة م ١ والضلع الثاني
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على
 د م د و وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما د
 و ه من منحني م د و الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهها داخليا للخشبة المطلوب عملها
 ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشبة واحدا واما الوجه
 الضيق الذي ينبغي وضعه على ا ب ث فان عمله يكون ايضا بواسطة
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع
 بالتوالي في م و د و على سطح القارين ومن وجه التحام جانب
 ا ب ث المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل
 هذه القطع في المحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتأنيدي كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب
 بان نعشقها مثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع
 من الخشب متينة تسمى بالزنابير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين
 او حافتيه وتكون المنحنيات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل
 الارانيك او القوالب واما اجزاء السفينة التي يكون انحناءها قليلا بالنظر الى
 الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تربعها مناسبا
 ثم تنفي هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجات
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنابر
 الذي ينطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الزناير سهل ثقيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزناير الذي ينبغي أن يكون متحدا معه سطحامعوجا لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهممة الكلية في تطبيق الزناير مع الدقة على مصلح السفينة تطبيقا صحيحا بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) جزءا من مستوى الزناير فانتا نعين هذا المستوى بخطين يمر احدهما بالقارين على امتداد ا ب ث والاخر وهو د ه يصير خارج القارين ببعده مناسب ثم نقس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادثة من هذا المستوى و سطح القارين في كل من نقط ا و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن نضع قالب منحني ا ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزناير ترسم ا ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان نصنع أمام كل من نقط ا و ب و ث الخ حزوزا تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاوي بالمرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحزوز بحيث يحدث سطح منتشر او معوج ونعين في داخل هذا السطح نقط ا و ب و ث المتساوية البعد من ا ب ث ثم نعين كذلك نقط ا و ب و ث المتباعدة من ا ب ث بقدر عرض الزناير فيحصل بهذه الطريقة اول اوجه ا ب ث المنطبق على المزدوجات ثم نضطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه ا ب ث ونجعل لهذين الوجهين عرضا لا يتغير من سائر الجهات ثم تقطع الوجه الرابع عموديا على الوجه الثاني والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العيذان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة اذا كان اجراؤه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التساهل في ذلك عند تعسر توضيحه

وقد يستعمل في اعمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد بعض القبوات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقعية في الجزء الذي يستتر عليه قدم الانسان الصاعد والهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات **ب ث و ه ف و ع ش الخ** التي بواسطة تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة للدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التحامات **ب ث**

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتكون صورتها كالأشكال المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم متعنيا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسئلة الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر (شكل ١٧) ان عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها تكون ضيقة جدا من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتتسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم المقاس بخط **ع ف ث** (شكل ١٨) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو

التحام الدرج وهو **ف** العمودي دائما على **ع ف ث** من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الافق عندما يقرب من عقدة السلم

ثم ان توالي اعمدة **ه ف** على الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذي في شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتوالييتين وهو **ه ف** سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع
الاجزاء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو **ه ف**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمتد من نقط القسمة
التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو **ه**
(شكل ١٧) مستقيما ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعمدة على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلي وهو **و ب** بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة **ه ب** العمودية على
و ه ومن ثم تكون **١ ه** و **٢ ه** و **٣ ه** الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) **١ ه** و **٢ ه** و **٣ ه** الخ عمودية على
١ ه و **٢ ه** و **٣ ه** الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
في **و ه** بالنظر للنقط المتقابلة وهي ١ و ٢ و ٣ الخ فيكني اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية التحركة زوايا **١ ه** و **٢ ه** و **٣ ه** كي
يوجد في كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التحام **ه ف**
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينها المعلمون بموجب ارانيك من
الخشب او الجص

ثم ان السلالم المعتبرة كالسطح المتصل ولو من جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل البطوح الخزنونية التي لها منفعة عظيمة في الفنون (راجع الدرس
الثاني عشر)

* (الدرس الحادى عشر) *

(في بيان سطوح الدوران)

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في الفنون وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتخدمها الظواهر الطبيعية نصب اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول محور ا ب فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة فتي كانت تلك الحركة تامة بان كان مقلهاها ٣٦٠ درجة فانها تسمى دورا

ثم ان كلا من نقط ب و ب و ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب و ب ب و ب ب الخ متوازية وعمودية على محور ا ب الذي عليه مراكبها وهي و و و و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس السادس

وليس يلزم ان يكون منحنى ا ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه سطح دوران عند ادارته حول ا ب وذلك انه اذا مدت من جميع نقط الخط المنحني وهي ب ب و ب و ب و ب و ب و الخ عمود ب و ب و ب و ب و على محور ا ب فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب و ب و ب و ب و ب و الخ منحن مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور $\overline{ا ب}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصف نهار هذا السطح ومن هنا سميت دوائر $\overline{ب ب'}$ و $\overline{ب ب''}$ الخ التى سطو حها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية او متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الاشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة او دوائر او منحنيات اخر او باجتماع هذه الخطوط يمكن ان نصنع عدة اجناس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها تنوعات متميزة تمتاز اما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

(بيان سطوح الدوران المتولدة)

(من حركة خط مستقيم)

اذا كان خط التولد عمودا على المحور فانه يرسم عند ادارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينساق فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى القنون لاجل صناعة سطوح مستوية

واذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور $\overline{و و'}$ (شكل ٢) فانه يرسم اسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

واذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور $\overline{و و'}$ (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فانه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

واذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فان الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا الاتجاه

واذا لم ير خط $\overline{ا ب}$ المستقيم بمحور $\overline{و و'}$ امكن ان نفرض خطا ثانيا مثل $\overline{ا -}$ موازيا بالتمائل لمستوى $\overline{و و'}$ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة $ح$ الموضوع على مستوى التماثل وإذا
أدرانا مستقيمي $أب$ و $أ-$ بمركبة متساوية حول المحور ليقربا
أو يبعدا مع التساوي عن مستوى $وو$ فإن ذلك المستوى يكون دائماً
مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي $أب$ و $أ-$
المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
مستوى $وو$ فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحني وهو دائرة نصف
نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي $أب$ و $أ-$ ويتولد أيضاً
من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول $دو$ السطح
المذكور وشكل ٤ يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين لهم المعلمون ذلك
على أنيك بدائرتين من المقوي متصلتين بمحور وبخيط متساوية الميل في
جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع العلم فرى وهو من قدماء المهندسين مقرضاً عظيماً نصلتان
مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي $أب$ (شكل ٤) والآخرى وهي $أ-$
دائرة حول محور $وو$ وهي دائماً مماسة في دورانها الأولى وتقطع ما بينهما
من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل $أب$ و $أ-$ دائرتين
حول محور $وو$ وهذه المحلة إذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملفوف على وسطها فإنا نقرب
القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول قطر من أقطارها مثل $\overline{أ ب}$ وحيث ان جميع نقط محيط دائرة نصف النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فذلك تكون على بعد واحد من هذه النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من مركز $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{أم ب ن}$ سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او ابعد من نقط محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحيث ان تكون جميع نقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع نقطه على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها حدثت اكر متحد المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{م د}$ يرسم مستويا وترسم نهايته محيطيا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولاً ان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة وثانياً ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة
ونالنا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

*** (بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة) ***

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخرطة الذي هو AB الجسم
المطلوب خروطه على صورة كرة ثم نعين على AB اي بعد من هذا المحور نصف دائرة
 AT التي قطرها AB وبموازيه فاذا اخذنا آلة قاطعة
تبرز بقدر PT المساوي لما بين A و P من البعد ووجهها
بالتوازي على امتداد AT فان سننها الذي هو PM يرسم دائرة نصف
النهار التي هي AMB فاذن اذا وجهنا المخرطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزاحق ساقها وهو PT على طول
دائرة AT التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة
دائما نحو W التي هي مركز دائرة AMB و AT فمن الواضح اذن
ان كلامنا PM و PT يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين
المذكورتين حين يقطع PT دائرة AT وينبغي ان يكون دائما PM
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع
الثبات

ويمكن صناعة اكر بواحدة الصب وبذلك تصنع كالم المدفع التي هي اكر ممتلئة
ولا جل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مخوفة ينبغي صناعة قالب تكون
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل A
والاخرى مخوفة وهي BB وبين هاتين الكرتين نصب الجب
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي
ان يكون لجزء A و BB شكل كروي تام الثانية ينبغي

م د شـ يكون مشابها للمثلث القائم الزاوية الذي هو $\overline{و ع غ}$ الحادث
 عن $\overline{و ع}$ العمودي على وتر م د وعن $\overline{ع غ}$ العمودي على محور
 او ثم على د شـ وعن $\overline{و غ}$ العمودي على م شـ
 فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو $\overline{د شـ}$
 $\overline{م د} :: \overline{ع غ} :: \overline{و ع}$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{ع غ}$ او الذي
 قطره $\overline{ع ي}$ الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{م و}$ او الذي قطره $\overline{أ ب}$
 وذلك اذا فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر
 بين $\overline{و ع}$ و $\overline{و م} = \overline{و أ}$ الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان
 $\overline{م د} \times \text{محيط } \overline{ع ي} = \overline{د شـ} \times \text{محيط } \overline{أ ب}$ ولكن $\overline{ع ي}$
 $= \frac{1}{2} (\overline{م م} + \overline{د د})$ فاذن ينتج ان $\overline{م د} \times \frac{1}{2} (\text{محيط } \overline{م م} + \text{محيط } \overline{د د})$
 $= \overline{د شـ} \times \text{محيط } \overline{أ ب}$

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م د د}$
 والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروباً في $\overline{د شـ}$ الذي هو
 ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثيرا لاضلاع الذي هو $\overline{م د ح}$ الخ متكونا من عدة اضلاع
 صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة خط نصف
 الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات $\overline{د شـ}$ و $\overline{ع شـ}$ الخ من المخاريط
 الناقصة المتولدة من دوران اضلاع للمضلع فاذن ينتج
 اولاً ان سطح الطيلسان الكروي وهو $\overline{م أ م}$ يكون مساويا لمحيط الدائرة
 الكبرى مضروباً في سهم الطيلسان وهو $\overline{أ د}$

ثانياً ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرة ثقتها الكبرى مضروباً في قطر
 هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة $\overline{أ م ب م}$ الكبرى يساوي المحيط مضروباً
 في نصف نصف القطر اي ربعه كان سطح الكرة مساويا لسطح الدائرة
 الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لا اجل تغطية دائرة

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م} \odot$ المنتشر
وهي أن نمد $\overline{م م} \odot$ و $\overline{م م} \odot$ (شكل ٩) حتى يتلاقيا في نقطة $\overline{ض}$ التي
هي رأس المخروط الذي مخروط $\overline{م م} \odot$ بجزء منه فاذا نشرنا هذا المخروط
فجميع نقط كل قاعدة مثل $\overline{م م} \odot$ و $\overline{م م} \odot$ التي هي على بعد واحد من
رأس $\overline{ض}$ (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسي الدائرة وهما $\overline{م م}$
و $\overline{ن ن}$ (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي
نقطة $\overline{ض}$

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط $\overline{م م} \odot =$ قوس $\overline{م م} \odot$
ومحيط $\overline{م م} \odot =$ قوس $\overline{ن ن} \odot$ واذا كان المطلوب معرفة مقدار
زاوية $\overline{م م} \odot$ نقول ان قوس $\overline{م م} \odot$ يساوي المحيط الذي
نصف قطره $\overline{م م}$ و غير ان نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م}$
:: $\overline{م م} \odot$: $\overline{م م} \odot$ فاذا كان $\overline{م م} \odot$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م}$

$= \overline{م م} \odot =$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م} \odot$ $\times \frac{\overline{م م} \odot}{\overline{م م} \odot}$

فينتج قوس $\overline{م م} \odot$ هو كتابة عن $\overline{م م} \odot$ $\times ٣٦٠$ من

المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م} \odot$ وتكفي عمليتا الضرب والقسمة في تحصيل

عدد درجات زاوية $\overline{م م} \odot$ وبذلك تحصل هي نفسها ومتى عرفنا هذا

العدد فالتا نرسم مع $\overline{م م} \odot$ $\overline{م م} \odot$ و $\overline{ن ن} \odot = \overline{م م} \odot$

التي هي انصاف اقطار قوسي $\overline{م م} \odot$ و $\overline{ن ن} \odot$ (شكل ٩

مكرر) فيتحصل حينئذ منطقة $\overline{م م} \odot$ $\overline{ن ن} \odot$ التي عند

انثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفي $\overline{م م} \odot$ و $\overline{م م} \odot$ يحدث المخروط

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري اوصانع المقوى بواسطة صفائح من المعدن او من المقوى
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها وينفعهما في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البنائون والنجارون
وبعد أن ينشأ طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لزم ان نبين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

لنفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو أوب بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا ونصوّر زيادة على ذلك جملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضاعفة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع
الاضلاع المتوازية المتحددة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة
واحدة بدائرة ترقى نصف النهار المتواليين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لشقق قاوونة مقلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

فقد يجمع على هذا المنوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحري المصغ والجلد والمقوى والحرير الخالص والورق والقز وما اشبه ذلك
عما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمثانات الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها الاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
للمستعملة لمنع ضرر ضوء المسارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظلات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سلوك من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون الصامته او محيطه دواً ثراً انصاف نهارة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م} = \overline{م م}$ $\overline{ن ن} = \overline{ن ن}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{م م م}$ و $\overline{م م م}$
و $\overline{ن ن ن}$ متشابهان فعلى هذا اذا كان $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ هما نصفاً
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ تحصل
معناها التناسب وهو $\overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن}$ $\overline{م م} :: \overline{ن ن} :: \overline{م م}$
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة)

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين امتهما لا مفيداً
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغير الكرة
الا قليلاً

وقد مكث الناس قروناً عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماً الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاماً في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل مامر منها بهذين القطبين وجهه لوادوا تر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجهه لوادوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض .

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها و كانت دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الفاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخر يسمى جنوبيا
تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كرة اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان
ونوالث وهلم جرا

* (بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليمتسرن بها الخطوط الاماكن) *

كما ان سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة كوضع المدن ومجاري الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر ونحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معيناً تعيناً تاماً وطريق ذلك ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهو ان نبتدى من 0° و 10° و 2° و 3° الى 90° ويكون ذلك من خط الاستواء الى القطب الشمالى من الجهة الاولى والى القطب الجنوبى من الجهة الثانية ونعد ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان نبتدى في العد من 0° و 1° و 2° و 3° الى 180° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف النهار الى قمر برصد خانة باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات المغرب فاذا وصل الانسان الى 180° من درجات الطول كان على دائرة نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة كفى في الوقوف على وضعها الحقيقي الذي لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها

وانفع عملية في الجغرافيا والهيئة والملاحة هي التى عرف بها وضع المدن الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وسورها في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة تستعمل كما رأيت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شها بالطريقة التى تستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة عددين

وقد تستعمل احدى الطريقتين في رسم سطح الارض الكروي على خاتمة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوافية المتساوية البعد التي هي \bar{A} و \bar{A}
و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
دوائر انصاف النهار المنفردة على هيئة مستقيم قوسيم حينئذ الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} الخ
الدوائر المتوازية المنفردة المقتدة لان خط \bar{A} و \bar{A} = \bar{A} و \bar{A}
= \bar{A} و \bar{A} وهكذا مع ان المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الان ان تقاسم \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} الخ
تتد بالتناسب الى المتوازيات المقابلة لها وهي \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} و \bar{A}
و \bar{A} و \bar{A} الخ فاذا فرضنا ان المربعات صغيرة جدا امكن ان نعتبر ان كل
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب في الجهتين على الخاتمة
المستوية

حينئذ تكون جميع الاشكال المرسومة على الكرة في الخاتمة المختصرة منقولة
على اجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الاجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الاجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر انصاف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخارتات البحرية

(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

اذا اراد الانسان في سياحته ان يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مغادرة
نصف النهار زاوية واحدة فان تلك الطريق ترسم على الخاتمة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يبتدئ منها السياح الى النقطة التي ينتهي اليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعريجات وانعطافات. واذ افرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انهم اسع عدم تساوى اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغير قليلا صورة سطح الكرة بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة لا يساوى جزأ من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم جرمها.

وقد تكون خشونة قشر النارية مثلاً بارزة بالنسبة لجمها اكثر من الجبال الشاهقة بالنسبة لجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلاً نرسم سطح كرة يكون مركزه عين مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المتقابلة لدوائر انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم بين عدد درجات الطول والعرض اللذين يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة المرصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادله السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجعولة حد التشبيه بواسطة الآلة المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خيطان او طرق ليعرف بها ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب من محل الى آخر وتعمل ايضاً في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تعرىجات قليلة الامتداد او كثيرته وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها بعدد
عن شكل الكرة فستراها مسطحة من جهة قطبيها ومنشفة من جهة خط
الاستواء فاذا كان الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلا من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تنقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذالم يكن هناك مانع
نرى عمود الهواء الواقع على القطب اثقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأتي لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الإمكان المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

(بيان الكرة السماوية)

تستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فتفرض اولان السماء كرة ومحورها مركزها عين محورها الارض ومركزها وثانيان
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هنالك نجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا يسمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذمور في اليوم تمامه وفي ساعات معلومة منه فاذا عتوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحن مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجومون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترأى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لعلم الفلك عند المتأخرين علو شأن ومزيد اعتبارا اكثر مما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقاتها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قععا على شكل مخروط قائم مستديرو يقطعه بالإشعاع على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اناء مثلا الى اعلام مهندس يحسب سيرا الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد الخطوط المنحنية المقطوعة بمرکز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المشابهة وعلى كيفية اجرائها عند جميع الناس حيث انها تستعمل فى اشغال كثيرة مباشرة عمليتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان تقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والقنون والجرف

واذا رصدنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية وجميع هذه الدوائر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من التخييلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرضنا ان الناظر فى المركز وان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهو ان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لا فاق عدة تقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذا نظرنا لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد من كوكب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من محورها ثابتة على بعد هذا الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرضنا ان الارض ثابتة والسماء متحركة فنم كانت مشايهة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جداً من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني فانه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكرة بمفردها سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقات لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخوازم التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل ا ب ث كما في (شكل ١٣)

تربعين هـ د ش من رزة هـ د ش ف المسطرة في البلاط وفي حائط ليحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جلة حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقة او جزء منها في تزيين العمائر

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما ا ا و خ خ (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعدهما ربعين من السطح الخلق المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
 حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور
 ويستعمل المعماري ايضا السطح الحلقى لصناعة القباب ومن ذلك ما يشاهد
 في العمارة الفارسية التي بسوق القمح بباريس من القبة الفارسية التي على
 شكل نصف كرة مثل ا ب ث كافي (شكل ١٥) حولها سطح
 حلقى جانباه مركبان من نصف كرتي ا د ه و ث ف غ
 وقد تركيب الآنية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء
 اسطوانية مثل ا ب و ث ه و ف و ع ش ومن اجزاء
 حلقيية ايضا مثل م ك و ح غ و رض و ط ع و سنة
 وحيز يضع النجار الخراطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
 من حديد قارته سطوحا حلقيية
 ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
 في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
 مخروطية ومن اجزاء حلقيية
 ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
 ويلفون على هذه الحلقة حبلًا يكون مسكنه تجويفها الخارجي ويشد
 طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منها ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
 بدون مانع
 وقد اجتهد علماء الهيئة زمانا طويلا في ظواهر زحل وخاتمه الذي يظهر مع
 التدرج بمهيات مختلفة مثل ا و آ و ٢ و ٣ الخ كافي (شكل ١١)
 ولم يكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجرؤوا في المعارف الهندسية
 عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مناظره وهي ا و آ و ٢ و ٣
 ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والعظم
 وتكني طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور
 والسطح الحلقى الذي يستعمل في الفنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلق متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل $\overline{م}$ و $\overline{م}$ و $\overline{م}$ (شكل ١٨) سطح دوران حلق ويكون جزء هذه العجلات الذي في مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو $\overline{أ ب ش د}$ ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المتركة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسطرة عليها .

وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها في مستوا واحد مثل $\overline{ر ر ر}$ وحينئذ تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار $\overline{ض ض}$ و $\overline{ض ض}$ الخ بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حداثها سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية .

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال .

وسطح البراميل هو واحد سطوح الدوران التي اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوقا ملتصمة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ب}$ كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطي حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدفوق

ولا لجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رقيقة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطة ليدخل في حزم مستدير يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف.

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسبا أن يضعها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الا على مجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام
الذي يضرب صناعة البراميل

ويجب علينا ان نتم باستعمال طرق هندسية لنجعل للدفوف شكلا كاملا
الانتظام فلنفرض ان كل دف ينشئ بين ثلاث نقط ثابتة كنقط ا و ب
و ث او اكثر (شكل ٢٠) وان و عبارة عن محور برميل دفة ا ب ث
فيتحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمر بمحور
و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لا تق من دف ا ب ث فالتا نصنع الوجه الصغير او الامن اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الضبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريئة عظيمة في مدينة غلاسكوونية
بيلا د ايقوثيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الا في فرنسا ايضا
فبريئة يظهر انها نجحت في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عموديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكاروهي آلة
من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بخلاف سلاح القارة الرفيع البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك تبسط
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب او الحديد عوضا عن الدوائر الوقتية
المستعملة لصناعة البرميل المذكور.

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد
منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واثنان صناعة البراميل .

ومن اجله تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل

عدة طبقات مثل أ ب و ش د هـ ف كما في (شكل ٢١)

وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري

ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها

براميل النبيذ والماء والعرق وما شابه ذلك من باطن السفينة المسمى خنبا

وكذلك المسافة التي تبقى لخل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وعما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي م و د

و ح المفروض تساويها متلاصقة فاذا ن تكون مراكزها الثلاثة متباعدة

عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث

م د ح من رأس د خطا مستقيما كخط د ش عمودا على م ح

وقرنا ان م ش = ش ح = ١ نخرج ان م د = ٢ ثم انه

بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان د ش = م د = ٢

— م ش = ٢ — د ش = ١ — م د = ٣

ويؤخذ من ذلك ان خط د ش يساوي تقريبا ٧٣ و ١ الان

مركزي م و ح يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر

البتاني = ١ فاذا ن يكون مقدار ارتفاع مركز د فوق الارض ٧٣

و ٢ واذا كانت بنية د موضوعة وضعها محكما على بنية ح كان ارتفاع

مركز د فوق الارض مساويا لنصفها القطر ثلاث مرات فاذا ن يتوفر من

تعشق كل صف من البراميل ٢٧ مجزا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
البتاني يضع من الانسان مسافة كبيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترسانات البرية والبحرية بواسطة الكل ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات المجوفة التي قطرها واحد وعيارها واحد كيان منتظمة
بمستويات اقية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكل التي محتوية عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٢) فحسب اولاً مقدار الكل التي في احد
اوجه مثلث AB فاذا عددنا مثلاً ما في صف r من الكل وجدناه
يلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + r)$$

فنضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكل التي في الصفوف الطرفية وهي
 $1 + 2 + 3 + \dots + r$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو AB ث AB ث

ولكن $\frac{r}{2}$ مثلاً عبارة عن عدد كل صف $1 + 2 + 3 + \dots + r$ فيكون كل من صفي
 $1 + 2 + 3 + \dots + r$ محتوية على كل صف r اكثر من احتمال
صف $1 + 2 + 3 + \dots + r$ عليها فيثديكون $1 + 2 + 3 + \dots + r = \frac{r(r+1)}{2}$

فان يكون مقدار مجموع كل الكوم $\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + r)$
 $\times (\frac{r}{2} + \frac{r}{2} - r)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة
فاذا لم يكن في صف $1 + 2 + 3 + \dots + r$ الا كلمة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً
عدد كاله

$$\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + \dots + r)(\frac{r}{2} + \frac{r}{2} - r)$$

او $\frac{1}{3}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) (٢ + ر + ١) وإذا كان
الكوم مثلثيا فان $11 = 10 = 9$ و $10 = 9$ و $9 = 8$ و $8 = 7$ و $7 = 6$ و $6 = 5$ و $5 = 4$ و $4 = 3$ و $3 = 2$ و $2 = 1$ فان
ينتج ان $11 + 10 + 9 + 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 66$
فان يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله ر
(١ + ٢ + ٣ الخ + ر) $\times \frac{1}{3} \cdot (٢ + ر)$
(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخلزونية)

يذبح لنساقبل الشروع في بيان خواص السطوح الخلزونية وتطبيقاتها على
الفنون ان نختبر المنحنيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
وذلك بان نرسم مستطيل وش ك (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $1-2$ و $2-3$ و $3-4$ و $4-5$ و $5-6$ و $6-7$ و $7-8$ و $8-9$ و $9-10$ و $10-11$
وهلم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع
متوازيات اخرى مثل $1-2 = 3-4 = 5-6 = 7-8 = 9-10 = 11-12$
و $1-2 = 3-4$ وغير ذلك الى اجزاء متساوية .

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثني حتى يصير على صورة شكل
اسطوانى يكون احدا اضلاعه $1-2$ و $10-11$ وتغلق الاسطوانة بالكلية بحيث
ينطبق ضلع $1-2$ على $10-11$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة 1
على نقطة 10 و 2 على 11 و 3 على 2 و 4 على 3 و 5 على 4 و 6 على 5 و 7 على 6 و 8 على 7 و 9 على 8 و 10 على 9 و 11 على 10
جراوحيث كانت الاضلاع موازية لضلعي $1-2$ و $10-11$ كانت معينة
على مستطيل وش ك بخطوط $1-2$ و $2-3$ و $3-4$ و $4-5$ و $5-6$ و $6-7$ و $7-8$ و $8-9$ و $9-10$ و $10-11$
الخ المستقيمة الموازية لضلعي $1-2$ و $10-11$ الا ان هذه الخطوط المستقيمة
المتوازية تقطع على المستطيل ماثلات $1-2$ و $2-3$ و $3-4$ و $4-5$ و $5-6$ و $6-7$ و $7-8$ و $8-9$ و $9-10$ و $10-11$
و $1-2$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه الماثلات متوازية وبالمجمله
فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب - و ث ث الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
حينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب - و ث ث الخ الى الاسطوانة في نقط
١ و ب و ث و ث و ب و ث الخ (شكل ١) حدث عنها
منحن يتكون معه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المنفرد هو الذي يطلق عليه اسم الخط البرمى او الحلزوى
الاسطوانى

واذا اثنى المستطيل بحيث يجرث عنه اسطوانة فاعدتها دائرة تحصل الخط
البرمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بنقط ح خ
اولا وبخط ر ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لتابعقتنى خاصية الخطوط المتناسبة هذا تناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ض ضه :: ش ع
: ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش شه من قاعدة ش ك
بكميات ش خ غ و ش ض ضه و ش ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
ش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا برميا
او حلزويا. كالخط المرسوم فى (شكل ٣) حينئذ يكون الشكل الحلزوى
حادثا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كور وبناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البويمى او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمى او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهى الخطوة الحلزونية .

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع أو غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا صنعنا شكلا ثانيا مائلا لاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزوني متجه اتجاها مضادا لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم فى (شكل ٣) .

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما فى شكل ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال .

(بيان شكل البريمة الحلزوني)

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير بخول هذا المحور اى شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البريمات على المجوفات والمحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريمى مع ملازمته لصورة مولده فى وضع واحد بالنسبة لآثار الخط البريمى ولا تتجه محورا الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة **آ ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التى تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدث وبطاق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها المجوف
فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرها واحد وكان الحلزون المتقدم مرسوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
مربعة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة وبيتها ويكونان متحدين في البرمة
والخافضة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان يتقصص من
حجمها شيئا في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدا بادخال طرف البرمة المحدث من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة وبيتها يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدي
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة لكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط البرمعي المستعمل مولدا للبرمات فبذلك ترسم الصورة
الجانبية من سطح البرمات المحدثه سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المحدثه
بيتا في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقتة هندسية مع الاهتمام البرمات المثلثية والمربعة ليتيسر
للتلاميذ ان يفهموا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يمتثلون به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الحلزونات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة وبيتها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين
والبرمات استعمال في القنون غير متقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولنقبه كما في (شكل ١) على ان خطوة $\overline{وا} = \overline{اب}$ الخ من البريمة يمكن ان تكون صغيرة جداً بالنسبة لطول $\overline{ش}$ من محيط الاسطوانة وعلى ان مثلث $\overline{ش ك شه}$ يحدث مقياساً من اجزاء $\overline{خ غ}$

و $\overline{ض ضه}$ و $\overline{غ غ}$ الخ التي نسبتها لبعضها $1 : 2 : 3$ وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالاً على اجزاء $\overline{ش خ}$ و $\overline{خ ض}$ و $\overline{ض ع}$ الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاموال قليلاً

بالنسبة لارتفاعات $\overline{خ غ}$ و $\overline{ض هه}$ و $\overline{ع ع}$ وهلم جرا

(بيان اجراء العملية)

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغاً عظيماً بالنظر لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيمياً صحيحاً بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة $\overline{اب}$ (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة ونفرض ان خطوة بريمة $\overline{م ن}$ التي محورهما مواز لخط $\overline{اب}$ يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المفصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح $\overline{ح خ}$ المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضاً ان الخطأ الناشئ عن تقاسيم مسطح $\overline{ح خ}$ يبلغ جزءاً من الف من مترو هذا الايتأ في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح $\overline{ح خ}$ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة وكل دور من ادوار $\overline{ح خ}$ لا يمكن ان يقدم شاخص $\overline{ش ص}$

المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ

السابق في تقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{ح خ}$ جزءاً من الف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{اب}$ جزءاً من

مائة من مليتر اعنى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد الالتفات وامعان النظر

واذا ادردنا آخرة ح ح بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو ق مقابلا بالتوالي للتقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢ و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم أ ب الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك ما بينهما من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط أ ب وتقاسيم دائرة ح ح خ ز ينبغي ان نين للتلامذة تلك الآلات بيانا شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البرمات فتارة يكون قطع البرمة العمودية على الخزون المولد مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها اولا بعباد ما بحيث لا يحصل تغير فى قوازيها ولتصور الان بريمتين متساويتين تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث اذا ادونا البريمتين يجعلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من بعضهما فاذا ادونا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠ وحيث لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين او تقريبيهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال اوجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات النظر وعلم الهندسة امثلة بجهة ناشئة من استعمال بريمات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل او اربعة بحيث يكون سطحها مستويا فالتاسف يجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل بريمة تجاذب نديرها مع التدرج يمينا او شمالا على حسب انخفاض الآلة او ارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وبهذا اتقف في المكان اللازم وقوفهم فيه مع غاية الضبط وهناك بريمات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المراة في وضعها الحقيقي وبريمات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها او لفصلها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كذراع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنثني على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

(بيان اجراء العمليات)

قد يستعمل في للفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها

فن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانات كالاصابع والسيقان وللاذرع فانهم يلفونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تستره العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وستكلم تفصيلا على المخاريز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في بحث شرح الآلات

(بيان الأعمدة الملتفة)

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا التف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون و يتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الأعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الأعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول واظرف زينة جديرة بالفنون المستظوفة هي كالليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول اعمدة منتظمة او حول أبواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا يصدده من العمليات المفيدة فتنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها للبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا بريميا ويمكث مستويا عودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وضافر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضفائر الضيقة المسطحة التي اذا اتحدت سمكتها من جميع جهاتها دلت على رافات ا ب و ب د ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا التفت الرافات على حذورة محيط الاسطوانة وخيطت بجانب بعضها ضلعا ب ضلع فانه يحدث عنها منع لاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد قليلا احد طرفي الضفيرة او تضيق قليلا الطرف المقابل له وكلما ضاقت الضفيرة ولزم شدتها احد اضلاعها او تضيقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة بواسطتك كمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من الخوص ييلاد فلورنسة منحصر في التسوية بين الضفائر في الانساع ومتانة الضفرو قلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم ويستعمل كثيرا صناعات الآلات اليابلات ذات الشكل الحزوني التي سنبين ما ينشأ عنها من القوائد عند ذكر مرورها لاجسام ومن هذا القبيل ياي العربيات

وهناك اشخاص يلتفت شعرها طبيعة على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره ضفائر ويلفقه على اسطوانة طارقه غير القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد حمالة فتزيل خاراتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله مستر سلا على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حلزوني يحفظ تجعيده زمن طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسية وكذلك فن التصوير في صورة ما اذا اردت جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم الشهور وجعلها على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا يرتصدهم بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا هيئة الشخص الذي يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على احسن وجه واتم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرنا من الامثلة وهو الخيوط والجبال قنقول

قد يصنع لاجل النسيج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباتي اى
القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات
ويلزم قبل صناعة الخيوط ان يجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة
المشط او الشبقة وتقسيمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان
فى الغلظ والطول

(بيان غزل التيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على
المغزل ثم يشبك على الستارة التى فى رأس المغزل بطرف الفتلة وتبرم الغزاة
طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على
المغزل وهو جزء ثمة الغزاة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من
الركه فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوني

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً
(شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجلاه فيجترد قتل الخيط يلتف على
المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس
على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجعلها منتظمة فى وضع يصلح
لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على
الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون
هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة
المتخذة من الخشب مثل و ضه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة
بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً
اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوبا
بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدريج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نعرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار
كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذا يلزم ان الخيط يلتف دوراً
كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطائرة الكبيرة لدولاب و أ ب (شكل ١١) فيثبت تكون
نسبة قطري طارقي م د و ح غ لبعضهما كنسبة $\frac{4}{3}$:
وكل من حبل أ م د ب و أ ح غ ب المشدودين على حلق
الطارتين الصغيرتين والطائرة للكبيبة يقطع مسافة واحدة على حلق أ ب
بخلاف ما إذا دار الحلق فان دولاب م د يدور بخشعة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيها ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولاً بواسطة الكر دات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سابع على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالالة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اننا نبرمها
برما يكون متحد في سائر جهاتها كحجوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغلظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره بنفس
محور الشلندرا الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طائرة كبيرة
مثل أ ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل ث د ومن طرفه متواصل مثل أ ب ث د فيتلقى
هذا المردن الخيط كما يتلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحيب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزالة هذا السحيب على بعد مناسب
من المردن وتدير يدها طائرة أ ب الكبيرة وهي قابضة بالآخرى على
السحيب وتمتد ليعود عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحب ويرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخفية على صورة شكل حلزوني ويتوقف برم هذه الحلزونات على حالتين احدها سرعة طارة اوب السابقة والثانية البطيء الذي يمتد به سلب الكاودة ومتى صار جزء من السحب خيطا غلظه وبرم مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل الحلزون المصنوع عن الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويكون عليه عدة حلزونات فيترأى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجري على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع ما ظهر من الآلات الحديدية الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها من الكاودات بين زوجين من الشندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثالث اقل من الثالث وهكذا فاذا تمتد الطرحات بين الأزواج الثلاثة من الشندرات ثم تقبض وتنكمش وحسين تمزجلة من الشندرات مركبة كالاولى من ثلاثة أزواج شندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع جملة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويرمه ويلفه على المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشندرات مختلفة السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذي جناح كالدولاب العادي وهذا ما يسمى بالدولاب المتواصل لان المغزل يتحصل عليه بحركة واحدة مستمرة

واما الدولاب المسنن حبل يونيه الذي على هيئة النول الذي تقدم ذكره في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلب بل يكون ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشاندرات فاذا تابعت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة
بخلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برمهاتي بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولدولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بخلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغزلا يدورها علم الدولاب ويكون بعينه مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكتفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعي
٢١٦ غزاة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط في اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزاة فهذه هي القائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة في صناعة حلة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التي على شكل الحلزون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون مشيا بصورة حلزون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور ويطيه على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التي
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على
صورة شكل حلزوني ثم تجمع هذه الخيوط مشى وثلاث ورباع مع برمها ثانيا
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينصل جزء من الاولى وتنشئ
الخيوط على صورة شكل حلزوني بجوار بعضهم ويسمى الحرير في هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها انما تشبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستد اجزاء كل خيط في جهة حتى ان الخيوط المنتهية

على شكل حلزوني تشتد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الحيوط بانواعها لا تنحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن يبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية ويخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدته في جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا في الجهة للمقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوتاو بعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المقابلة للثانية اعني في نفس الجهة يرم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم تبرم هذه الكردونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكردونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة الآب وود واليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يبدلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا وان الكلام على انواع السطوخ المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تتعرض من ذلك الالبيان
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم او قوس اى دائرة
كانت

(بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا بحثها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهى السطوح
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقى مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلى
من الدورة

فاذا كان ارتفاع دوج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساوى
البعد من المركز فعلى ذلك اذا كان أ ب ث (شكل ١٤٠) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هى حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالاولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

(بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشميدس)

سطح السلم الخلزوني الذى على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشميدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسنبين مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة برجمات ارشميدس من الخشب وهما
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط أ ب ث (شكل ١٩٠) الى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الخلزوني

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع اند آثرة الدان على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة المسابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مثلا فى اتجاه الخط البريى
الذى يرسمه المقطع الخزوفى على اسطوانة ا ب ث د
وقسمت نصفى القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهى د د و د د الخ و ث ث و ث ث الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دأتما على بعد واحد من نقطتي ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهى الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهى ايضا الى د و د على القاعدة العليا مضى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من خطى المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المنحنى الخزوفى المرسوم على السطح الخزوفى المطلوب
تحصيله

وازلت على التالى الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحيها مستدير
وثابتة دأتما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور فى ث د
وعلى الخط القائم فى نقطة و لتصل الى السطح الخزوفى الاعلى من بريمة
المهندس ارشيدى

وبعد ذلك وضعت فى جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى
فى و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تحدد
الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها فى عمل الوجه الاعلا .

ولئذ به هنا على ان المسطرة المثنية بلا نقوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تمر بنقطتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الخلزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان ينشر بالقياس اكثر من الخطوط الافقية التي تنتهي من جهة عند محور $و$ ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

وينبغي لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عمودي مع السطح الخلزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الخلزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الخلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $و ش د$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو $و ك$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلاما من عطفاد ان درجاته تصل الى حنية $و$ المصنعة (شكل ١٤) فنحدد درجاته في دائرة $ا ب ش$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت افقية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المنيرة

ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مسند لها في الظاهر تدعش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كما في شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة $ا ب ش د$ (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع

تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة افقية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم ترسم دائمتا على محيط هذه الحنية خطا بريميا و خلزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ث تقدم ما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
 على وجه قائم ثم نمد من ك نقطة من هذا المنحنى خطوطاً أفقية كخط
أ ب و ب ر و ث ش الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
أ ب ث ثم نجعل أ ب مساوياً ب ر ومساوياً ث ش
 وهلم جرا ونرسم أ ب الذي هو خط حلزوني أيضاً وهو المحيط
 الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
 من السطح الحلزوني أو السلم ثماني (شكل ١٤ و ١٥)
 وإذا أردنا أن نجعل للسلم صلابة متينة فإنه في الغالب عوضاً عن أن نرسم السطح
 الأسفل بواسطة خط مستقيم أفقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
 حلزوني مرسوم على طول الحنية رمت ك علىهما معا فنحدد هذا السطح
 في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الأفقي المذكور
 الموضوع في مستو قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
 القطع من جميع جهاته
 وفي بعض الفنون يلزم أن تفصل سطوحاً حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
 فالساعاتية يضيفون إلى الاسطوانة أو الملف الذي يحتوي على زنبلك
 الساعات مخروطاً مفصلاً بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
 ويلفون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من أحد طرفيها على
 الاسطوانة بحيث تكون على خط بري من الطرف الآخر على السلم المخروطي
 فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
 مختلفة نقصان قوة الزنبلك عند حله وبذلك على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
 وسيأتي لذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
 من هذا الكتاب

*** (في بيان تقاطع السطوح) ***

اذا تقاطع سطحان فان جملة التحاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها ولتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلة وهي تقاطع السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تنصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجه المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخلى منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون منشوري ا ب ح د ا ر ش د و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخلى في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يمكن في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولنقتصر في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحى المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي نقسم الورقة الى قسمين بخط ا ب الافقي (شكل ٢) فالقسم للذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو ا ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تنقش الورقة ثانيا عموديا فيكون خط أ ب
عبارة عن اتجاه الانتشاء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقصيا والجزء الاعلا قائما
ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك. هنا ويدركه بدهة حين يرسم على
المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ترى تحت خط الارض
مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون
الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على
طاولة افقية نفرض ان العمارة من تنفة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس
وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون افقيا
ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك
وينبغي ان يعاين التلامذة حقيقة المسقط الافقي والقائم للعجوم والسطوح
والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على
مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط نمتد من تلك
النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على
المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستويي المسقط
واذا اردنا اختبار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة ح
هى النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكنى بنقطة ح (شكل ٢)
عن مسقطها القائم ونقطة ح عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين
وهما ق و ف الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل
احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط
الافقي للنقط والخطوط والسطوح والعجوم المراد رسمها عند الرسم بهذين
الحرفين

وليجز من نقطة ح (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستويي
المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C}
احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا
رسمنا مستطيلا كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين
وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوي المحتوي عليهما مع
المستوي القائم والمستوي الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{CH}
 $= \overline{CH}$ وبالجمله فاذا اردنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة
المشتملة على المستوي القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{CH} و \overline{CH}
عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل
ان يكون كل من نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا
افقيا للنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}
عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB}
ثم ان جزء \overline{CH} من هذا العمود هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي
الافقي وجزء \overline{CH} هو البعد بين نقطة \overline{C} والمستوي القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر
الاعددة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها
مستو ثالث يقطع كلا من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان
هناك مستطيان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) انما يقي مستقيم
 \overline{CH} فبما اتصال نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل
معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقتي المساقط ينبغي سلوك طريقة اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلاً من مستويي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثرى مستوى ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م د م ح بمستويي المسقط

ويكون وضع المستوى محددًا بتحديد اتماما بوضع خطين مستقيمين يحتوى
عليهما فاذن يكون اثر المستويين كافيين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح
متى عرفنا المسقط الافقي وهو ح لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودي على خط الارض

فاذا مددناه ورسمناه من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا افقيا
كان موازيا لاثري ح م الافقي فحينئذ يكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الا ان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ا م ب
لا تتسبب الا لنقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذن يكون

خط م م العمودي على ا ب محتويا على نقطة م التي مسقطها
الافقي م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذن تكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ا م ب فانه يبين على المستوى
القائم مسقط م ح وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا

في آن واحد على م ح وعلى ح ح فاذن يكون في نقطة ح التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ج$

فان افترضنا ان اثار $م ح$ و $م خ$ و $م ر$ و $م ط$ للمستويين
(شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين
نقول اولا حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط
في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $ا ب ج$ وثانيا حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الافقيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين
وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعا على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط
المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولا نقطة
 $د$ وثانيا نقطة $هـ$ و $و$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيما $د هـ$

و $د هـ$ وهذا هو خط التقاطع المطلوب .

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسقطا كثيرا اضلاع $ا ب ث د هـ$ (شكل ٦) المهدود

بخطوط مستقيمة مضاعين عددا اضلاعها واحد وهما $ا ب$ و $ب ث$ و $ث د$ و $د هـ$

الذان رأساهما الملتقا بلان موضوعان على خطوط $ا ا$

و $ب ب$ الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائما خطا مستقيما مسقطاه مستقيمان
ايضا ينتج ان الجسم المحدد باوجهه مستوية يكون كذلك محدد باضلاع

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية والسقف المستوي
فيحصل عنده بواسطة القصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
فتتلاقى القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتكئة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفاً بحيث ان اوجه
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا الزوايا ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتباينة من عدة قطع متلاصقة ويبحث
عن اجزاء كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يحصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع القفانة والدقة كل قطعة من قطع
الخشبيات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلام
ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار الاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس
باللغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق الملاحظات التي ذكرناها في شأنه معارف النجار على معارف
فحات الحجارة قول انه يلزم لنحات الحجارة ان يجهز الحجارة الاصلية التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اي شكل كان بحيث يحصل عن تلك
الحجارة اذا وضعت متلاصقة وبعضها فوق بعض مع الانتظام التام والانتانة
والصلابة الاشكال التي عينها المعمرجو بمستوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الافقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون حينئذ شكل ايجار الدستور محددًا اولًا بالاوجه الخارجية والداخلية للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات الالتحام لانه بحسب هذه المستويات تلحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسمى رسم ايجار الاستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على هيئة اشكال متوازية السطوح اوجها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنما زوايا غير قائمة لزم ان يكون قمت الاجار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التي تحدث عن الاوجه المائلة مع الاوجه الافقية وكذلك زوايا الاضلاع التي على استقامة السور تحدد مع الاضلاع التي على اتجاء السور الملاصق له وهكذا ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا من عدة ايجار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لثلا يفضي بها ثقلها الى السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار ووجها وابعادها وغير ذلك وتحمل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم أن تعلم التلامذة المحدثين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع ارانيك القيب والابواب والشبابيك والسلالم وغير ذلك من الجهر على ابعاد متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويحددوا التحام كل حجر واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك الخجارة النقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع الاجار وهذه الطريقة يصير التعليم كثيرا الافادة واميرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط للمستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المنحنية)

سأني الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول .

* (بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة) *

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احد مستويي المسقط كالاستوى الافقي مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة أي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبعبارة تحديد اتجاه \overline{AB} و \overline{CD} لمسقطي

أي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الاخر ويكتفي عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المنطوقة وهي

\overline{AB} و \overline{CD} و \overline{EF} و \overline{GH} و \overline{IJ} و \overline{KL} و \overline{MN} و \overline{OP}

* (بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى) *

اذا علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوى واذا اجرى العملية في شأن الإضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجه افقي ومنصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط منحن افقي وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب .

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجاقي شكلها اسطواناني وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فنضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذي يلزم لها ولكن نؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذي تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدّمها ونؤخرها حتى يمس احد طرفيها لوح الصفح وبالجمله قسّم لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بال لوح المذكور فيكون مجموع النقاط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يسر داءً الى لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقاط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينتطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما نطبقاً كلياً ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السفن)

يستعمل التجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة و سطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانات مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدب باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومحجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل وارىد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المضيء المحدب هذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل معنا خط انفصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حشد الاشعة الشمسية المنجوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دأئنا الاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جزؤه في رسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط انفصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والنحاتين الملمام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعا صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاقوضاع فذلك يكسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالبا من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الملمام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لساير الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يتهود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

وتقرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومضى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عينا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاجزاء الموضوعة في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الاجزاء المضيئة وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحدبة والمنحوفة ولولاها لالتبس بعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلما كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضيئة (شكل ١١)
يدرك ان في $ABCD$ بروازا محدبا وفي $ABCD$ بروازا مجعوا
ومما لا بد منه للتلاميذ الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
النشاط على تبين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
ي بعضها تلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجوفة وبالعكس

(بيان اجراء العملية في علم المنظر)

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة انعام المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبجهد ما يتحصل معنى منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوح بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المنحنى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

(بيان تقاطع المخروط والمستوى)

هذه التقاطعات المهمة بالقطوع المخروطية لها في صورة ما اذا كان المخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا المبحث ان تعرض لبسط الكلام على اصول اشكال القطوع
المخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نسلك في ذلك مسلك الايجاز فنقول
نعين المساقط الافقية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقى والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المنحنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله

ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوآثر القاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول .

*** (بيان القطع الناقص) ***

اذا قطعنا المخروط بمستوى $ح خ$ (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لساير اضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا ناقصا وهو خط مخن متجهل ببعضه من ساير جهاته
بحيث لا يرى فيه انفراج وهالخواص القطع الناقص الاصلية

وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة $و$ (شكل ١٣) ومحوران
مثل $أ ب$ و $ث د$ يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
 $ض و ط$ ممتد من مركز $و$ ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الاخر بقلب هذا القطر طرفا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل $م ح ن$ عمود على احد المحورين وهو $أ ب$ يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل $ج م و ح ن$ وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو $أ ث ب$ حول $أ ب$ الذي هو
بمترلة المحور فان ساير نقط محيط $أ ث ب$ تنطبق مباشرة على نقط محيط

$أ ب$

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور $أ ب$
فانه بامتداد خطي $و د و ح ن$ على الدائرة الى نقطتي $د و$
يتحصل معنا هذا التناسب وهو $و د :: و د :: ح ن :: ح د$
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي $ح ن د$ الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه
دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذا رسمنا دائرة مثل ث د
(شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه

يتحصل معنا التناسيب الاتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف ا غ ع
العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة غ بالدائرة وفي نقطة غ

بالقطع الناقص وهو و ث : و ب : ف غ : ف غ
وحيث قد يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا
في سائر اجزائها

واذا رسمنا دائرة على مستو مائل موزله بمستقيم ا ب (شكل: ١٤)
كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فنفرض ان ا ب هو مسقط قطر ا ب الذي هو ا ك م يلا من غيره
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا مد ث و عمودا على

ا ب وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى
ا ب ث يصر مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا ا ب و ذلك اننا

اذا مددنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو ا ب المرسومة
على مستوى ا ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة

وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م د ولذا يكون قرب اعمدة
م د البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة

م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا كان يكون مسقط
الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب في جميع اجزائها

وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعنا ناقصا
ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة

ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصر نامنها هنا على خاصية نذكرها لك لاهميتها وكثرة مسد خليتها في العمليات فنقول

اذا عينا نقطتين ثابتتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ (شكل ١٥) بوترين او شاختين ور بطنا فيهما خيطا طول من مسافة $\overline{و ه}$ ف ثم شدنا هذا الخيط. يا لة رسم فيتقدم تارة الى جهة $\overline{ف}$ وتارة الى جهة $\overline{و}$ ف حدث عن ذلك خط منحن يسمى قطعا ناقصا ويقال له ايضا قطع البستاقجية الناقص لانهم يسمون القطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف $\overline{ث}$ يحدث عن جرئ $\overline{ف ث}$ و $\overline{و ث}$ المستقيمة المركب منهما الحبل في نقطة $\overline{ث}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او محاسه وهو $\overline{ط ث ط}$

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع $\overline{ف ث}$ الذي يمر خطا منحنيا او سطح $\overline{ا ث ب}$ يكون له اتجاه مثل $\overline{ث ف}$ وبعبارة انه يتعكس على حسب $\overline{ث ف}$ بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما $\overline{ف ث}$ و $\overline{ث و}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذا انعكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضئي مثل $\overline{ف ث}$ خارج من نقطة $\overline{ف}$ عند انعكاسه اتجاه $\overline{ث ف}$ المار بنقطة $\overline{ف}$

وكل نقطتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضئية الخارجة من احدى البورتين والمنتكسة بمحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاسه الصوت)

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء واتساره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتزلة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) قطهر منها بواسطة التجربة صحة ما قررناه في هذا المبحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحة مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخاصة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها ان اناسا لارأفة عندهم بنوا سجوننا لا يمكن لمن سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يثقفوه بكلمة واحدة الا وتسبح في البورة الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجنان المتكفل بملاحظته ومراقبته

وقد تقطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا منحنية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون قدوتهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع معنى ذي صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهي ف

وكما انه يمكن بواسطة النظرة البيضاء والمستطيلة او المفرطة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوحاً مجسمة ناقصة بيضاوية مستطيالة او مسطحة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه الى الاطناب وبسط الكلام
وهناك طريقة اخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها
ارباب الصنائع غالباً وذلك انه اذا كان $\overline{اوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منج} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{حن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ ماكنة دائمة على المحور
الاصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الاكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم او تأخره في جميع اوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{ا ب ث د}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة
وهي في الحقيقة بيكارات على هيئة قطع ناقص

وقد بينا في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكارات لسطح مجسم
قطع ناقص اياما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم نقطه الثلاثة المعلومة
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
او تأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتنفذ عمل هذه الطريقة
في اخذ صورة الاجسام وفي الاشغال التي يقتضيها بناء القبوات التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{ا ب و}$ $\overline{ا}$
بواسطة مستوى $\overline{ح ر}$ الموازي لاحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحن كخط $\overline{م د ح}$ مغلق من جهة ومفتوح من اخرى ويمتد الى
ما لا نهاية وفرعا وهما $\overline{د م}$ و $\overline{ح د}$ آخذان في الانفراج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منج}$ (شكل ١٨) الارأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعا القطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة اليه متماثلين وهذا القطع ايضا بوزة وهي $\overline{ف}$

وانخذ المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه ونمذ ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عودا على هذا المحور فاذا اردنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $س$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحيث
 $ف$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بحبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشد به بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بحبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $س$ الى الحبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف = ش$ وتركنا هذين الحبلين يمتدان بالتساوي
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $س$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي
 واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان تقطى احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شديدا بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار اسمائين بحيث لا يفرق بينهما
 ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بضاوية
 الشكل

وكما امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى تقطى
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
 ان تقطى الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بخلط المنحنى المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذى توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لانهاية له فاذا تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافى منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمحور

ويستعمل القطع المكافى لتبقى البق الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جملة اشعة موازية للمحور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ .

* (بيان اجراء العملية في المنارات) *

اذا اوقدت نار على شواطىء بحرا وفي داخل ميقات او في مصب الانهر او على المراسى الخطرة او ما جاورها من المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهى نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق اسطوح المتخذة من النحاس المفضض ويجعل لها شكل القطع المكافى الذى يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التى يعكسها السطح الذى يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافى العاكس جملة اشعة متوازية قاعدتها دائرة AB المتوازية التى يتكون منها ايضا قاعدة سطح $ABCD$ من العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافى تارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافى وتارة يدور مجسم القطع المكافى على محورها قائم فحينئذ يصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقطة الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حينما اتفق وقد يتبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التى تتميز بها المنارات من جهة واحدة .

* (بيان القطع الزائد) *

القطع الزائد هو عبارة عن قطع CD و EF (شكل ١٩) المرسوم في المخروط بمستوي قطع طبقى AB و AO ويتقسم الى

جزئين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان ك كالقطع المكافئ.
الا ان الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
المكافئ في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
القطع المكافئ.

ولالقطع الزائد وهو أ ب ث و ا ب ث (شكل ٢٠) محوران
ونقطتا احتراق وهما ف و ف كالقطع الناقص غير انه عوضا عن
أن يكون مجموع الاشعة الاحزاقية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا
لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ف م يحدث عنهما زاوية واحدة
مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يترجمهذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
عن ان يكتسبهما كالقطع الناقص * وبالجاء فهناك خطان مستقيمان مثل
ص و ص و ز و ز يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الا كبروهو
ف و ف ويقربان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
من غير أن يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
المنحنى

(بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية)

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا
المخروط فى اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط آخر يكون
تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط انط المنحنى المطلوب

(بيان اجراء العملية فى معرفة علم النور)

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
كل من نقطتها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط ينفذ الاشعة المنيرة
المذكورة يصير قاعدة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
تحصل معنا منظر انط المنير

وتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة الى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على تقس محور الاسطوانة وبهذه الواسطة امكثهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التي تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهي البانورامة التي يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التي يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطواني المتقدم المأخوذ لوحاً مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة في نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التي يريد الصانع رسمها .

ولاجل الاختصار في عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم ترسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة في العشرين جزءاً من الافق ثم ترسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لوح العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم ننشر هذه الستارة على الحياط الانعطواني من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقة دهش منه الناظر لانه في بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخييلات الطبيعية وهذه الطريقة في الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها في السطح المخوف ولا في منظر صورة جزء من الافق .

(بيان المرأة المسحورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخييلات الهندسية وهي من قبيل البانورامة وصورتها ان ترسم على مستوا بشعكالا بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد في صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تصور

أو لاسا مراضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آة وثانيا الاشعة المنعكسة بان تعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس بتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تحوّل بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات)

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل وانقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر المناظر على بعداتها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكلية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بثقب صغير وانارت على اجسام مظلمة فانها تعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترآى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين للمبتدئين في التصوير الثمرة التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديد من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيرا من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطا

وذلك لانه اذا نسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخر تعين النقط التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدوآ ترمتوازية مرسومة على السطوح
الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي انتخابه سطحى المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التولد
من كل سطح

(الدروس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات والسطوح)

لا جيل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
أ ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي أ ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا مددنا من تقطى أ و ب المقروض وضعهما على المنحنى مع غاية
القرب من بعضهما خط س أ ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى
في المسافة الصغيرة التي بين تقطى أ و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحنى أ ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س أ ب ص مماس للمنحنى في عنصريه الصغير وهو أ ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
الاطريقة تقريرية ولنضرب لك مثلا تقريريا ليكون عندك الملم بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنمد في دائرة أ ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و أ ثم نمد من
نهاية أ عود س أ ص على نصف القطر المذ كور وقد برر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س ا ص ما عند نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س ا ص الذي يمر بالدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس للدائرة .

ولا يمكن ان يمر من م نقطة ا ولان شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص فلذلك نمد من نقطة ا خطا مستقيما كخط ا ز نمد خط و ن عمودا على ا ز . فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل و ا فاذا دخل خط ا ز في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دأ ثما من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س ا ص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذكور امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كانت موضوعا على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا . كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س ا ص عموديا ايضا على عنصر الخط المماس الذي يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذكور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط التازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب القنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ب ج د ه الخ (شكل ٣) فيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع پنج وا = و ب = و ج = و د = و ه الخ وكذلك ا ب = ب ج = ج د = د ه = ه ا الخ فاذا كن مثلثات ا و ب و ب و ج و ج و د و د و ه و ه و ا متساوية فتكون اعمدة وا و وب و و ج و و د و و ه الخ على ا ب و ب ج و ج د و د ه و ه ا الخ متساوية ايضا فاذا كن مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجمولة

مركزاً بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود = الخ$
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا ب ث د هـ$ الخ
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا ب ث د هـ$ الخ يكون مرسومًا خارج
 دائرة $ا ب ث د$ الخ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في داخلها كضلع $ا ب ث د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في خارجها كضلع $ا ب ث د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
 مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
 خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
 مختلفتين اقل من طول يمكن القياس معلوم بالالات الهندسية وهذان
 الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه .

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
 سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تغايرا اقل من القياس
 المعلوم قبل ذلك فلذلك تراهم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقريبية جدا .

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
 بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
 في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
 الحدسيات القرينية من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا ب ث د$
 كافي (شكل ٣) بتدري برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
 خطوط مماسة ثم نزيل بقارة او مبرد او مقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط

قوايا α و β و γ و δ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك الزوايا ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه
وفي عمل الابواب والاشيايك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون α م
و β ث γ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف
القطر الافقي وهو α و β = γ و δ (شكل ٤) = α ث
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي α و β

وفي قبوة α ب γ د المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
القبة ثلاثة اقواس دائرة وهي α ب و β ث و γ د التي مراكزها
وهي α و β و γ مرتبة على هذا الوجه وهو
اولا تكون نقطتا α و β ونقطة β التي هي ملتقى قوسى α ب
و β ث خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا α و β ونقطة γ
التي هي ملتقى قوسى β ث و γ د خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط α ب γ ص عمودا على α ب و β ب وكان خط γ د α ب
على α ب فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 α ب و β ث في نقطة β وثانيا للقوسى β ث و γ د
في نقطة γ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحنى باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لها مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح)

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ب د$ و $د ه$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولنرسم على السطح المذكور عدة منحنيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ -$ الخ مارة بنقطة $غ$ ونعتمد من هذه النقطة عدة مماسات للمحنيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين منحنين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمات المماسية في نقطة $غ$ للمحنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كرأس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائماً مستقيمات على السطوح أي لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ب د$ و $د ه$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مرآكزها $و$ و $ز$ و $و$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عمودي على مستوى سائر الدوائر وماربج مركز الكرة فإذا ممددنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ موازيا لمستوى القطوع وعموديا على $و غ$ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك أن كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعده عن المركز من نقطة $غ$ فتكون ضرورية خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستو معتمد من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عمود على $غ و غ$ والاعادة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودي على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ قاذن يحتوي المستوى المماس وهو
 من $\overline{ن}$ على جميع مماسات دوائر انحناء النهار التي قطرها $\overline{ع ن}$
 وتظهر ذلك في سهولة للبرهنة عليه هو ان $\overline{ك}$ دائرة صغيرة مرسومة
 على الكرة من نقطة $\overline{ع}$ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا
 على $\overline{م ن}$

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع ن}$ (شكل ٨) عودي في نقطة $\overline{ع}$
 على المستوى المماس سواء $\overline{ك}$ كان في السطوح او الخطوط يسمى بالخط
 العمودي

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التي تقدم ذكرها
 في الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا}$ (شكل ٩) المنتهية
 بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة
 متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب ب}$ ضلعافان مماسي $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م د ه}$
 للمخنيين في نقطتي $\overline{ب ب}$ و $\overline{د ه}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل
 خط مثل $\overline{م د ه}$ مماس لمخني $\overline{ا ب ث ا}$ الموازي للقاعدتين المذكورتين
 حيث ان نقطة $\overline{د ه}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب ب}$ ويحدث عن تسلسل
 مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م د ه}$ و $\overline{م د ه}$ المتوازية التي تمر بضلع
 $\overline{ب ب}$ الذي هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر
 امتداد الضلع المذكور

(بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية)

قد يصنع الحياز الذي يدبر نشابته بالتوازي من العجين مستويا يكون مماسا
 بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطواناني للنشابة
 وكذلك البستانجي في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة
 المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعها بواسطة شيور من الجلود من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه الشيور تابعة للآثار الأسفل الاسطواناني من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذکور الذي لا يعتريه اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حدسوته من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز منزع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انذكر هنا الطريقة التي ذكرناها في الدرس الذي تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانانيا فتقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر يراد نحتها على هيئة شكل اسطواناني ثم نرسم شكلين مضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة المنشار او الفارة او اي آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناسير المطلوب عملها في مماثلة الاسطوانة ومشابهتها

(بيان المستويات المماسية للضروط)

انامدنا ضلع **ض ا ب ث** على المخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في نقط **ا و ب و ث** لقطع المتوازية وهي **ا ا و ب ب و ث ث** تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى **ح ح م ن** المماس للخروط في جميع امتداد ضلع
ص ا ب ث

(بيان اجراء العمالية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
 القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبه مماسة للخروط في سائر طولها فاذا
 اصلحنا على التوالي بالانشار او الفارة او تقوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
 لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فينتد
 يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
 (راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة
 والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
 على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
 اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدالها مثل اوجه المخروط مستوية واحدة مماس
 لطول كل ضلع من اضلاعها ويمكن مرور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
 بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
 واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
 واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
 الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والوجه المستوية المماسية للسطح
 المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل **ا ب ث د و ب ث ف ه**
 بجوار بعضهما (شكلي ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
 وبمدهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
 تتماسان في جميع امتداد ضلع **ب ث** وحينئذ يكون السطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا اقويا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا لواح معدنية على احد اللوحين وجعلناه يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلب الالواح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)
اذا كان للاسطوانة ك اسطوانة ا ب م ث د ومخروط ك مخروط ا د ه (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د ولهما في د مماس واحد وهو م ر خ فان المستوى الممتد من م ر خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللاسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسمكريون والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفائح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها ضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلاية السندان المرموز لها بحروف ا د ه ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعّر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمس المخروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجا بقدر بعددق المطرقة على ضلع الالتحام وهو ا د من رأس ا او قربه منه

(بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح آخر)

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى ياخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور.

(بيان الاسطوانات التي تكثف الكرة)

لفرض ان هناك كرة مثل ا ب ث د (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور عمود من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ا م ث د الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة اوتأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة ا م ث د وعمودية على محور الاسطوانة.

(بيان اجراء عملية ذلك)

للخاصية التي ذكرت آنفا تدخل عظيم في الفنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتمسها في جميع جهاتها وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنندق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر وحبه الابوس التي يراد احكام اتجاهها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

(بيان معيار الاكر)

لاجل ان تتحقق اولان الكل ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعدة لها وثانيا انما ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها ضبط الرمي وتحريره تستعمل تطارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة اضلعها صغيرة جدا فيمسك الطيبي باحدى يديه قبض

النظارة وهو \overline{AB} و \overline{AC} ويدير بالآخرى الكل على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينهما وبين النظارة فراغ ام لا وهما هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكل

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات \overline{ABC} كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يحجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضى بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذن يحدث عن مجموع النقاط التي تحدد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطواني جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضى.

واذا اردنا ان نحدد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أي جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم نحدد تقاطع هذا السطح الاسطواني بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمرجي والرسام فاذا قدمنا واخرنا الجسم المضى موازيا لنفسه في اتجاه معين باشعة اشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذن تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكرة كورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد آثارها بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتنفاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتنف الكرة المتحركة على خط مستقيم والباقية دائماً على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والاهون سطحاً يحيط بالفراغ المقطوع بالكرة

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متحركاً على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ما حول خط مستقيم عمودى على محورها ومارة به وبحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماساً لدائرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضاً عن الاسطوانة المماسية اضلاعاً اسطوانية منحصرة بين دائرتين نصف نهار متواليتين فيكون هذا من مصادقات القاعدة التقريبية التى ذكرناها في الدرس الحادى عشر

وبالجملة قد نتعمل الطرق المذكورة اولاً في رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح آخر تمسها من جميع الجهات ويمكن تحريكها في اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانياً في رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه في كل من اضلاعها

(بيان اجراء العملية في فن التجارة)

اذا لزم للخجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخرافة وخشبها مفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك قارته ويجعلها مماسة دائماً للمحيط الذى يتبعه الخراط في هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى للقارة بالتوالى مماساً للخراطة المصنوعة في سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارة وتكون الخرافة هي السطح المكتنف للاسطوانة التى بينها خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنقرض اننا نأخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
مماسات ض أ و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قائم مستدير مماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة أ ب ث د
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادبرنا دائرة أ ب هـ الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن مماسيها ض أ و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض أ و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض أ ب ث د مماسة للدائرة المتقدمة فاذن يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويزداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعدها من مركز و من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحني حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجمولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنقرض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فاننا نرى مخروطا قائما مستديرا
 محتويا على الكوكبين المذكورين ويعيين في السماء هذا المثل المتعكس بالقمر
 وكلما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المثل فان الشمس لا تنكسف
 بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
 الشمس وتنكسف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
 في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدة
 وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا
 التقاطع يبين على الارض مائة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
 الكسوف الكلى في الحالة المذكورة وبالجمله اذا رسمنا جميع التقاطعات
 المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
 تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلى
 واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
 الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
 وتعين بهما مع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر
 فاذا كان مخروط قائم مستديرا يكتشف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
 القمر في المخروط المثل المتعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
 القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الكسوف الكلى واما اذا لم يدخل في ذلك
 المخروط الا جزء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
 الاخيرة نعرف في اى زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
 المخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر
 واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدنا عليه كما مر في شان الشمس اشعة نظرية
 مماسة له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حدة النقط التي يمكن مشاهدتها
 وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه
 وفي التصوير نرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
 هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتى اضاءت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل وا ب امكن ان تتصور اولا مخروطا مثل ض ا ا ب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة وا ب من خط الاتصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تتصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة س ب م ن المنحصرة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هنالك ظل جزئي ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عدة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلولم يكن سطحها ا و - و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحهما متشرا يمكن رسمه بان نقرض
ان اى مستوي يمس التماسين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيهما المستوي مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المنتشرة على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرعى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسما من الاجسام المعدة للرماية فوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحاً منتشراً مما سالشاهق
الحصن ولرأس الارض التي تكثف الثغري بقدر مرعى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سرداباً ومضييقاً ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضييق

ويكثر استعمال الخاريط المكتسفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل نضلة مستقيمة حادة مسدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها يده اليمنى ويحكم يده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطعها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقبقاب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القبقاب وهو السطح الذي يكثف جميع الخاريط المرسومة بالآلة
المذكورة



واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعات سكاكين تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضاً مستويامساً ويجعله في اتجاه مناسب للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكلما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطاً ويحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة ينقل الآلة قليلاً قليلاً واتجاهها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظلوفة
في المخاريط وفاشئة عنها


وقد تكون جلب البراميل والمصارى المجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اى جهة


من الجهات وزادتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب
ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة .


ولنتكلم الآن على السطوح المكنفة التي يمكن صناعتها بثني بعض خطوط
توصل بها السطوح المراد جعلها مكنفة فنقول .

لنفرض خيطا غير قابل للامتداد يدب على محور اسطوانة او مخروط مستدير
او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوبه ربط مركز اى كرة
بهذا الخيط يكتفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح
الدوران ثم ثنى الخيط المذكور على حسب خط  فلا يكون السطح المكنف
لجميع الاكر على شكل اسطوانة ولا مخروطى ولا اى سطح دوران  كان
وانما يكون سطحاً مركباً من جملة دوائر وكل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر
والسطح المكنف .

ومتى انثنى محور الاسطوانة  كان السطح المكنف مصنوعاً من جملة دوائر
مساوية للدايرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبدأ الامر محاطة
بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى
الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور .

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكنفة يتكون اولا من انثناء
محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوني اسطوانى وثانياً من
غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوعة على هذا المحور

وكذلك القبو المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة  تكون غلafa للاكر
المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوني تكون درجه مساوية
لدرج السلم .

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا
البرم غلafa للمسافة المقطوعة  بالكرة التي مراكزها تابع للخط الحلزوني
المرسوم في وسط البت

ومن دود الخريرو غيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

أسطوانى ومفاصله تنكمش وتنسبط على حسب ارادته وعند ثنى هذه الهوام
يترأى ان جسد هالا يبق على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التى نحن بصدددها
واذا ثنى محور الاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الخلقى الذى تقدم ذكره فى الدرس الحادى عشر وذكرنا
مسططيه وكيفية رفعه

والسطوح المحيطة بكرة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهى انه اذا قطعت
اجزائها كل على حرته بسطح مستو عمودى على المنحنى الذى هو محل مراكز
الأكبر حدث عن ذلك شيئا ان احدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثانى ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للذكر
المقاساوية

واذا اريد تسير مقدار من الماء فى قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة فى جميع اتجاهه
بحيث لا يعترضها اختناق ولا توقف فى اى مكان كان وينبغى حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة مغلا فاللكرة التى نصف قطرها ثابت وينبغى ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجرى المياه على شكل منحنى او مضلع مسطوح ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغى لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التى يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

ويسند كفى الكلام على مراكز الثقل فى الجلد الثانى (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة فى تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التى
بيننا حدها قريبا وانما نذكر هنا طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال فى الفنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصصان وصانع الزجاج وه سانع القرفورى والخماس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اقلاما شيرا واسطوانات مسمطة او مجوفة ويجعلون لها انواع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يثنونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عاينه القاطعون المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدد الايزيمات والخلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات والبيات التي على شكل حلزوني والقصبات الملتفة لفاسمخنيا والانايب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كذبح الاعددة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القاطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة وهناك مدن يصنع فيها السمكة كرية والنحاسون الصقائح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويبقون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمكة مدينة ليون في هذا المعنى امهر من سمكة مدينة باريس

ثم ان مهندسي القناطر والجسور لهم في رسم الاجزى المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عودبة من جميع الجهات على سطح القناة وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها نفرض ان السطح المتحرك يتغير مقدارها بدون تغير شكله والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يحيط بها سطح الدوران المذكور على محسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحن هذا

المجور على حسب خط منحني اياما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الا انه يس ويحيط دائما كل كرة على حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بسطح المخروط الممتد وكلما ثني عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث عنه دائما غلاف بجملة من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له تشنات وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث جعلوا على شكله آلة المويسقي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير (شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة (شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جملة من آلات المويسقي كنفير الجيوش الخفيفة فان سطحها من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق تبقى هذا التناسق في جهة الطول التي يوجهها يندفع الهواء في الآلة وفي الجهة المعترفة التي يكون القطع فيها دائما مستديرا

وقد تستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جملة من السطوح لمعرفة جميع الطرق المستعملة عند صناعات آلات السابقة من قاسدها وتبديلها في الغالب بطرق أخرى اصح واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان المصنوع بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك ورونته مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جملة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحاً مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخر غلافاً للمساكات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فالتناضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمخروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المضافة المقطوعة هي المستوى المماس للمخروط وبتكرار هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافاً لجميع المستويات المماسية فاذا ن يتم جلاء البندقة

ولا جل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تدعيمها وتأمينها وتقليلها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يترمحوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجاً في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فبهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

وتصقل المرأة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكروية المستعملة عند صناعات آلات النظر في معمل آلاتهم

واذا مسح فجار السفن واصلح بدرومه جانب السفينة فانه يزيل كل ما ضرب به هذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافاً لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجزا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تتميز بالخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تخلو عن مدلول

ومتى التفت الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لمعرفة اوداوم على تذكارها بحيث لا يمكنه تركها واهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت إليها التفاتا كلياً فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضاً ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصوداً على مجرد ميل النفس وتوابعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جداً تكمل بها الصناعة ويمكن الاخبار بوفوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمداومة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا لذكر رؤوس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورشهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دائرتهم ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذا فرض اننا نسير على خط منحن ناظرين دائماً الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحنى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلى من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها .

واذا سرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما R و r كان R 14 و r 3 \times 2 هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان R 14 و r 3 \times 4 هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرة بتمامها وسرنا دائماً حول محيطها فان مقدار الدور يكون 360° فاذن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360}{R \times 14} : \frac{360}{r \times 2} \text{ او } :: \frac{1}{R} : \frac{1}{r}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الا صغرو نصف القطر الا كبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفى قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس * (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) *

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطرها ستة امتار وتكون ايضا اقل بنمائية ملايين من دائرة كعجلة عربية فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل به بالقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلان AB هو نصف قطر الارض وان CD (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه هـ تغيب عن عين الراصد المنتقل منها إلى نقطة ب
 فقي علمنا مسافة ب ث بمد نصف قطر ا ث د امكن معرفة قياس
 مسافة ث د فاذا كانت زاوية ا ب ث صغيرة جدا كالقوس
ب ث مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة ب
 على ا د وينتج هذا التناسب وهو

$$\frac{ا ب}{ب ث} = \frac{ب ث}{ث د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الأرض إلى مسافة ب ث التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة إلى ارتفاع ب ث د من الجبل
 وبناء على ذلك يكون ث د = $\frac{ب ث^2}{ا ب}$

ومتى عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع ث د
 الذي هو ارتفاع صار من صوارتي السفينة أو أي جزء منها عرفوا مسافة
ب ث التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا آنفا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس انحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس انحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المخترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط ا ا ا ز (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحناءه فالتناؤاخذ نقطة المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل ا و ا و ا دائرة ا ب ث التي يكون انحناءها
 كالانحناء خط ا ز المنحني في قوس ا ا ا الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في أي نقطة كانت ولنبين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كالانحناء الخط المنحني في سائر نقطها وانصاف اقطارها فنقول

كل دائرة مثل ا ب ث كان انحناءها في نقطة ا كالانحناء خط ا ز
 تسمى دائرة مماسة تقر يديعة من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $عود$ على محيط الدائرة في نقطة $أ$ وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة $أ$ و $أ'$ و $أ''$ ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $عود$ على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من نقط مختلفة كنقط $أ$ و $أ'$ و $أ''$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا $عود$ على منحنى $أ$ و $أ'$ واخذنا طولاً كطول $أ$ و لنصف قطر الانحناء في نقطة $أ$ وطولاً آخر كطول $أ'$ و لنصف قطر المنحنى في نقطة $أ$ وطولاً ثالثاً كطول $أ'$ و لنصف قطر الانحناء في نقطة $أ'$ وهكذا في ان تقط $أ$ و $أ'$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $و$ ينتج ان $وا = وأ'$ ولذلك ينتج ايضا ان $ووا = ووأ'$ وان $ووا = ووأ'$ وهم جوا

واذا ثبتنا في نقطة $أ$ التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشدنا هذا الخيط على حسب اتجاه $أ$ و على حسب المحيط المفروض بنقط $و$ و $و'$ و $و''$ الخ التي هي مراكز انحناء $أ$ ثم قربنا نقطة $أ$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $و$ و $و'$ وهم جوا فان جزء الخيط وهو $أ$ و يرسم قوس دائرة صغيرة مثل $أ$ يكون تمامه على منحنى $أ$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $و$ من خط $أ$ واوله من نقطة $أ'$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $أ$ صار منشدوا شدنا مستقيماً من $أ$ الى $و$ واذا قد مننا نقطة $أ'$ لتزمن $أ$ الى $أ'$ فان الخيط المنشود شدنا مستقيماً من $و$ يرسم قوس دائرة مثل $أ$ يكون مركزه نقطة $و$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $أ''$ من $أ$ الى $أ''$ فانها توسم قوس $أ$ يكون مركزه في نقطة $و$ وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جمل نقط شديدة القرب من بعضها كنقط $و$ و $و'$ و $و''$ الخ التي هي مراكز انحناء خط $أ$ فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى $أ$

رفعه وتنزله فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا افتيا مثل ث يس على وجه التماس مبيطة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح خ ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للآلة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من منبده الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون مماسه و ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيطة ه د التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيطة والمدق ارتفاعا يساوى و خ وبالجملة فياستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيطة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترفع المدق ثانيا

وفائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد تكلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسمى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط انتشاره وهو د ه ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناءه القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحناءه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون عمدا ومتواصلا امكن ان نرسم الخط المنتشر وهو د ه ف ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول ينثنى تارة على حسب د ه وتارة على حسب

هـ ف

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنا مع منتشر **د هـ ف** شكلا مضلعا اى عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان منحنى **ا ب ث** لا يرى فى سائر جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان فى خط **د هـ ف** ويكون للمحنى الذى خط انتشاره **ا ب ث** اتصالا كبيرا من المنحنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتنقص على التدرج ولو تعاقبت انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما فى رسم المنحنى المسمى باذن القفّة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦) فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فنقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة نقط منفردة قريبة من بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التى تستعمل فى الرسم وكالاتجاهات المعينة بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع اتصال غير ان الاتصال هنا يدلى عليه عدة نقط كما يرمز اليه بالارقام فى الجداول التى يعرف بها وضع حلة تقط لخط منحنى ومثال ذلك رسم قارين السفن ثانيا يمكن ان يرسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون اوتارا لهذا المنحنى مثل **ا ا ا** و **ا ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا مماسة مثل **ا ا ا** الخ (شكل ١٢) وفى هذه الصورة الثانية يكون فى تعاقب النقط اتصال لا يوجد فى الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه فى كل رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان يبدل الخط المنحنى بعدد قواسم ودوائر كقواسم **ا ا ا** و **ا ا ا** (شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى ابدل تلك الاقواس وبني هذه الصميرة يكون فى تعاقب النقط وفى اتجاهها اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال فى اتجاه الخط المنحنى وفى انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمار جبهة الضورة الجانبية من القبوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مسدات نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحرركاتها على نظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار وللضبط التام

ولابأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والانحناء من الخطوط التي بواسطتها يحددون ويعمرون شكل قارين السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزودة وبالجمله فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اتمامها ليكون رسم الانحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدرا لاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القارين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الرأي وسرعة التمييز

ولا يليق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القبطس منها ما يكون سحكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بجدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فشيا في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي ينقص انحناءه كذلك شيا فشيا من طرف الى آخر ثم تنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رصاص يسند على المسطرة المثنية على شكل خط منحن ولا جل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضاً ما يدرسم الصورة الكبيرة الشبيهة بالصورتين
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجريبات وهي محيط القارين المنتصب بقطع
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او القماش كقطع ح

و ب ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقطة معلومة آلة يسمونها
طبخية لانها على شكلها المرموز له بهذه الاحرف وهي ا ب ث د ه
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلاً مجرداً عن الزوايا يكون انحناءه
متوالياً بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم تتكلم الا على انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحناء المقرد ولكن هنالك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والخاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المقرد فلا مانع
ان تأخذ دائماً النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثاً ثلاثاً ثم تمر يد دائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى
المماسية التقريبية لساكن امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية
يمكن لأرباب الفنون أن يرسموا باجتماع عدة اقواس دوائر متعادلة على
وجه التماس ساكن الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ رأسا ولا تكثر مدخلتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه ليرادها

واما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه في عمليات الصناعة

*** (بيان انحناء الكرة) ***

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان نأخذ على الكرة نقطة ما كنقطة A (شكل ١٦) ونعده من نقطة O والمعتبرة مركزا نصف قطر OA و فيكون نصف القطر المذكور قياسا لانحناء في نقطة A لسائر القطاعات الحادثة في الكرة عن مستو يشتمل على نصف قطر OA ويكون ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في سائر جهات السطح وفي جميع نقطه فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستو مشتمل على نصف القطر المذكور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي تكتنفها تلك الاسطوانة او تماسها بحسب محيط قاعدتها واما بالنظر لضلعاها وهو AB (شكل ١٧) فلا انحناء لها باصلا بحيث اذا سئل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر لضلعاها يجاب بانه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم للمستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه لا انحناء فيه

وبالجملة فباقي الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة نصف قطر OA من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار ا و و أ و و أ و الخ
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع ا ا الخ ب
من السطوح المخروطية والاسطوانية

وايست السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا نظرت الى السطح المعوج
من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى
الجهة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه
متجهاً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة د التي على بعد واحد من نقطة

م و ح اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فمن هنا ظهر ان السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع

ففي النوع الاول يكون اتجاه انحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اي سطح كان
متجهاً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة
والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الا جهة واحدة انحناءها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة
والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح
المذكور فإنه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء
من مركز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظواهر الجسم البشري على اختلاف شكل
اجزائه فمن النوع الاول اشكال الاطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فهي اجزاء لا انحناء له في احدى جهاته فهو من النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والابطال وما اشبهها وكذلك مربوط الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانحناءين المتجهين في جهات متقابلة .

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يترنهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انحناء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فيقدر اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلموا في ذلك مسلك الضبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتعجب الخاطر والافرت منها نفوسهم واستبشعوها

وانحناء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه ان يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبينا لما استقر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطأين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او منحنيا انحناء شديدا ومحدبا لتحديدا مفرطا لتكون الاشكال التشرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأنق والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخالو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت او وقية فاما الاولى فينشأ عنها في انحناء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمانا طويلا وتدرج دقاتها بدوام البحث ومزيد التأمل وذلك كهيات الوجه وسيماء واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين او غير بين فلذا كانت معرفته من اهم الامور في ممارسة

الفنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهناك ميث آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لا بأس بإيراده فنقول انه زيادة على ما في الفحشاء أي الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جاجم بعض افراد من بين آدم تنحيات وانحناءات متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتحديق او كثيرة تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة هذا الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته

وقد يسهل على من اطلع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزل والاحتقار الا ان الفطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالافراط في الذم او المدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شيء ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المقروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكتفي وجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قليلة وكثرة في شكل الجهاجم لتصير دراسة اختلافات المنحيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فكريا عاقل

وللأجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او مغمضية تجعلها قابلة للحركة قليلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشرح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكوثر لاشياء الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل

وكما ان هذا البحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود نفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو الغنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك فيها على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسندتها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلا منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ
المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل المنانم الالومترية باختلال اصلا مع دوام
استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل الحجار الطواحين فانه يلحقه الاختلال
في امره وقت فن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت
الحجار ونقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة
لا تساوي الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء
بياريس اشتغل بصناعة آلات للجرش والمضغ لجعلها على صورة اضراس
الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه
لا يكمل الحرش

فاذن تقتضى الصناعة نفسها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون
في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحنائهم او وظائفها
ولنتقل الان من الكلام على هذه المحفوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث
انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي الى علم الحيوانات الى الكلام
على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتنوعها
فتقول

يمكن ان نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي
على سطحه (شكل ٢٠) في α β γ δ وهذا القطع الناقص
من مبداء نقطة α يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي
لمستوى $\alpha\beta$ المماس للسطح المذكور في نقطة β والجماور لمستوى
 $\gamma\delta$ وحيث ان $\alpha\beta$ و $\gamma\delta$ هي المسافة بين نقطة α والمستوى القاطع
وهو $\alpha\beta$ فانه اذا مررنا من نقطة α بجملة دوائر مررها
موضوعة على خط $\alpha\beta$ والعمودي وكذلك من محيط القطع الناقص
حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح
بمستويات الدوائر المذكورة

ويمتاز صغر هذه الدوائر برأسي $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ من المحور الصغير من القطع الناقص ويمتاز كبرها برأسي $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررات الدوائر الواقعة على مستوي واحد ما يعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ الذي في (شكل ٢٠) فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحناؤها على اتجاه واحد يكون اتجاه الانحناء الاكبر هو $\overline{ا ب}$ عموديا على اتجاه الانحناء الاصغر وهو $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحناؤها في جهة واحدة من كل نقطة عمودا على اتجاه الانحناء الاصغر وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية التقريبية المارة بالمحيط المذكور يعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ تكون ايضا تماثلية بالنسبة لمحوري $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب د}$ اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح وهي الانحناءات الإلحظة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء الاكبر موضوعة بالتماثل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك بالانتقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوي الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتماثل بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب البكرة التي انحناؤها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على القرب من مستوى $\overline{م ن}$ المماس في نقطة $\overline{ح}$ للثقب المذكور ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبشرين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محدبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذمتان مشتركين بين النوعين الآخرين
وحينئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة مبينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاع قائمة
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحاور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر
تتحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان نضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم نرسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراجات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحناءين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن المقرر ان دوائر انصاف النهار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الاجزاء حيث قال اذا اريد تحت قبوات منحنية الشكل فان تلك
القبوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول ونشكله بالشكل الذي يتناسب سطح
القبوة تعمل الواجهة المسماة بالالتحامات التي على حسيها تلتصق اجزاء العقد
بعضها ويوجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطا محكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعهما في غاية
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحني القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
اللتحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبوة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهى بصلع
منفرج حجر العقد المنتهى بصلع حاد ويقتنه اذا كان الضغط قويا او يفلقه
ويكسر ما اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل
الالتحامات مستوية او منتشرة قاعا اختيار هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او المقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف فرحمتها

له محيط مضبوط يلايم وجه الالتحام ويكفي تنبيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عموديا على القبوة بواسطة المسطرة المثلثية ام لا

وحيث ان الامر ينسحب على السابقين يستلزم ان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزم كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التمام

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوانية (شكل ٢٤) فانا ننتخب التماماتها فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي هي بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر وننتخب في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام المادئة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة هي سطوح مستوية تتقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالابواب والشبابيك الواسعة وطاقات المدفع المقبية مثل طاقات الحفر الارضية وغير ذلك فانا نجعل خطوط التمامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبوة مثلا فانا نرسم على القبوة المذكورة طبقة منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحام المنتصبة لاجزاء العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية لشكال مخروطية وهي التمامات الجهة الاقمية وتكون تلك الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمعاريط

والى هنا تم ما اوردته للمؤلف من تطبيق السهل المفيد اصلا وفرعا
فلا شك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية مبحث انحناء السطوح وخواصها
الاصلية فى الفنون والصنائع فمدخلية فيها وكذلك الفنون المستظرفة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه يتنوع الضوء والظلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع المبينة والمحيطات الظاهرية التى تخصص صور الاجسام
بخواصها ونستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متمازة ولا خط كذلك بانوار
الظل والضوء بيئة كانت او غير بيئة على تمييز صور الاجسام وجنسها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

ولست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاجل حاجتهم او لمجرد التزاهة
ولنبين كيفية الوقوف على انحناء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط انفصال الظل من الضوء وهو **ل ل ل** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو **ل ل ل ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اهل استهلاله كما فى (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كما فى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الاخر
مظلا ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لا يرى الراصد له نورا فاذا لم نعتبر
الا الجزء المنير وهو **ل ل ل ب** فلا مرجح لنسبته للكرة دون السطح
الممتد والمفروض طر في جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضيء وهذه النقطة هي التي ينعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مده خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فيثبت يكون اولا كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوي واحد كالعمود المذكور وثانيا يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثرت شيت النور واخذ في التناقص وصار السطح قليل النور .

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و جملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكتفي ان نلقونها بعدة الوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فيثبت يلوّن مع الضبط التام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير .

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح المثلزونية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها بها القدرة الالهية تتناقض تناقضا متواليا على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف شكلها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

مستووعة الاترى النحاس والسمكرى وصانع المكاييل فانهم يعرفون مع غاية السهولة هل سطوحهم اواجزاؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او نحو ذلك اولا بخلاف غيرها فها رتبهم فيه دون ذلك

وكذلك خراطوا الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والفرقورى وغيرهم ممن يصنع دأتما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهله بدون مسهل سطوحهم اوجزء منها من عطف الدوران اولا وهل بعض اجزائها ممتدا ومفرطح بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جية فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من اللسطوح الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فمن المهم ان تعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة في تقدم الصناعة والفنون المستغرفة وسبب الكلام على ذلك بملاحظات ومباحث وسفسر ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التى بها تقس دأثرة الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث فى الكلام على القوى المحركة)

وينبغى للنقاشين ان يتعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر فى كل جزء من السطح الذى يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر ليتيسر لهم العلامة العامة الدالة على السطوح التى يفرضونها او يتقلون صورتها فبدلك تكون اشغالهم صحيحة مضبوطة

وينبغى كذلك للمصور الذى يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على سطوح ليس لها الابدان أن يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

اكمل سطح كي يتيسر له أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البوية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون ضاعته على اتم الوجوه واكمل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصوف * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يده معتر به الفقير الى الله تعالى المنان * عيسوي افندي زهران *
وكانت مقابله على اصله * وتصحيح صعبه وسهله * وافراغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطالب * بمعرفة الفقير الى مولاه القوى * محمد قطة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيومي افندي رئيس قلم هندسة فهو العارف باصطلاحاته * الخبير برموزه
واشاراته * وبانفاس ذي الفهم الثاقب * والرأى الصائب * حضرة رفاعة
افندي * حفظه المعيد المبدي * اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعل الله خالص الوجهه الكريم * ونفع به النفع
العميم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن يده يحسب ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدقة ينعه * بدار الطباعة العامرة * الكائنة في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مراقى الفلاح * صاعدة الى اوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفائقة في جميع العلوم * والافهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالوارادهم بيك مديريون المدارس * لا برحت بانفاسه مطلع بالشعوس
النقائس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جادى الاولى (سنة ١٢٦١هـ)

سيتين ومائتين بعد الالف * من هجرة من خلقه الله على اكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

موكرم وعظم

تم

هو الجزء الثاني من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق
الهندسة على الفنون * أبرزه من القرن ساوية الى العربية
راجي رجة المعيد المبدى * الفقير لمولاه السيد
صالح افندى * غفر الله ذنوبه وستر
في الدارين عيوبه
امين

فهرسة الجزء الثانى من كتاب كشف رموز السر المصون
فى تطبيق الهندسة على الفنون

صنيفه

٢	بيان ميكانيكا الحرف والصنائع والفنون المستخرقة
٢	الدرس الاول فى ذكر مجموع الاقيسة المستعملة فى الفنون الميكانيكية
٣	على العموم
٣	بيان الاقيسة الهندسية
٣	بيان اقيسة الطول
٧	بيان
٨	بيان
٨	بيان
٩	بيان
	الدرس
	ن التحرك الاولى
٢١	وتطبيقها على الآلات
٢٤	بيان قوانين التحرك الاولى
٢٥	بيان التوازن
٣٦	بيان التناقل
٤٢	الدرس الثالث فى بيان القوى المتوازية
	الدرس الرابع فى بيان مراكز ثقل الآلات ومحصولات الصناعة وفى كية
٥٨	القوى
٦٤	بيان مركز ثقل السطوح
٦٤	بيان مركز ثقل المثلث
٦٥	بيان مركز ثقل ذى اربعة الاضلاع
٦٧	بيان مقادير القوى المتوازية
٨٢	بيان استعمال مراكز الثقل لاجل تحصيل حجم بعض الاجسام

	الدرس الخامس في بيان ما بقى من قوانين التحرك
	الدرس السادس في بيان آلات البسيطة وهي الحبال والقناطر
	المعلقة وعدد خيول العربات وأدوات السفن ولوازمها وما شبه ذلك
١٠٣	بيان الحبال
١٠٣	بيان الكبش (أى الشامردان) وهو الآلة المعدة لدق الخوابير
١٠٦	بيان القناطر المعلقة
١١٩	الدرس السابع في بيان ما بقى من الحبال وفي التحركات المستديرة
	للحبال والقضبان والعجلات والطيارات وفي مقادير الانحراف
١٢٦	وفي البندولات
١٤٧	بيان البندول
١٥٧	بيان معادل الآلات البخارية
١٥٨	الدرس الثامن في بيان الرافعة
١٦٦	بيان الرافعة التى من النوع الأول
١٧٢	بيان الرافعة التى من النوع الثانى
١٧٢	بيان الرافعة التى من النوع الثالث
١٧٥	الدرس التاسع في بيان البكرات والملفات
١٨٠	بيان البكر المتحرك
١٨٩	بيان التناقل فى البكرات
١٩٨	الدرس العاشر فى بيان المتجنون والطارات المضرسة
٢٠٣	بيان تأثيرات التناقل فى المتجنون
	الدرس الحادى عشر فى بيان التوازن على المستويات الثابتة
٢١٩	والمستويات المائلة وسكك الحديد التى مستوياتها مائلة
٢٣٨	بيان المستويات المائلة

٢٤٤	الدرس الثاني عشر في بيان البريمة والالتواء والحبال والخابور
٢٥٢	وسائر الآلات التي من هذا القبيل
٢٥٤	بيان التواء الحبال
٢٦٥	بيان الخابور
٢٨٦	الدرس الثالث عشر في بيان ما يقع في الآلات من الاحتكاك
٣٠٧	الدرس الرابع عشر في بيان الضغط والشد والمرونة على العموم
	الدرس الخامس عشر في بيان اصطدام الاجسام

بيان ما وقع من الخطا والصواب في الجزء الثاني من كتاب كشف رموز
السرا المصون في تطبيق الهندسة على الفنون .

خطا	صواب	صحيفه	سطر
اقيسة الاتساع	المكايل	٨	١
اوالاتساع	اوالمكايل	٨	٢
اقيسة السعة	المكايل	١٣	١٤
ومواد التجارة	وآلات التجارة	١٣	٢٣
عتتها	اعتتها	١٣	٢٤
وا	وا	٣٣	١٧
ا	ا	٣٣	١٨
ا	ا	٣٣	١٩
ا	ا	٣٣	٢٤
كمية القوى	مقادير القوى	٥٨	١٣
متألفا	متألف	٦٠	١٠
ع	غ	٧٢	١٣
جلا فظة	صناع	٧٣	٧
ع	غ	٧٥	٣
ع	غ	٧٥	٩
ع	غ	٧٥	١١
ص	ض	٨١	٦
ص	ض	٨١	٧
عند مركز	عن مركز	٨١	١٠
م ص	م ض	٩٨	١٥
و ح ح	و ح ح	٩٨	١٧
اذا انزلنا	اذا انزلنا	٩٩	٥

خطا	صواب	صحيفه	سطر
اي المتجنيق	اي المتجنون (وهكذا كلما جاء في هذا الجزء متجنيق فصوابه متجنون)	١٠٣	١٢
بالنظرب	بالنظويات	١٠٣	١٨
ث ص ز ص	ث ص ز ص	١٠٨	٥
اسه	احه	١٠٩	١٤
ف ص	ف ض	١٣٥	١٦
و غ م	و غ م	١٣٨	١٦
فتكون م التي هي كية التحرك	فتكون كية تحرك م	١٤٢	٢
من نقطة ل	من نقطة د	١٦٤	٢١
على لسان	على جالة	١٦٦	١٩ و ٢٠
لقوة س	لقوة سه	١٧١	٢١
وهور	وهول	١٧٤	٩
ل	ل	١٧٤	١٨
س ل	س ل	١٧٤	١٩
خ خ	خ خ	١٧٨	٢
ح ل	ح ل	١٨٤	٤
ل ح	ل ح	١٨٥	٩
(ث +)	(ث +)	٢٠٢	٩
ونقطة	ونقط	٢٠٤	١٢
من ثقل	من مركز ثقل	٢٠٤	٢٣
مركبة	مركبة (شكل ٤)	٢٠٥	٢٠

	خطا	صواب	صحيفة	سطر
	العيار	العيار(شكل ٦)	٢٠٦	١٦ .
	يجبره	ويجبره	٢١١	: ٣
	كالقرص	كالدولاب	٢١٤ .	١٥ و ٨ و ٦
	أبـ أبـ	أبـ أبـ	٢١٥	٤
	= ز	= ز	٢١٥	١٦
	x ز	x ز	٢١٥	١٧
	ح ع	ح غ	٢٢٢	٦
	وذوات	وذات	٢٢٣	٢٥
	م ب	من	٢٢٥	١٣
	الرياح الطيبة	المصاريف	٢٣٥	٢
	طاقات	جالات	٢٣٦	٨
	ف =	ف =	٢٥١	١٧
	ح	خ	٢٥٧	١٩
	من اطرافيهما	من اطرافيهما	٢٦٧	٦
	استبدلوا	فاستبدلوا	٢٦٨	٢٣
	رمانة القبان	القبان	٢٧٣	٢٢
	٧ : ٢٠٠٠٠	٧ : ٢٠٠٠٠		
	.	١٤٢ :	٢٧٤	١٥
	١٠٠ : ٦ و ٩ الخ	١٠٠٠ : ١٦ الخ	٢٨٤	٧ و ٦
	فكي الكاشة	فكي المتجنة	٢٨٨	١٤



(بيان ميكانيكا الحرف والصنائع والفنون المستظرفة)

(الدرس الاول)

(في ذكر مجموع الاقيسة المستعملة في الفنون الميكانيكية على العموم)

اعلم ان خواص الاجسام المادية قابلة للقياس وبقياسها يحدث في علم الحساب طريقة تقويم النسب الموجودة بين الخواص المتماثلة والدرجات المتنوعة من كل خاصية

ثم ان البحث عن طرق تحصيل قياس هذه الخواص من موضوعات علم الطبيعة الاصلية وكلما ظهر فرع جديد من هذا العلم يلزم ايجاد اقيسة للنسب الجديدة التي تظهر منه وكل من هذه الاقيسة يوصل عادة الى معارف لا يمكن اكتسابها بدون العلم المذكور

إنقتصر الآن على معرفة الاقيسة التي لا بد منها في علم الميكانيكا واما الاقيسة
لاصلية التي لا فائدة لها الا في بعض فروع من هذا العلم وفي بعض فنون فسنبينها
مرتبة عند الكلام على المواد الاصلية المتعلقة بها

*(بيان الاقيسة الهندسية) *

طلق الاقيسة الهندسية على اقيسة الامتداد وهي المسافات والسطوح
والججوم وتستعمل تلك الاقيسة في علم الميكانيكا لاجل قياس المسافات
لمشغولة والمقطوعة بالنقط والخطوط والسطوح والاجسام

*(بيان اقيسة الطول) *

تفقوا على انه يمكن اخذ جزء من خط مستقيم كثيرا لامتداد او قليلا وجعله
وحدة للطول وانه يمكن ايضا تغيير هذه الوحدة على حسب الازمعة والامكنة
والاحتياجات والاحوال ومن ثم ترى الفرنسية والبنساونية والايطاليين
والانكليز واغلب الملل يستعملون لقياس الاطوال وحدة مختلفة بل ترى
في الغالب الامة الواحدة تستعمل في آفاقها المتسعة اقيسة للطول غير متماثلة
بالكلية

ومثل هذا الاختلاف ينشأ عنه خطأ كبير في عمليات الفنون والتجارة وما به
مخالطة الاهالي وارتباط بعضهم ببعض وبواسطته يلزم معرفة نسبة الاحاد
المتضادة المعدة لقياس الاشياء المتجانسة معرفة صحيحة تامة فاذا اردنا عمل
ما يلزم من الحسابات للاشغال الميكانيكية والنقل والبيع والشراء يلزم
تحويل الارقام لاجل معرفة المقدار الحقيقي للابعاده والاسعار .

وبقطع النظر عما يترتب على هذا التحويل من ضياع الزمن يوجد في وسائط
التحويل المذكورة نقص بين يغش به من ليس معه زمن كاف ولا قدرة له
على فهم مثل تلك الحسابات المشككة التي لم تزل آخذة في الزيادة فاذن يجب
على كل مملكة أن لاتستعمل في جميع اراضيها الانوعا واحدا من الاقيسة

واذا امعنت النظر رأيت ايضا انه يلزم ذلك لجميع الناس لاسيما الامة المتقدمة تطورا
لخاطائهم الاهلية

والثانية تساوى ديكامترا

والثالثة تساوى دسمترا

والرابعة تساوى ملترا

فعلى ذلك ليست جميع الاقيسة المستعملة في طرق فرانسا وسككها
وفي الاشغال الهيئة الانوعا واحدا من ابتداء ملتر بسيط الى الدورة الكاملة
من الارض كما سبق موضحا في الدرس الثالث من الهندسة الذي تكلمنا فيه
على الدائرة

وبذلك يظهر لك ما يترتب على هذه المطابقات العظيمة من مزيد الاختصار
في كثير من عمليات الملاحة و الطبوغرافيا اي رسم الارض او الجغرافيا
المزوجة بارصاد فلكية

واعظم فوائد طريقة الاقيسة الجديدة هي سهولة جميع عمليات الحساب
على ممارسها اذ بها يمكنه ان يصنع اي طول من الميريامتر او الكيلومتر او من
الاكتومتر او الديكامتر او المتر على وجه بحيث يضع من الشمال
الى اليمين جميع تلك الاعداد يعقبها عقب بعض كالاتحاد والعشرات والمئات
من عدد واحد

فعلى ذلك اذا كانت هذه الاسماء الماخوذة من اللغة اليونانية تشوش الذهن
ويعسر حفظها وتعليقها فانه يمكن عدم الالتفات اليها بانكليزية وراحة
الذهن منها وترك التلفظ بها والاتيان بدلها بعشرات المتر ومئاته وهلم جرا
لان ذلك لا يغير شيئا من الطريقة السابقة

ثم ان كسور المتر وهي الدسمتر والسنتيمتر والميلتر الخ تكتب كالكسور
الاعشارية على عيين الامتار ويجري عملياتها مع السهولة كعمليات الاعداد
الصحيحة (الا انه يوضع بينها وبين الصحيحة شرطة تفصلها عنها مثلا ٤ ر ٥
يعني خمسة امتار واربعة اعشار من متر)

ومن المعلوم ان كثيرا من الناس استعملوا غير مرة الاقيسة القديمة ولم يرالوا

يستعملونها

يستعملونها الى الآن مع انهم يعرفون ان تقسيم هذه الطريقة الخالي عن
الانتظام يشوش الذهن ويوقع الانسان في الحيرة والسآمة وهو مع ذلك
عرضة للوقوع في الخطا فان التوازن الذي قدره ستة اقدام والقدم الذي
قدره اثنا عشر قيراطا والقيراط الذي قدره اثنا عشر خطا والخط الذي قدره
اثنا عشر نقطة يتكون منها تقسيمات ثنوية لا تطابق بالكلية ترتيب اعداد
الحسابات الاعشارية وهذه التقسيمات الثنوية المعروفة بالاجزاء الضلعية
تستدعي عمليات صعبة يفزع منها الاطفال لصعوبتها وكانت تستغرق
في تعليمها عدة سنوات لتكاسل مدرسيها بخلافها الآن فانه يمكن تعليمها
للاطفال من ابتدآء صغرهم في قليل من الزمن بحيث يمكنهم تطبيقها
على الاقيسة الجديدة

وفوائد هذه الطريقة الجديدة توجد بعينها في انواع الاقيسة التي سنذكرها
وقد كان يظهر ان هذه الطريقة يجب أن تنشر وتستعمل عند جميع الامم
او عند الامة الفرنسية خاصة لما انها تعتبرها كالآثار المالية الا ان الاوهام
الفاسدة وما يعرض من الصعوبات الوقتية منعت من ذلك مدة مديدة
ثم ان المتر اصل لما عدها من اقيسة الطول الاخرى كما سبقت الاشارة اليه
وهو ايضا اصل لسائر اقيسة السطوح والججوم والاتقال وغير ذلك

*(بيان اقيسة السطوح) *

اعلم ان الوحدة الاصلية لهذه الاقيسة هي المتر المربع
والآر هو المربع الذي طوله عشرة امتار وعرضه كذلك فهو كناية عن عشرة
صفوف مركبة من عشرة امتار مربعة او مائة متر مربع (كما هو مقرر
في الدرس الرابع من الهندسة)

والاكتار هو المربع الذي طوله عشرة آرات وعرضه كذلك فهو عبارة
عن عشرة صفوف مركبة من عشرة آرات مربعة او مائة آر مربع ويستعمله
الفرنساوية بدلا عن الفدان القديم كما انهم يستعملون الارعوض عن القصبة
القديمة

* (بيان اقيسة الاتساع) *

المتر المكعب المسمى بالاستير هو وحدة الحجم والاتساع
فال مكعب الذي يبلغ دستيرا واحدا من جميع جهاته اى الذى قدره دستير مكعب
هو جزء من الف من المتر المكعب

ولاجل سهولة عمليات التجارة والفنون الميكانيكية صنعوا وانى يبلغ داخلها
دستيرا مكعبا وسموها لترا واستعملوها فى قياس الموائع والجوامد من
حبوب و تراب وغيرهما

واما الاكتولتر فهو وعاء اكبر من اللتر مائة مرة او يحتوى على
مائة لتر والاكتومتر هو قياس مائة متر

وبالنظر الى الكميات الصغيرة ينقسم اللتر الى عشرة دسلترات او الى مائة
سنتلتر او الف مليلتر الخ كما ان المتر يحتوى على عشرة دستترات او مائة
سنتتر او الف مللتر

ثم ان ما يوجد من المشابهة التامة بين هذه التقسيمات الثانوية للاقيسة المتنوعة
واسماءها مقبول وملائم لما يقتضيه العقل و به يسهل على كل انسان تذكر هذه
الاسماء بدلولالاتها

ولامانع من تسمية الاقيسة الثلاثة التى بينها قريبا بالاقيسة الهندسية حيث
انها تكفى فى قياس جميع ما تبحث عنه الهندسة المحضة غير انه يلزم ان يضم اليها
اقيسة اخرى تحتاجها العلوم والفنون الميكانيكية

* (بيان اقيسة الميكانيكا وهى الاتقال) *

لجميع اجسام الارض ميل الى القرب من مركزها فلولا المانع لقربت منه
بان تسقط عليه ثم ان الثقل هو القوة الكلية التى يعيل بها الجسم الساكن الى
السقوط على وجه الارض

فعلى هذا يكون للجسمين ثقل واحد اذا كانت قوتهم التى يميلان بها الى السقوط
جهة مركز الارض متساوية

ويمكن مماثلة ثقل الاجسام وتقويمه بواسطة الالات التى سياتى بيانها وبواسطة
تلك الالات يعرف هل للجسمين ثقل واحد ام لا

فالغرام هو وحدة القياس الذي ينسب اليه ثقل جميع الاجسام
والديكغرام هو ١٠ غرامات
والاكتوغرام هو ١٠٠ غرام
والكيلوغرام هو ١٠٠٠ غرام
والمرياغرام هو ١٠٠٠٠ غرام
وهذه الاسماء من قبيل الكلمات المركبة الاصطلاحية المستعملة في الاقيسة
العظيمة كالمترو والترول وغيرهما فان كلا منهما مركب
ويستعمل الكيلوغرام في وزن الاجسام التي يكون ثقلها مماثلا لثقل الاشياء
التي يمكن استعمالها بسهولة والقنطار المترى هو ١٠٠ كيلوغرام
وما يعرف عند الملاحين بالتنو (اي البرميل) هو ١٠٠٠ كيلوغرام
واما الغرام وتقسيماته الثانوية فيستعمل في وزن الاشياء الصغيرة كمواد
الصياغة والكيميا والاجزائاته وغير ذلك وينقسم الى عشرة دسغرامات
ومائة سنتغرام واللف ملغرام
ولاجل تطبيق صنج الاتقال على اقيسة الابعاد جعلوا مقدار الكيلوغرام
ثقل دسمر واحد مكعب او لتر من المياه الصافية الاثمة الى كثافتها العظمى
بواسطة هبوط درجة حرارتها على وجه لائق
فعلى ذلك اذا كان لا يوجد في سائر بقاع الارض الا متر واحد او لتر
واحد او استير واحد او كيلوغرام واحد فانه يمكن ايجاد جميع انواع
الاقيسة الاخرى مع غاية الضبط والسهولة
والقياس المستعمل في الفنون الذي لا ينبغي اهماله هو النقود
فوحدة النقود هي الفرنك وهو يتقسم الى عشرة اجزاء تسمى دسما والى
مائة جزء تسمى شنتيما والى الف جزء تسمى ملزيما وكل خمسة فرنكات
تساوي رايالا فرنساويا يسمى شنكو وكل ثقل اربعين من الشنكو يساوي
كيلوغراما واحدا وهذا هو الرابطة بين اقيسة النقود والاقيسة الجديدة
(بيان قياس القوى في الميكانيكا بالنقود)

كما ان النقود تسد مسد المقادير كذلك تسد مسد قياس القوى المستعملة
في اشغال الفنون

وقد قال المهندس مونتغولفيير الشهير اني لا اعرف من القوى الا القوة
المستعملة بالاجرة فقد جعل النقود قياسا للقوة المستعملة في تحصيل
اي شئ كان

مثال ذلك رجل له درجة ما من القوة واستعملها في نقل اي ثقل الى مسافة
تباع مترا واعطى له في نظير ذلك فرنك واحد و آخر اقوى منه واشتغل قبله
زمننا طويلا او كان اسرع منه سيرا نقل ضعف الثقل المتقدم الى تلك المسافة
بعينها واعطى له في نظير ذلك فرنكان فهذان الفرنكان يدلان على ان هذه
القوة ضعف للمتقدمة فهذا هو كيفية استعمال النقود قياسا للقوة

فاذا فرضنا الان ان ثلثا ثقل بواسطة آلة ما كالنقلة والعربة الصغيرة
والجرارة الثقيل المتقدم ثلاث جرات بدون ان يصرف من القوة اكبر من التي
استعملها الرجل الاول الذي اخذ فرنكا واحدا في نظير نقل هذا الثقل مرة
واحدة الى المسافة المذكورة فان هذا الرجل النقال الذي استعمل الآلة
ياخذ ثلاثة فرنكات مع احتمال انه استعمل قوة دون التي استعملها الاول
الذي اخذ فرنكا واحدا فعلى ذلك لاجل أن تكون النتيجة واحدة ينبغي
أن يصرف احدهما قوة ~~تكون~~ اكبر من القوة التي صرفها الآخر
ثلاث مرات

وعلى ما ذهب اليه المهندس مونتغولفيير يلزم أن تكون اجرة الرجلين
المتقدمين واحدة حيث انهما احدهما عين النتيجة المتقدمة وأديا من القوة
مقدارا واحدا وان كان احدهما صرف قوة اكبر من التي صرفها الآخر
ثلاث مرات

هذا والذي يجب على الميكانيكي أن يتصدى اليه من المسائل هو تحقيق جميع
الحركات والانتقالات واشغال الفنون بحيث اذا اريد تحصيل نتيجة مفروضة
لا يستعمل في ذلك من القوة الممكنة الا كمية قليلة فبناء على ذلك يحصل

بواسطة كمية معلومة من القوى اليدوية مبلغ عظيم وهو اجرة النتيجة المطلوبة
فهذه هي المسئلة التي الغرض الاصلى من ميكانيكا الفنون حلها
ثم ان القوة لا تظهر بمجرد التعادل والتوازن المتحصل بواسطة الاتقال
التي بها تقاس هذه القوة بل تظهر بالحركات التي يلزم قياس مدتها
وانما لم اتعرض الآن الى تعريف الزمن والمدة لان تعريفى اياهما لا يتضح به
ما يتصوره كل انسان

وتستعمل الاجسام التي تقطع مسافات متساوية في ازمنة متساوية قياسا
للمدة غيرانه ربما استحال وجود مثل هذه الاجسام في الطبيعة ولا يمكن
قد شاهد الراصدون ان الشمس ترجع بالنسبة لكل من نقط الارض الى
مستور رأسي عند انتصاف الليل والنهار (والمستوى الرأسي هو المستوى
الجانبى المتجه من الشمال الى الجنوب) وقسموا هذا الزمن الى اثني عشر جزءاً
وسموا بالساعات وقسموا الساعة الى ستين دقيقة والدقيقة الى ستين ثانية
وهلم جرا

وهذا القياس كاف بالنسبة لما تدعو اليه الحاجة عادة في الحياة الاهلية
والامور المنزلية بخلاف ما تدعو اليه حاجة العلوم المضبوطة كعلمى الفلك
والجغرافيا وكذلك ما تدعو اليه حاجة بعض الفنون كفن الملاحة فانه غير كاف
لكون ايام السنة ليست مساوية لبعضها

فيجعل الفلكي وحدة قياسه الطول المتوسط من جميع ايام السنة ثم يقسم
هذه الايام الفلكية تقسيماً ثانوياً الى ساعات ودقائق وثوان وغير ذلك والزمن
الذى يعرف بواسطة هذه الاقيسة الاخيرة يسمى بالزمن المتوسط

ولما ظهرت الطريقة الجديدة المتعلقة بالاتقال والاقيسة اختاروا التقسيم
السنة طريقة مصر وآثينا التي هي نزلة من نزل المصريين قسموا السنة
الى اثني عشر شهراً والشهر الى ثلاثة اجزاء كل منها عشرة ايام وزادوا في كل سنة
خمس ايام على ٣٦٠ يوماً الحاصلة من ضرب ٣٦ في عشرة وزادوا
كذلك في كل اربع سنين يوماً سادساً مكملاً لا ايام السنة الرابعة فتكون السنة

على ذلك ٣٦٦ يوما وهي المسماة بالسنة الكبيسة فكانت هذه الطريقة ارجح مما تقرّر في زيج غرغوار من التقويم المخالف الغريب الناشئ من الاثنى عشر شهرا التي منها ماهو ٢٨ يوما ومنها ماهو ٢٩ ومنها ماهو ٣٠ ومنها ماهو ٣١ ومجموعها على ما في الزيج المذكور ٥٢ اسبوعا الا ان جميع النصارى يميلون الى تقسيم السنة بالاسبوع وايام البطالة والشغل المتعاقبة مع ان ذلك مخالف لقانون العبادة حيث انهم كانوا يجعلون رؤس العشرات للدعة والبطالة واشهر المواسم الدينية وعلى ما تقدم ينبغي ابقاء الايام على ما كانت عليه سابقا ولا يلزم استعمال تقسيمها بالعشرات الا في التجارة والحسابات العامة وحيث قد فليس هنالك ما يمنع تلك الطريقة الاموانع قليلة ولم يحفظ من تقسيم اليوم الى عشر ساعات والساعة الى مائة دقيقة والدقيقة الى مائة ثانية الا تقسيم العشرات والاثنى عشر شهرا المتساوية وشم موانع كثيرة منعت من شمول هذا الحكم للاجزاء الاخرى من مجموع الانتقال والاقيسة ولاجل جعل الموانع التي تمنع من اختيار هذه الطريقة على منوال الحسابات يلزم أن نبين خطاء المديرين الذين يحملون الناس على اختيار الطريقة المذكورة بمحض القوة والا كراه فتقول انهم كانوا دائما يخشون أن تذهب من بين ايديهم حكومتهم المضطربة التي لاثبات لها فبادروا قبل كل شيء باجراء ما ينبغي عمله مع السهولة ومن العمليات الاولى تجديد سبك جميع النقود التي وحدتها القرنك الطورى القديم واما النقود الجديدة فوحدتها القرنك الجديد وقد مكثوا اكثر من خمس عشرة سنة في تجديد سبك نقود الفضة ولم يكمل الى الآن واما نقود الذهب فانها لم تبلغ الحد المطلوب الى ذلك الوقت وقد اخطأ مبتدعو طريقة الاقيسة الجديدة خطأ فاحشا حيث ابطلوا عموم استعمالها قبل أن يجددوا عددا كافيا من انواع الاقيسة فكان ذلك سببا في تعذر اجراء هذا القانون بدون واسطة

فبذلك صار التجار الذين البأتم الضرورة الى أن يبيعوا بمقتضى الاقيسة الجديدة مجبورين على أن يبيعوا بمقتضى الاقيسة القديمة نظرا الى ترغيب المستترين قانهم يريدون ذراعا من الجوخ مثلا لامترا ورطلين من خبز لا كيلوغراما وزقان من خمر لا قترا فهذا ما كانوا يفعلونه غالبا لاجل تطبيق الاقيسة الجديدة على القديمة اولا لاجل تحويل بعضها الى بعض

وقد تلاشى بعض هذه المضرات بتداول الازمان وصارت الآن الطريقة الجديدة التي تخص النقود معلومة عند اغلب اهلها الى مملكة فرنسا ومعمولا بها

وصار اهلها الى مدينتي باريس ونيوريس يستعملون الآن في قياس خشب الحريق الاستير دون غيره

واما الكيلوغرام فانه مستعمل عند كافة النقالين والتجار وامامقدار اللتر فهو معروف معرفة تامة عند الشغالين من جميع الطوائف لكونه قياسا للموائع

ومع ذلك فهناك بعض استثنائات مضرة من اقيسة السعة وهي المكايل يربحى زوالها

ولما تكامنا على الجهالات والالوهام الفاسدة ناسب أن نبين بعض صعوبات اخرى لاتعلق لها بأراء الناس وانما هي ناشئة من طبيعة الاشياء فيستنبط من ذلك البيان بعض معارف في الطرق التي يتم بها قبول طريقة الاقيسة الجديدة والعمل بها فنقول

فما يشق على الانسان أن يترك طريقة الاقيسة المستعملة منذ زمن طويل فان ضرر مبادئ الاختراع اكثر من نفعها وها هي الصعوبات المذكورة

وهي ان جميع الاشياء المستعملة في الفنون وعند الناس كالات الكبيرة والصغيرة ومواد التجارة والمنقولات والعمارات تتركب من الاصول التي عدتها التجربة والبراهين والحساب لتعيين الابعاد والاتقال والججوم حتى ان الحافظة وعت شيئا فشيئا الاعداد الدالة على الججوم والاتقال والابعاد

المتقدمة المنسوبة الى وحدة القياس فاذا كان الصانع لا تقتبس معارفه من انوار العلوم كان علمه مقصورا على المعرفة المحلية المتعلقة بمقادير كل نوع بحيث اذا تغيرت وحدة القياس المعهودة له صارت معرفته العددية مفقودة بالكلية واذا اراد اخذ قياس بعد صغير لزم له تحويلات وحسابات وضياح زمن وزيادة تعب ولكن الكسل عند هؤلاء الناس بمنزلة المحامي الفصيح مع ان الواقع خلافه فان تصوراتنا لا تخرج عن اللغة المستعملة عندنا بل اذا تعلمنا لغة اخرى فانه لا يمكن أن تتبع ما يبدو لنا فيها من التصورات المتعاقبة ولا تخيلها وتقابل بينها زمانا طويلا بدون أن نراجع لغتنا الاصلية مع الادراك والتعقل ولا شك ان هذه الملاحظة ظهرت بالتجربة لعدة من الناس وبالجملة فقهه وجد من ذلك عمليات تتعلق بعقولنا وذلك اننا اذا استعملنا وحدة القياس مرارا فانها ترسخ بقوة هذا الاستعمال في اذهاننا بمعنى اننا نرى في الفراغ مقدار هذه الوحدة الحقيقي ونعرف كيفية تطبيقه على الاشياء التي نتصور صورتها فاكتمساب هذه المعرفة حينئذ من اعظم التقدّمات في ممارسة الفنون حيث يصير بها النظر هندسيا ويتعود على العمل المضبوط وبذلك يكون في غاية الكمال

ومما هو واقع الآن انك اذا الزمت من يعرف اى نوع من الاقيسة بتغيير آحاد قياسه فان كان من الناس المعتادين اى كبقية الرجال الذين لم يخرجوا عن العادة ضاعت منه معرفة الامتدادات بحيث اذا اطلع على طول القدم ظن انه يساوى طول ثلاثة اقدام وربما زاد عليه قيراطا واعتقد صحة هذا الطول ومع ذلك فلا يتصوره كتصور الوحدة ولا يعرف كيفية تطبيقه على الاشياء حتى يحولها الى قياسه ولا يستعمل المتر وتقسيماته الثانوية الا اذا عرف من الاقدام مثلا ما يبلغه البعد الذى يظن انه مناسب لشيء من الاشياء ثم يرى ما تساويه هذه الاقدام من الامتار ولا يخفى ما في ذلك من المشقة والتطويل ولا ريب انه اذا استمر من له قريحة جيدة على هذا العمل مدة مديدة فان ذلك يحدث عنه اقيسة جديدة ولكن قلما يوجد من الناس

من يبيع عاجلا بأجل جيد ولو كان قريب الحصول جدا
وقد اسلفنا آنفا الكيفية المهمة التي يستعملها العقل في عمليات الفنون
ولما كان الناس عادة يميلون الى الاشياء البسيطة السهلة اجتهدوا في جعل
جميع الاشياء على نسبة أولية بينها وبين الاقيسة المستعملة وفي التعبير
بالاعداد الصحيحة عن الابعاد المستعملة عادة في الصناعة ويؤخذ من ذلك
ان الانسان الذي لم يحسب مدة حياته قوة قطعة صغيرة من الحديد او الحجارة
او الاخشاب لا يعرف هل مقدار قوتها يساوي ١٢ قيراطا او ١٢
قيراطا و $\frac{1}{4}$ او ١٢ قيراطا و $\frac{1}{2}$ او ١٣ قيراطا فكيف يمكنه
أن يعرف بمجرد النظر مناسبة اى بعد باقل من $\frac{1}{12}$ تقريبا وحيث ان هذا
التعديد المضبوط يفوق ما اعتاده عقله من العمليات لا يمكنه الوصول اليه
فعلى ذلك ينبغي أن يكون قياس القطعة التي يستعملها قدما محكما لانه اصح
جميع الاقيسة لكونه ابسطها وينتقل هذا القياس غالباً من المعلم الى المتعلم
وبتداول الايام تصير الاشياء كلها متوارثة في عمليات الصناعة والعوائد
الجارية بين الناس لكن اذا تغيرت طريقة الاقيسة فان الاعداد الصحيحة
في الطريقة الاولى لا تكون صحيحة في الثانية وبالجملة اذا كان الانسان يريد
قدما من الطول لاجل قياس قطعة معه وكان قد رأى ان اياه او معلمه فرض
لقياسها قدما فكيف يطلب منه انه يفرض لها قياساً آخر غير متر واحد منقسم
الى ثلاثة آحاد زائد احدى عشر من مائة واربعة واربعين من القدم ومائتين
وسنة وتسعين من الف من مائة واربعة واربعين مئة اى من القدم المذكور
وبناء على ذلك اذا قال له بعض العارفين بالابعاد الحقيقية للقطعة المطلوب
قياسها مثلاً لا يصح أن يكون القياس المفروض لهذه القطعة اثني عشر قيراطا
محولة الى امتار بل بحسب ما ظهر لي من العمليات المقتبسة من النظريات
يكون ثلاثة دسمترات او ثلاثة دسمترات ونصف او نحو ذلك يظن ان قواعد قوته
تغيرت بالكلية

ومن المؤلفين الذين ذكروا في كتبهم الاقيسة الجديدة من بين مقادير الاشياء

بهذه الاقيسة و اضاف اليها نفس تلك المقادير بالاقيسة القديمة وحيث ان هذه الاقيسة القديمة مستعملة كثيرا عند معظم القراء نتج من ذلك ان المتولعين بمطالعة تلك الكتب الذين يقتصرون على ما يكون من الاشياء قليل التعب لا يميلون الا الى الاقيسة القديمة دون غيرها

ويظهر لنا سبب آخر جدير بالذكر هنا وحاصله انه حيث لم يكن ادراك الحافظة الا مجرد تخيل لزم ضبط المقادير المذكورة في اللغة المستعملة عندنا بكثرة و جهل هذا السبب رأينا كثيرا من الناس من يعتقدان ضبط الاقيسة الجديدة اصعب من ضبط المقادير المتساوية المبينة بالعنوان القديم بل اتفقت كلمتهم على تأييد هذا التخيل وكما كانت المقادير مبينة باعداد بسيطة او صحيحة من الاقيسة القديمة نشأ من الاقيسة الجديدة التي تكاد تكون صماء مع الاقيسة الاخرى القديمة اعداد صعبة وربما كانت المقابلة التي يلجأ اليها القارئ بين هذه المقادير المتقاربة من بعضها معضدة لانفع الطريقتين

ومن المؤلفين من اقتصر في تأليفه على الاقيسة الجديدة دون غيرها الا انهم لم يراوا في الغالب يقتدون بسلفهم من المؤلفين في كونهم يعملون جميع العمليات الاصلية على مقتضى الاقيسة القديمة فنشأ عن ذلك انهم عوضا عن أن يحصل لهم من الاقيسة الجديدة اعداد صحيحة لم يحصل معهم الا كسور وصلوها الى درجات تقريبية لا جدوى لها لكونهم تجاوزوا حد الصحة في كل من انواع العمليات

فعلى ذلك كان يلزم في جميع الفنون عند اختراع الاقيسة الجديدة عمل جداول جديدة تكون صحيحة الاعداد على مقتضى الاقيسة المذكورة لانه يحدث عنها المعلومات والخواصل الضرورية التي تكون المعلومات فيها نتائج لازمة فاذا ن تكون منافع اختيار الطريقة الجديدة كثيرة ومضارها قليلة يمكن ازالتها في قليل من الزمن

وينبغي أن نشرح هذه التصورات شرحا موضحا فنقول

اذا كان هنالك متجربة في صناعة من الصناعات لزم ان الفنون التي

تركب هي منها تكون مرتبطة ببعضها ارتباطا كليا وقل من هذه الفنون ما لا يستمد من غيره آلات ومواد أولية بل منها ما الغرض الاصل منه كفاية هذه الحاجة وتلك الفنون هي التي ينبغي اعتبارها ومراعاتها دون غيرها والتي يجب ادخال طريقة الاقيسة الجديدة فيها بجميع ما يمكن من الوسائط مع تحويل سائر المقادير وسائر ابعاد محصولاتها الى اعداد صحيحة بالنسبة الى تلك الاقيسة فعلى ذلك كان يلزم اما أن نكسر انواع الصب والمساحب والقوالب او ننتظرها حتى تنكسر بنفسها ونعملها ثانيا على موجب طريقة الاقيسة الجديدة ثم يلزم ان الصنائع لا يعملونها الا اذا وفوا بجميع الشروط اللازمة وقد يكون ذلك في الاقيسة مثلا بأن يفرض لها متر واحد او ٥ او ٦ او ٧ دسمترات من العرض وبالجمله فكان على من ادخل طريقة الاقيسة الجديدة في الفنون أن يمارس اد في تفاصيل تلك الفنون ويعانيها مع التؤدة والتأني ولا شك ان ذلك فيه من المشقة ما لا مزيد عليه ومنفعته تفوق رونقه اكن يكنى من تصدى اليه من المؤلفين النجاح فيه وبلوغ المرام وتحصيل الشرف التام

ولنشرع الان في ذكر امثلة صحيحة توضح ما سبق من الامور العامة فنقول اذا كانت الاقيسة الجديدة مختارة في بعض الجهات فان ذلك انما يكون حقيقيا في اشغال المصالح العامة لان المنوط بهار جال لهم اليد الطولى في المعارف وحيث ان هؤلاء الرجال بالنظر لصنائعهم اهم ارتباط بالحكومة التي يأخذون منها ادوات الهندسة ~~كانوا~~ كانوا بالضرورة هم الذين يخترعون وينشرون رسوم تلك الحكومة المتعلقة بالفنون ولنبحث فيما نحن بصدده عن الدرجة التي وصلوا اليها في تلك الرسوم فنقول

لما كان مهندسو الجهادية والقناطر والجسور مجبورين بطبيعة اشغالهم وخدمهم على عمل جملة عظيمة من الحسابات وتحقيقها استحسنوا أن يتركوا من الطرق ما تكون به الحسابات صعبة وغير منتظمة ليعادروا بالاصطلاح على طريقة اخرى سهلة منتظمة كطريقة الاقيسة الاعشارية فجددوا

جدول مقادير اشغالهم بالاقيسة الجديدة ولم يعرفوا غيرها
وقد تقدمت الهندسة البحرية في هذا المعنى تقدماً بطياً بالكلية فانه ظهر
مع المشقة بعد اربع سنين جدول ابغاد الاخشاب بالاقيسة الجديدة
ومع ما يوجد في هذه العملية الاولى من العيوب التي لا تعد ولا تحصى
كتطويل العمل جدا في تكعيب كمية عظيمة من الاخشاب اللازمة
لعمارة السفن اذا اقتضى الحال تكعيبها بموجب الاقدام والقراريط ونحو ذلك
بخلاف التكعيبات المتربة لظهور سهولتها فالأخشاب الواردة لا تقاس
الا بالاقيسة الجديدة في ميناء الدولة لكن يلزم لاجل تطبيق الاقيسة الجديدة
على فن عمارة السفن بذل الهمة والشغل الجسيم ويلزم ايضا عمل قوائم
تتضمن مصاريف السفن والفراقيط وسائر انواع السفن باعداد صحيحة
مع بيان الابعاد المحولة لكل قطعة من اجزاء السفينة على وجه التفصيل
وبالجملة فيلزم نشر هذا الشغل الجسيم في جميع القنون البحرية وهي التي
تكون محصولاتها عند المهندس اصلا لاشغاله كالصواري والخيال والبكر
والشراعات وغير ذلك وحيث انهم لم يجروا هذه العمليات الاولى اصلا
ترتب على ذلك انهم استعملوا المتر في الميناء الفرنجية زمنا طويلا ثم قسموه
تقسيماتا نويا الى اقدام وصار العمل على تلك الاقدام وهذه الاقيسة ذات
الوجهين هي عين ما في الكتب المتقدمة قريبا التي ذكرت فيها الاقيسة مثنى
على وجه بحيث لا يراجع فيها الا الاقيسة القديمة

ولكن بلا صارت السفن والقبائل تحت ادارة الملتزم كاي مونت نويز
وكان من اقدم تلامذة مدرسة المهندس خزانة الفرنجية حصل في ذلك تغيير
عظيم وذلك انه صدر عنه امر بانه من الآن فصاعدا لا ينبغي أن تستعمل
الاقيسة القديمة في ميناء فرنسا ولا ترستاناتها ولا في القبائل وحكم
بابطال الاقيسة التي تدل من جهة على تقسيمات الاقيسة القديمة ومن اخرى
على تقسيمات الاقيسة الجديدة فانظر الى هذه المنافع البطيئة المحققة الناشئة
عن المدارس العظيمة التي يكتسب منها الشبان معارف متسعة متينة لكونها

تؤثر فيهم تأثير يزداد على ممر السنين حتى يكون فيهم استعداد للحكم بعد تقيم دروسهم بهذه المثابة ويحصل بهم تفهم لم يكن يعرف قبل ذلك

ومن المصالح العامة ما يكون فيه تأثير الموانع الآتية اقوى من تأثيرها في غيره وذلك ان الاصل الذي يعلقبه ما عدا من الاصول في فن الطوبجية هو ثقل الكلة او عيارها واما اقيسة المدافع وجبجاناتها وذخيرتها وعرباتها فذلك كله نتيجة ضرورية من ذلك الاصل غير ان اثقال الكلال الميينة باعداد صحيحة بالنسبة للاقيسة القديمة لا تكون باقية على حالها بالنسبة للاقيسة الجديدة وعليه فما تسمى مثلا المدافع التي عيارها ٢٤ رطلا من الرصاص فلا يصح أن يقال لها مدافع من التي عيارها ١٢ كيلوغراما لان ذلك من قبيل الخطاء فان ١٢ كيلوغراما اكبر من ٢٤ رطلا ولا يصح ايضا أن تسمى بالمدافع التي عيارها ١١ كيلوغراما لان ذلك من قبيل الخطأ ايضا فان ١١ كيلوغراما اصغر من ٢٤ رطلا فاذا سميت بمدافع عيارها ١١ او ١٢ كيلوغراما كانت هذه التسمية فاسدة وعليه فتكون تسمية ذخيرتها وجميع معلوماتها المرتبة بموجب اثقال الكلة فاسدة ايضا وهذه المشكلات محققة لا خفاء فيها اذ من المعلوم ان صناعة المدافع والكلل مع الاتقان والسرعة لا تمنع من زيادة ثقل الكلل فربما تجاوز هذا الثقل عدد الارطال المبين لعيارها وبذلك يقرب العدد المذكور المبين لعيار الابوس والمدافع من نصف الكيلوغرامات

ولما ظهرت طريقة الاقيسة الجديدة لم يظهر في فن الطوبجية من الاحوال ما يحصل فيه قابلية لأن يحدث فيه تغيير عام فاذا اخذت الطريقة العسكرية الفرنجية في اتساع جديد ولزم لها انشاء معامل ومسابك لم تكن موجودة في الاقيسة القديمة التي كانت آلتها اذذاك غير معروفة في المصالح لاتساع الاثقال وتقدمها على وجه لم يكن قبل ذلك فلم لاتصنع معامل جديدة بموجب معايير ٤ انصاف كيلوغرامات او ٦ او ٨ الخ عوضا عن أن تصنع بموجب معايير ٤ ارطال او ٦ او ٨ الخ فان

صنعها بموجب المعايير الاولى يترتب عليه في امر ع وقت كثرة عدد المدافع الجديدة حتى لا تمكن المضاهاة بينها وبين المدافع القديمة ويحصل من الاعتناء بهذا الامر ابطال الاقيسة القديمة وخروجها عن الخدمة العسكرية بالكلية وبذلك يحصل تغير عظيم في الاقيسة بدون أن ينشأ عنه تلف ولا يذل جهد فاذا كان يخشى من ثورة المعايير الوقتية التي هي نتيجة هذا الابتداء فلا شك انه يمكن أن تجعل اسلحة بعض الحصون وبعض الجيوش من المدافع القديمة واسلحة الاخر من الجديدة لان هذه التغيرات تستدعي ضرورة نقل بعض المدافع غير انه عند نقل المدافع القديمة من الحصون المأمونة الى الحصون المخوفة او الالآت العساكر المتقلة وكذلك عند نقل مدافع المعامل الجديدة الى الخواصل والنجانات والحصون التي تكون قليلة الخطر ونقل المعايير القديمة البحرية دائما الى السفن والمحافظة بالجديدة على السواحل ثم على جججانات المينات العظيمة يحدث من التأثير الطبيعي للحرب تغير لا يعد غريبا الا عند ذوى العقول القاصرة

فان قيل هل هذا التغير ممكن الا ن قلنا نعم لاما نعه منه فان هذه الوسائط بعينها توصل على ممر الازمان الى نتائج واحدة ويكفي في ذلك تغير قطر آلة ثقب المدافع تغيرا لا ثقا وما بقي يتغير بنفسه

وبالجملة فلا مانع من ادخال اقيسة الامتداد الجديدة في فن البطوبجية سواء حصل تغير او لم يحصل ولا ارتباط لهذه الاقيسة بصنخ الاتقال وليست معايير المدافع التي قدرها ٤ مارطال او ٦ او ٨ الخ مبينة باعداد صحيحة من القرار يط كما انها لم تبين بالستمر وكذلك بعض مقاييس اخرى وربما كانت هذه العملية عظيمة اذا كان احد ضباط هذه الاسلحة الشهيرة يقوم الاقيسة القديمة الثابتة بالممارسة كالميكانيكي والمهندس ويحولها الى الاقيسة الجديدة باعداد بسيطة فان ذلك لا يخلو عن فائدة ولا شك ان هذه التقدمات هي نتيجة هذا المشروع النفيس وتداول الازمان والفوائد الطبيعية التي تحدث عن هذا الشغل تجبر جميع الجيوش على اختيار الاقيسة المذكورة ولا بد انه فيما بعد

يترتب على صحة المعايير تقدم في اشغال فن الطوبجية
فاذا استعملت الاقيسة الجديدة في المصالح العامة وصارت مقبولة فيها كان لها
بذلك دخل في بقية الاشغال العامة وجميع الفنون المدنية المرتبطة بها ارتباطا
ضروريا وهي مجموع الفنون الرياضية تقريبا وقد كانت مستعملة قبل ذلك
في فنون الكيمياء مع الفائدة التامة فان معظم من مارسوا اشغال هذه الفنون
المتنوعة كانوا ينشرون ما اكتسبوه من المعارف شيئا فشيئا ويتداول الايام
نزول الموانع الاخرى
ولما فرغنا من الكلام على ما يترتب على التغيير الحاصل في مقدار الاقيسة
من الصعوبات وجب الآن أن نشرع في ذكر صعوبات تغيير العنوان
ولندكرها في مبادئ هذا الدرس فنقول

*(الدرس الثاني) *

في بيان ما بقي من الاقيسة وفي قوانين التحرك الاولية وتطبيقها
على الآلات

قد تقدم ما يقضى بصحة الادلة التي بها اختيرت العناوين المستنبطة من اللغات
القديمة وقد كانت هذه الادلة في غاية الدقة والغموض بحيث لم يدركها جم غفير
من الناس حتى قالوا فيما بينهم لم يختاروا هذه الاسماء التي لا يعلم تأويلها
الا لجهابذة الراسخون في العلم الم يكنهم ما يحدث عن كل تغيير يحصل في مقدار
الاقيسة من المشكلات القوية مع قطع النظر عما يتولد عن العناوين الجديدة
من الموانع وهل مثل هذه الاصطلاحات لكافة الناس بل لا مانع انه كلما سلك
الانسان في التعبير عن المكرر وقاسمه بالفاظ مركبة من كلمتين داليتين على نوع
الوحدة واختصارها طريق الدقة والغموض كانت هذه الالفاظ الغير الجلية
اسرع الى النسيان وعدم الرخوخ في الذهن فيختلط عليه دائما هذه الالفاظ
الكثيرة المنتهية بكلمة واحدة نحو مليتر و دسمتر و دسمتر ولكن من ذا الذي
يرى ان مثل هذه الاعتراضات الواهية تظهر على الحقيقة والصواب في الولايات
التي ينبغى لها المباهاة والتفاخر بوضع قواعد الاقيسة المستحسنة العظيمة

واذا لم نبذل الجهد في تأييد ما ذهبنا اليه في شأن الاقيسة حتى تكون مقبولة عند جميع الملل فهل ما عدنا من الملل يؤيد هذا المذهب الذي لا ينسب اليه هذا ولا مانع أن نضيف الى تلك الادلة التي لا يبرحها الاقليل من ارباب العقول هذه الادلة وهي انك اذا لم تغير اسم الاقيسة التي تركتها فكيف تميز المقادير المبينة اولا بالاقيسة القديمة ثم بالاقيسة الجديدة وهل يحصل ذلك الا بواسطة كتابة اقيسة قديمة واقيسة جديدة دائما ولكن الكسل بعث الناس على الاختصار على انصاف الاسماء الواجزة الدالة على الاقيسة فانك ترى بعض تجار الفرج اجتنبنا بالتحمل المشقة في النطق بجميع حروف كيلوغرام مثلا يقتصرون على صدرها فيقولون كيلو فعلى ذلك لو سلكوا هذا المسلك في الكيلولتر هو الكيلومتر لقالوا فيها ايضا كيلو وبذلك لا يعرفون ما ارادوه بهذه الكلمة واما نحن معاشر الرياضيين فكلنا منا مفيد لا لبس فيه بحيث لا يعوقنا عن المرام مثل هذا الالتباس الهين فيكتفي حينئذ باطلاق اسم القدم على القدم القديم او ثلث المتر تقريبا ومن هنا يقع خلفنا فيما اوقعنا فيه اقيسة سلفنا غالباً من الحيرة وعدم الوقوف على الحقيقة * مثال ذلك استعمالهم لفظة غلوة التي هي على اربعة انواع بدون أن يميزوا المراد من تلك الانواع فاننا لا ندري بايها قدرت المسافات التي نراها في كتبهم * فهذا هو الغرض الذي نصدينا اليه وفاء بما يجب علينا خلفنا وكيف يصح ان الاسماء المصطلح عليها في علم من العلوم يعسر حفظها وثباتها في الذهن اذا كانت مركبة من خمس عشرة كلمة فصاعدا وليس اتناؤد المبالغة في صعوبة مثل ذلك حتى نتخرباته من قبيل المعجز الذي لا يبارى ولا يغلب وهل ينكر ان تقدم العلوم منذ قرن كان سببا في استعمال كثير من الاصطلاحات المأخوذة من اللغة اليونانية وادخالها في العرف الخاص والعام فمن ذا الذي لا يعرف البارومتر والترمومتر وكيف يسهل حفظ هذين الاسمين دون الكيلومتر مثلا

وهل ثم من الصبيان من لا يحفظ عدة اسماء صعبة مثل كسموراما وديورا، وپانوراما وچيوراما وفتسماغوري ويعرفها ببدلولاتها حق المعرفة

فأوجه صعوبة بتها دون متر ودستمر ونحوهما إلا أنها لا تدل إلا على الصور والظلال القابلة للتغير القريبة الزوال من الذهن بخلاف المتر وفروعه فإنها تدل دائما على الأطوال المادية التي يمكن تناولها باليد ومسامها ورسوخها بمجرد الوقوف عليها بحيث لا يعتريها بعد ذلك تغير ولا زوال ولنعترف الآن أننا ندر أنهما كما واعتناؤنا بما لا يجدي نفعا من أمور اللهو واللعب تتكاسل عن الالتفات إلى ما لا بد منه في حاجتنا الضرورية

ولا حاجة إلى البحث عن أسماء مهملات اجنبية من الفن فهي سهلة الحفظ حيث يوجد إلى الآن الفاظ كثيرة مصطلح عليها في الكيمياء عند جميع الفرق فأن بعض من لا يقول عليهم من أرباب العقاقير والجراحين الذين في الأرياف لم يزلوا إلى الآن يعرفون أصول هذه الألفاظ ومع ذلك فلو أهمل الكيمائيون من الفرنسيين واللفاظ العلمية النفيسة ليسهل تناولها على أرباب العقاقير ومن يدعي معرفة الجراحة من جراحى الأرياف وكذلك لو سلك هذا المسلك أهل النمسا وإيطاليا والانسكلز واصطلحوا على الفاظ توافق لغاتهم اتسقت الاصطلاحات العلمية التي من شأنها الوحدة إلى أنواع عديدة ملتبسة ببعضها لكنهم شرعوا في مشروعات محدودة حيث اضلحوا وحرروا ما لا يخصى من الألفاظ الاصطلاحية ففي ظرف عشر سنوات صارت هذه الألفاظ مقبولة مستعملة عند سائر الأمم التي تمارس العلوم الطبيعية وما يجب التنبيه عليه زيادة على ذلك أن هؤلاء العلماء المشغولين من ساعد الجد والاجتهاد أخذوا في تجديد علومهم كلها بدون التفات إلى ما يثبطهم عن ذلك وعليه فيلزم تجديد علم الأقيسة بسائر أنواعه وفروعه وهذا هو الغرض من كلا منا سابقا ولاحقا

وكان الكيمائيين لما اعتنوا ثانيا بجميع الحوادث ليبتدوا مع الضبط نسب القواعد الناشئة عنها تلك الحوادث كان ذلك وسيلة إلى استكشافات كثيرة جدا كذلك إذا صنع الإنسان جداول مضبوطة تحتوي على سائر أنواع المقادير التي تكون عبارة عن معلومات الفنون كان ذلك أيضا واسطة

في وصول العلم الى درجات السكالم وتطبيق العمليات على قواعد حسابية لم يكن جرى فيها ذلك من قبل فتكون هذه الاشغال منشأ للتقدمات المستقبلية

*(بيان قوانين التحرك الإلوية) *


يظهر من رصد الاجسام المتحركة على الارض ومن مجموع الكواكب السيارة عدة قواعد اصلية ينبغي ذكرها هنا ليتفرع عليها البيان الاتي فنقول (اولا) اذا لم يعرض للجسم الساكن شئ يحركه فانه يستتر على سكونه لانه في هذه الحالة لا مقتضى لحركته في جهة ما فعلى ذلك اذا اتصف الجسم بالحركة بعد السكون فلا بد أن يكون قد عرض له سبب او جب فتحركه الى احدى الجهات وهذا العارض هو المسمى بالقوة والغرض الاصلى من علم الميكانيكا هو معرفة كيفية تأثير القوى في الاجسام المنفردة او المرتبطة ببعضها بالنظر لاوزاعها وصورها.

(ثانيا) اذا اخذ جسم في التحرك في اتجاه ما بسرعة ما فاذا لم يكن هناك ما يمنع فتحركه استتر على الحركة في هذا الاتجاه مع السرعة المذكورة بمعنى انه يقطع مسافات متساوية في ازمة متساوية وهذا ما يسمى بالتحرك المنتظم او المنتسق

ومتى غير هذا الجسم اتجاهه او سرعته فان التجربة تدل على ان هذا التغير حاصل من تأثير موافق او مخالف واقع من قوة جديدة

وكذلك اذا كان الجسم الجمادى العادم للحركة غير قابل للتحرك فانه يعلم من ذلك انه لا يقبل الحركة بحال فعلى ذلك اذا كان الجسم الجمادى متحركا فانه يستتر على حركته بمعنى انه يقطع في اتجاه واحد مسافات متساوية في زمن واحد * والسرعة هي النسبة التي بين المسافة المقطوعة والزمن

مثلا اذا جعلت الدقيقة وحدة للزمن والمتر وحدة للطول يقال ان الجسم الذي يقطع مترا في دقيقة واحدة يتحرك بسرعة ١ والجسم الذي يقطع مترا في دقيقة واحدة يتحرك بسرعة ٢ والجسم الذي يقطع ثلاثة امتار في دقيقة واحدة يتحرك بسرعة ٣ وهكذا

وقد دلت التجربة ايضا على دعوى اخرى شهيرة جدا وهي انه يحدث عن قوتين واقعتين على جسم واحد في اتجاه واحد (كفرسين مربوطين في قطار واحد بلتر عربية مثلا) عين التأثير الحادث من قوة واحدة مساوية لمجموع هاتين القوتين واقعة على الجسم المذكور في اتجاه واحد ايضا وهذه القوة هي التي يطلق عليها اسم المحصلة لانها متحصلة من قوتين اخريين يسميان بالركبتين اولانه يتحصل منها عين النتيجة المتحصلة من هاتين المركبتين واما في صورة العكس وهي ما اذا كان قوتان واقعتين على جسم واحد في اتجاه واحد  كن في جهتين متضادتين فان الجسم يتحرك كما لو كان مندفعاً بقوة واحدة محصلة مساوية لفاضل القوتين المركبتين ومتجهة الى جهة كبراهما

وعلى ذلك يشاهدان العرب جعية عند الهبوط بالسرعة يحلون الفرس من أمام العربية ويربطونه خلفها ليجبرها القهقري وفي هذه الصورة لا تكون القوة المحركة الا كقوة فرس آخر يجبرها الى الإمام ناقصة قوة الفرس الذي يجبرها الى خلف عوضاً عن أن تكون هذه القوة اعنى المحركة قوة فرسين

* (بيان التوازن) *

اذا كانت القوة الجاذبة الى جهة الخلف مساوية للقوة الجاذبة الى جهة الامام فان فاضلهما يكون صفراً ولا يتحرك الجسم الى جهة احدهما ولا الى جهة الاخرى ومن ذلك يحدث ما يسمى بالتوازن اعنى بالسكون القهري وهي حالة مخالفة للسكون الطبيعي الذي يكون باقياً على حالة واحدة مالم يؤثر في الجسم قوة تجبره على التحرك

فاذا كانت محصلة عدة قوى يضادها قوة جديدة مساوية لها ومتجهة الى جهة مضادة لجهتها فانه يحدث من ذلك توازن وهذه قاعدة شهيرة جيدة تسوغ ضم المسائل التي يكون الغرض منها البحث عن النتائج التي يحدث بها التحرك الى مسائل التوازن

وعوضاً عن اعتبار قوتين مؤثرتين دون غيرهما في اتجاه واحد يمكن

اعتبار ٣ او ٤ او ٥ الخ او عدد ما من القوى وحينئذ يلزم لاجل
تحصيل المحصلة امران احدهما اخذ مجموع سائر القوى التي تجذب او تدفع
الى جهة الامام ثانيهما اخذ مجموع سائر القوى التي تجذب او تدفع الى جهة
الخلف وبذلك يتحرك الجسم في جهة المجموع الاكبر كما يكون مدفوعا
او مجذوبا بقوة واحدة مساوية لفاضل هذين المجموعتين

(ولنفرض مثلاً عربته حل مجرورة بثمانية افراس في قطار واحد متى كانت جميع
هذه الافراس مربوطة كلها اجهة الامام فان العربته تكون مجرورة بقوة فرس
واحد مساوية لقوة الافراس الثمانية ثم اذا حل العربي ثلثة من هذه
الافراس مثلاً وربطها خلف العربته لتجرها القهقري فان التحرك الكلي
يكون اولاً عيّن ما اذا كان هنالك فرس واحد مربوط في جهة الامام قوته
مساوية لقوة الافراس الخمسة وفرس آخر مربوط في جهة الخلف قوته
مساوية لقوة الافراس الثلاثة المذكورة وثانياً يكون مساوياً ايضاً
للتحرك الحادث من فرس واحد قوته مساوية لفاضل الافراس الخمسة
المربوطة في جهة الامام والثلاثة المربوطة في جهة الخلف وهذا التحرك
بالضرورة يكون واقعاً في جهة خمسة افراس اذا كانت قوتها متساوية)

وعما ينبغي حفظه والاهتمام به قاعدة ثالثة وهي اذا لزم قوة ما لتحرك جسم
بسرعة ما اعنى لنقله الى مسافة معلومة في زمن معلوم فنصف هذه القوة
لا ينقل الجسم المذكور في هذا الزمن الا الى نصف المسافة المذكورة
وثلاثها لا ينقله الا الى ثلثها وبعها لا ينقله الا الى ربعها وهكذا دائماً مع تناسب
واحد .

وكذلك في صورة العكس وهي ما اذا كانت مدة الزمن ثابتة بالفرض فان
ضعف القوة ينقل الجسم المتقدم الى ضعف المسافة المتقدمة وثلاثة امثال
هذه القوة تنقله الى ثلاثة امثال المسافة واربعة امثالها تنقله الى اربعة امثالها
وهلم جراً

فاذا بقيت القوة ثابتة وتغير مجسم الجسم نشأ عن ذلك ما سنذكره

وهو انه في مدة هذا الزمن تنقل القوة الثابتة ضعف الجسم الى نصف المسافة وتنقل ثلاثة امثال الجسم الى ثلث المسافة واربعة امثال الجسم الى ربعها وهكذا وكذلك تنقل القوة الثابتة نصف الجسم الى ضعف المسافة وثلاثة الى ثلاثة امثالها وربعه الى اربعة امثالها في نسبة واحدة دائما

ويؤخذ من ذلك ان المجسمات الكبيرة اصعب في التحرك من المجسمات الصغيرة وهذه المقاومة مناسبة للجسم تناسباً مضبوطاً بحيث تكون المقاومة مع القوة المستعملة في تحركه ل واحد مناسبة للجسم دائماً
وحينئذ يوجد في المادة تضاد بين التحرك والسرعة وهو مناسب للجسم وهذا التضاد الذي ينبغي ابطاله هو المسمى بالانرسى (اي الحالة الذاتية للجسم)

ويكون الانرسى المذكور في غاية الظهور عند مقابلة الجهود التي تبذل في تحريك الاجسام الكبيرة والصغيرة ببعضها وذلك ان الطفل الصغير مثلاً يحذف بعيداً عنه بعداً كافياً حصوة صغيرة وحببات من الرمل بخلاف الرجال الاقوياء فانه يمكنهم عند جمع قواهم في زمن واحد ان يحركوا بغير ابط واحد حملاً ثقيلًا او قطعة من الرخام مثلاً
ولننبه هنا على الكيفية القطعية التي بها يمكن ان يتحصل من القوة نتيجة واحدة بطرق مختلفة فنقول

يمكن قطع الجسم المطلوب نقله الى اجزاء متساوية كاثنتين او ٣ او ٤ الخ ثم نوقع القوة بتمامها على كل من هذه الاجزاء فاذا قطع الى جزئين متساويين مثلاً فان كلا منهما ينقل بسرعة مضعفة فاذن يكون الجزآن المذكوران منقولين في زمن واحد كلى فاذا قطع الى ثلاثة اجزاء متساوية فان كل ثلث ينقل بثلاثة امثال السرعة فاذن تكون الاثلاث الثلاثة منقولة في نفس الزمن الكلى وهكذا

فاذا فرض حينئذ ان هنالك عشرين حملاً متساوية في الجسم ولزم نقل كل منها

الى مسافة معلومة بواسطة ٢٠ قوة متساوية فاذا وصلت هذه الاجال
بعضها مثنى وثقلت بقوى متصلة ببعضها مثنى ايضا فانه يحدث للنقل ١٠
طرق عوضا عن ٢٠ الا ان العشرين جسما تكون منقولة دائما الى مسافة
واحدة في زمن واحد وقد يحصل مثل ذلك ايضا اذا وصلت الاجال ببعضها
ثلاث اى ثلاثة ثلاثة اور باع اى اربعة اربعة وثقلت بالقوى المتصلة ببعضها
ثلاث اور باع ايضا

فلذلك كان على حد سواء (بالنظر الى التقويم الميكانيكى) ثقل الثقل الكلى
المذكور في عربات بفرس واحد او ٢ او ٣ او ٤ بشرط أن تكون
اجالها كحمل فرس او ٢ او ٣ او ٤ الخ ويكون الثقل الكلى
منقولاً دائماً بواسطة العربات الى مسافة واحدة في زمن واحد وهذا هو
سبب كون النقالين يدفعون اجرة معينة بالكيلوغرام في نظير النقل سواء كان
الجل يزن قليلا او كثيرا من الكيلوغرام لان القوة الكلية التى يلزم استعمالها
في النقل مناسبة للثقل الكلى من الاشياء المنقولة وبالجملة فهذا هو السبب
في ان النقالين ك كانوا يدفعون للعربية اجرة واحدة على حسب تقويم
الكيلوغرام سواء كان العربى يدفعون في ذلك عربات بفرس واحد
او ٢ او ٣ او ٤ الخ لان الثقل الكلى المنقول بكل عربية مناسب
للقوة الكلية للخيول المربوطة في العربية

ولاجل تحصيل تصرف القوى التى يستلزمها الجسم المنقول الى مسافة
معلومة يلزم تقويم هذا التصرف أولا بموجب ثقل الجسم المذكور وثانيا
بموجب السرعة المعدة لقطع المسافة المذكورة فيكون حاصل هذا التقويم
دالا على كمية التحرك

وقد يتقوم الثقل بالكيلوغرامات والزمن بالساعات فاذا كان كيلوغرام
واحد يقطع المسافة الماخوذة وحدة في ساعة واحدة كانت كمية التحرك = ١
واذا كان ١٠ كيلوغرامات او ١٠٠ او ١٠٠٠ تقطع وحدة
المسافة في ساعة واحدة فانها تؤدى كمية التحرك المبينة مرة واحدة

باعداد ١٠ او ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ
 واذا كان كيلو غرام ١ او ١٠ او ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ تقطع
 المسافة مرتين في ساعة واحدة فانها تؤدي كمية التحرك الميينة مرتين باعداد
 ١ او ١٠ او ١٠٠ او ١٠٠٠ الخ من الكيلو غرام
 وانما اكثر هنا من ذكر الامثلة لما انها توضح ايضا احادها اصلها التعريفات
 التي ينبغي تسهيلها بقدر الامكان

ولنتكلم قبل التوغل فيما نحن بصدده على قوانين السكون والتحرك التي سبق
 تعريفها قريبا ونذكرها على وجه اجمال فنقول
 كل جسم ساكن يبقى على حاله ما لم تجبره على التحرك قوة واحدة او قوى
 متعددة

وكل جسم متحرك يبقى على حاله ما لم تعرض له قوة تمنعه من الحركة
 وكل جسم متحرك تابع لمستقيم واحد يقطع مسافات متساوية في ازمته
 متساوية ما لم تعرض له قوة اجنبية تغير ثبات تحركه وانتظامه وهذا التحرك
 هو المسمى بالتحرك المنتظم او المنتسق
 والسرعة هي النسبة الحاصلة بين المسافة المقطوعة على وجه الانتظام
 وزمن قطعها

فاذا كان زمن قطع المسافة ثابتا فالسرعة المضعفة مثنى وثلاث ورباع تكون
 كالسافة وقد تكون ايضا على النصف او الثلث او الربع ونحو ذلك بحسب
 تقسيم هذا الزمن وبالجملة فهي مناسبة دائما للمسافة تناسباً مطردا
 واذا كانت المسافة المقطوعة ثابتة فكما كان زمن قطعها كبيرا كانت
 السرعة صغيرة وحيث تكون نسبتها منعكسة انعكاسا كليا بمعنى انه اذا كان
 الزمن مضعفا مثنى وثلاث ورباع كانت السرعة على النصف من ذلك او الثلث
 او الربع وهكذا

واذا كانت السرعة ثابتة فالمسافة المقطوعة تكون مناسبة للزمن تناسبا
 مطردا بمعنى انها تزيد وتنقص بنسبة واحدة

وفي التحرك المنتظم تكون القوة مناسبة لجسم الجسم مضروبا في السرعة
 وإذا تحركت الاجسام بدون مقاومة فن حيث كونها متحركة في فراغ عظيم
 تكون بأول دفعة مستمرة على تحركها بسرعة واحدة في اتجاه واحد
 ولكن يعرض على الارض في كل وقت كثير من الموانع والاحتكاكات
 والمقاومات فتتبع دوام تحرك تلك الاجسام
 فاذا تحرك الجسم تحركا متناظرا نجد ان هذا التحرك يتقص بالتدريج ويؤول
 امره الى الانعدام

مثلا اذا لعب انا بالكرة فلولا احتكاك الارض ومقاومة الهواء لكانت
 هذه الكرة بمجرد طرحها على مستوا أفقي تتدحرج بدون أن تنقص سرعتها
 لكن لا يخفى أن هذه السرعة تنقص على المستويات المصقولة وان بلغت
 في الصقالة ما بلغت وتعدم في اسرع وقت

وعليه فيلزم لاجل استمرار التحرك بالنسبة للفنون أن يضاف في كل وقت
 الى قوة الاجسام المتحركة قوى جديدة

مثلا اذا كان المطلوب نقل احمال في الطرق فلا يكفي في ذلك أن تحرك
 هذه الاجسام مطلقا بل يلزم تعويض ما انعدم بالمقاومات في كل وقت
 وهو الذي يمكن تحصيله بواسطة الناس والحيوانات المعدة لجزء تلك الاحمال
 وتكون كمية القوى التي يلزم استعمالها في كل وقت مساوية بداهة للقوى

المعدومة في الوقت المذكور وينبغي أن نعتبر أن مجموع ازدياد القوى المستعملة
 في النقل بحسب زمن معلوم مساو لمجموع القوى المعدومة بالمقاومات
 فعلى ذلك اذا مشى انسان بقوة مستمرة ز منا معلوما فمجموع القوى
 المستعملة في هذا الزمن يكون دالا على مجموع القوى المعدومة

ويؤخذ من ذلك ان تصرف القوى يكون على حسب المسافة في الكبر
 فاذا كان التحرك منتظما من جميع جهاته كانت القوى المستعملة لتحصيله
 في زمن معلوم مناسبة لهذا الزمن تناسباً مطرداً

ولننبه حينئذ على الفاضل الغاف الحاصل من جهة بين التحركات التي يمكن

وجودها في الفراغ بدون نوع تام من الاحتكاك والحاصل من جهة أخرى بين التحويلات الحادثة منا على الأرض فنقول إذا اردنا معرفة مسافة سير الكواكب السيارة او ذوات المذنب او أي جرم في السماء وكان هذا التحرك حاصلًا بنفسه فإنه يكفي اخذ زنة هذه الكواكب السيارة او ذوات المذنب او الجرم المذكور لاجل ضرب ثقل ذلك في السرعة ويكون الحاصل باقيا على حالة واحدة في أي مسافة للنقل لانه لا يحتاج الى صرف قوى جديدة لاجل استمرار النقل المذكور الا انه في الأرض ينبغي أن يضاف الى هذا المجموع الأول على الأرض مجموع آخر يدل على القوى المعدومة في كل وقت فاذا اخذنا هذا المجموع الأخير في الزيادة دائما فإنه يفوق المجموع الأول حتى يمكن اهماله وحينئذ يقال كما يقول متهمدو النقل ان اجرة النقل تكون مناسبة للمسافات المقطوعة ما لم يكن هناك مانع وليست هذه الملاحظات خاصة بالنقل بل تعمه هو واغلب ما يعرض للآلات من التحويلات الناشئة عن القوى المتنوعة وسيأتى لك توضيح ذلك خصوصا في الجزء الثالث من هذا الكتاب عند الكلام على استعمال القوى المتحركة

وقد ذكرنا ان القوة المنفردة دون غيرها من القوى تحدث التحرك دفعة واحدة لجسم معلوم ولنفرض ان هذه القوة يتجدد تأثيرها في خلال الزمنية المتساوية .

ولنرمز بحرف هـ الى المسافة المقطوعة بالجسم وبحرف و الى سرعة هذا الجسم وبحرف ط الى الزمن المعتد لقطع مسافة هـ بسرعة و وفي مبداء وحدة الزمن الثانية تضعف القوة التي تكرر فعلها بسرعة الجسم مثنى فيقطع في مسافة زمن ط الثاني مسافة تساوى ٢ هـ وفي مبداء وحدة الزمن الثالثة تضعف القوى التي تكرر فعلها ايضا سرعة الجسم ثلاث فيقطع في مسافة زمن ط الثالث مسافة تساوى ٣ هـ وهلم جرا

فاذن يحدث معنا للاوقات المختلفة

زمن ط الثاني زمن ط الثالث زمن ط الرابع زمن ط المبنى
سرعة مكتسبة ٢ ن سرعة مكتسبة ٣ ن سرعة مكتسبة ٤ ن سرعة مكتسبة ٥ ن
مسافة مقطوعة ٢ هـ مسافة مقطوعة ٣ هـ مسافة مقطوعة ٤ هـ مسافة مقطوعة ٥ هـ

فيكون مجموع المسافات التي عددها م المقطوعة بالجسم في زمن ط
تساوي بالبداية

هـ + ٢ هـ + ٣ هـ + ٤ هـ + ٥ هـ + ٥ هـ + ٥ هـ + ٥ هـ
ولامانع من استعمال الهندسة هنا ليتضح باحد اشكالها هذه الحواصل
المنسوبة للقوى فنقول

ليكن (شكل ١) . مستقيم وس الرأسي مقسوما الى مسافات
متساوية تدل كل واحدة منها على وحدة زمن ط ومستقيم وص
الافقي مقسوما ايضا الى مسافات متساوية تدل كل واحدة منها على مسافة
هـ المقطوعة مدة زمن ط الاول فاذا وصلنا بين نقط التقسيم بمستقيمتين
افقية ورأسية حدث عن ذلك سلام طول كل واحدة منها مسافات هـ
و ٢ هـ و ٣ هـ و ٤ هـ الخ المقطوعة في مدة اللازمة المتوالية
المساوية لزمن ط ويكون سطح درجاتها المختلفة

وا × هـ و اب × ٢ هـ و بث × ٣ هـ و ثد × ٤ هـ الخ
لكن حيث كان وا = اب = بث = ثد فاذا فرضنا
عرض جميع الدرج مساويا للوحدة يكون سطح الدرج
بالاختصار

هـ و ٢ هـ و ٣ هـ و ٤ هـ الخ

وسطح السلام الكلي يدل على المسافة الكلية المقطوعة بالجسم
ولنفرض ان القوة الدافعة تؤول الى نصفها الا انها تضعف عدد دفعاتها

في زمن معلوم

ويحفظ وحدة الامتداد لا تكون درجات السلام الجديدة (شكل ٢) التي تدل على هذا التحرك الجديد الانصف العرض وتصير ضعف السلام المتقدمة وكذلك لا يكون للمسافات المقطوعة في كل نصف زمن الانصف الزيادة الاصلية غير ان هذه الزيادة تكون ضعف الزيادة السابقة

ويمكن أن يفرض ان القوة الدافعة تكون محولة الى ثلث مقدارها الاصلى اربعة (شكل ٣) او خمسة الخ لكن بتجديد دفعاتها ثلاث مرات او اربعا وخمسا الخ بخلاف القوة الاصلية فانها لا تجدد الدفعات المذكورة الامرة واحدة وحينئذ تكون التحركات مبينة بدرجات عرضها محول الى ثلث العرض الاصلى اربعة او خمسة الخ ولا يكون ازدياد طولها الا ثلث الازدياد الاصلى اربعة او خمسة الخ

فاذا مددنا مستقيم $\overline{وز}$ من رأس السلام الى نهايتها السفلى فانه يمر بجميع نقط ١ ٢ ٣ ٤ ب ج د الخ التي تحتد اسفل درجات السلام وعلى ذلك تكون المسافات المقطوعة عقب ازمنة

$$\overline{ط} \text{ و } \overline{٢ ط} \text{ و } \overline{٣ ط} \text{ و } \overline{٤ ط} \text{ الخ}$$

$$\overline{١١} \text{ و } \overline{١٢} \text{ و } \overline{١٣} \text{ و } \overline{١٤} \text{ الخ}$$

ثم ان نسبة اضلاع $\overline{وا}$ اذن لا تتغير متى اخذ نصف ضلع $\overline{وا}$ $= \overline{ط}$ ونصف ضلع $\overline{ا ه} = \overline{ه}$ وثالث $\overline{وا}$ وثالث $\overline{ا ه}$ وربع $\overline{وا}$ وربع $\overline{ا ه}$ لا اجل عمل سلام (شكل ٢) (وشكل ٣) الدالين على التحركات التي تقدم ذكرها

ولا يتغير اتجاه $\overline{وا}$ و $\overline{١ ب}$ و $\overline{٢ ج}$ و $\overline{٣ د}$ الخ متى فرض انتقاص مقدار القوة في نسبة واحدة مع كثرة دفعاتها مدة زمن معلوم

فاذا تكاثرت الدفعات وكانت القوة صغيرة جدا في كل دفعة واقتضى الحال انقسام $\overline{وا} = \overline{ط}$ و $\overline{ا ه} = \overline{ه}$ الى اجزاء متساوية دقيقة جدا فان وجهة سلام ١ ٢ ٣ ٤ ب ج د الخ

(شكل ١) تكون مستقيما واحدا كستقيم وز بحسب النظر (شكل ٤)
 وحيث كان سطح سلام و ١ ١ ٢ ب الخ زس دالا على المسافة
 الكلية المقطوعة بالجسم مدة الزمن المبين بخط وس يكون في هذه الحالة
 سطح المثلث وسز (شكل ٤)

وحيث ان السرعة مناسبة للمسافة المقسومة على الزمن (المجول هنا وحدة)
 فان اطوال درجات ا و ب و ث و ج تكون دالة
 على السرعة المتعددة المكنسبة من الجسم عقب زمن مساو لكل من ا ط
و ٢ ط و ٣ ط الخ

فاذن تكون هذه السرعة باقية على حالة واحدة عقب زمن واحد يفرض ان
 القوة المحولة الى $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{5}$ الخ
 تؤثر في الجسم مرتين او ٣ او ٤ او ٥ الخ بخلاف القوة الاصلية
 فانها لا تؤثر فيه الا مرة واحدة

واذا كان عدد الدفعات عظيما جدا مدة زمن معلوم وكان لا يمكن تمييز تواليها
 بسبب تغير السرعة المتعددة على حين غفلة فان مستقيم وز (شكل ٤)
 و (شكل ٥) يدل كما ذكر على السرعة المكنسبة متى دل وس على الازمنة
 الماضية و سطح السلام الذي يكون حينئذ سطح مثلث وسز يدل على
 المسافات المقطوعة وبناء على ذلك تكون السرعة المكنسبة مبينة بطول
سز وكذلك المسافة المقطوعة تكون مبينة بـ وس و ذلك
 عقب الزمن المرموز اليه بخط وس

فاذا رمزنا بحرف ط و ط الى الزمنين المبينين بخطي اوس
 و وس (شكل ٥) و رمزنا بحرفي ق و ق الى سرعتين
 المبيتين بخطي سز و سز ثم بحرفي ه و ه الى المسافتين
 المبيتين بـ وس و وس فانه يحدث عن ذلك

$$\begin{array}{l} \text{وس} : \text{وس} :: \text{سز} : \text{سز} \\ \text{او} : \text{ط} :: \text{ط} : \text{ق} \end{array}$$

وحيث $\frac{س}{ز} = \frac{س}{ز}$ كون في التحرك المعتبر عندنا سرعتا $\frac{و}{ق}$ و $\frac{ق}{و}$ المكتسبتان

عقب زمني $\frac{ط}{و}$ و $\frac{ط}{س}$ مناسبتين لهذين الزمنين

وزيادة على ذلك بمقتضى الدرس الخامس من الهندسة يكون

سطح $\frac{و}{س} : \frac{س}{ز} :: \frac{ط}{و} : \frac{ط}{س}$: $\frac{و}{س}$:

او $\frac{هـ}{و} : \frac{هـ}{س} :: \frac{ط}{و} : \frac{ط}{س}$:

فاذن تكون المسافات مناسبة لربعات الازمنة المعدة لقطعها

وعليه فيقال حيث كانت الازمنة $\frac{ط}{١}$ و $\frac{ط}{٢}$ و $\frac{ط}{٣}$ و $\frac{ط}{٤}$ و $\frac{ط}{٥}$ و $\frac{ط}{٦}$ الخ

فان المسافات المقطوعة تكون $\frac{هـ}{١}$ و $\frac{هـ}{٤}$ و $\frac{هـ}{٩}$ و $\frac{هـ}{١٦}$ و $\frac{هـ}{٢٥}$ و $\frac{هـ}{٣٦}$ الخ

وحيث كان في مثلثي $\frac{و}{س}$ و $\frac{س}{ز}$ التشابهين

سطح $\frac{و}{س} : \frac{س}{ز} :: \frac{ط}{و} : \frac{ط}{س}$: $\frac{و}{س}$:

او $\frac{هـ}{و} : \frac{هـ}{س} :: \frac{ط}{و} : \frac{ط}{س}$:

فالمسافات المقطوعة في ازمئة معلومة تكون حيثما مناسبة لربعات السرعة

المتعددة المكتسبة في نهاية هذه الازمنة

وبناء على ذلك

ففي عقب ازمئة $\frac{ط}{١}$ و $\frac{ط}{٢}$ و $\frac{ط}{٣}$ و $\frac{ط}{٤}$ و $\frac{ط}{٥}$ و $\frac{ط}{٦}$ الخ

تكون السرعة المكتسبة $\frac{و}{١}$ و $\frac{و}{٢}$ و $\frac{و}{٣}$ و $\frac{و}{٤}$ و $\frac{و}{٥}$ و $\frac{و}{٦}$ الخ

والمسافات المقطوعة $\frac{هـ}{١}$ و $\frac{هـ}{٤}$ و $\frac{هـ}{٩}$ و $\frac{هـ}{١٦}$ و $\frac{هـ}{٢٥}$ و $\frac{هـ}{٣٦}$ الخ

فاذا فرض انه في عقب زمن $\frac{ط}{٥}$ المين بخط $\frac{و}{س}$ (شكل ٥)

بطل عمل القوة الدافعة من اول وهلة فان الجسم يتحرك بسرعة $\frac{و}{س}$ الثابتة

المبينة بخط $\frac{و}{س}$ وحيث تكون الخطوط الاقضية المتساوية وهي $\frac{و}{س}$

$\frac{و}{س} = \frac{و}{س}$ دالة على هذه السرعة الثابتة

وسطح مثلث $\frac{و}{س}$ يدل على المسافة الكلية المقطوعة مدة زمن $\frac{ط}{٥}$

بعدة قوى دافعة صغيرة جدا تأثيرها ثابت على الدوام

وسطح مستطيل $\frac{و}{س}$ الذي هو ضعف مثلث $\frac{و}{س}$ يدل

على المسافة الكلية المقطوعة مدة زمن ثان مرموز له بحرف ط بسرعة ثابتة مكنسبة عقب زمن ط الاقل وعلى ذلك اذا جددت قوة ثابتة صغيرة جدا دفعاتها في مسافات صغيرة متخللة بين ازمنة متساوية فان المسافة الكلية التي قطعها الجسم بتلك القوة في مدة زمن ط تكون نصف المسافة التي كان يقطعها هذا الجسم في نفس زمن ط ولم تجدد القوة المذكورة دفعاتها

*(بيان التناقل) *

قد دلت الطبيعة على مثال عظيم متعلق بالتكرار المستمر الحاصل من القوة الدافعة الثابتة وهي ان جميع الاجسام انجذبا وبمىلا الى مركز الارض فتكون القوة المذكورة محسوسة متى منعت عن جذب الجسم المطلوب نقله وتكون قوة التناقل في كل وقت معدومة بمقاومة الجسم ثم تجدد ثانيا وقتا بعد آخر بتأثير مستمر واحد

وعليه فجميع النتائج المتحصلة بواسطة القوى التي تجدد دفعاتها كل وقت توافق ايضا قوة التناقل

وحينئذ اذا سقط جسم بدون معارض ولا مانع حدث عن ذلك اربع حالات (اولا) ان السرعة المكررة المكسبة تكون مناسبة للازمنة المعدة لاكتسابها

(ثانيا) ان المسافات الكلية التي يقطعها الجسم المذكور تكون مناسبة لمربعات الازمنة المعدة لقطعها

(ثالثا) ان تلك المسافات الكلية المقطوعة تكون مناسبة لمربعات السرعة المكررة المكسبة بالجسم عقب كل مسافة مقطوعة

(رابعا) اذا اخذ الجسم عقب زمن معلوم سرعة ثابتة مساوية للسرعة التي اكتسبها في هذا الزمن بعينه فانه يقطع مسافة كلية ضعف المسافة التي قطعها وذلك مع ازدياد سرعته بالتدريج

وفي اى مكان من الارض تكون المسافة التي يقطعها الجسم عند سقوطه

في اول ثانية مساوية ٩٠٤٣٩٧٥ ر ٤ فلا مانع حينئذ من ان سرعته المكتسبة في عقب الثانية تجبره على قطع ضعف تلك المسافة مع الانتظام

بمعنى انها تكون مساوية ٨٠٨٧٩٥ ر ٩ في الثانية الواحدة وفي عقب ١٠ نوان تكون المسافة التي يقطعها الجسم عند وقوعه بدون معارض مساوية ١٠٠ مرة للمسافة التي يقطعها مدة الثانية الواحدة اي انها تساوي ٩٠٤٣٩٧٥ ر ٤٩٠ وتساوي ايضا في الدقيقة الواحدة

١٧٦٥٥٠٨٣١

ولا بد للاجسام الساقطة من شئ عظيم تصل به سرعتها الى هذه الدرجة وذلك لمقاومة الهواء لها (كماسياتي في استعمال القوى المحركة المذكورة في الجزء الثالث)

(تطبيق)

اذا لم تكن المسافات المعدة للقطع كبيرة جدًا واستعملت اجسام كبيرة جدًا فانه يمكن بواسطة الآلة الحسائية الدالة على الخاس الثانية الواحدة قياس عمق البئر وارتفاع الخائط والقبه ونحو ذلك قياسات قريبيا مستعملا فاذا خلى الجسم ونفسه للوقوع وعدت الثواني وكسورها التي يقطع بها الجسم المذكور

هذه المسافة فان مربع هذا العدد يضرب في ٩٠٤٣٩٧٥ ر ٤ الخ ويكون حاصل ذلك هو المسافة المقطوعة

ولنذبه على ما بين الهندسة والميكانيكا من الارتباط الذي يعلم به ارتفاع عمارة او عمق معدن بواسطة النظر في الساعة ويعلم به ايضا طول زمن مضى بواسطة قياس المسافة قياسا بسيطا فنقول قد استبان من الهندولات مثال شهير في شأن الارتباط الحاصل بين العلمين المذكورين اللذين جمعت قواعدهما وتماثلتهما لتتضح بها سبل الصناعة وتسهل من اولتها

فاذا عرفت ما نذكره لك في شأن تأثير ايدي الاهوان وآلات الادق وضرب

النقود والمطارق ونحو ذلك اتضح لك انهم توصلوا بواسطة الفنون الى تطبيق
قوانين سقوط الاجسام وتوسيع دائرتها والاهتمام بشأنها تطبيقا مفيدا
وان معرفة هذه القوانين مما لا بد منه

ولنفرض انه حين شروع التناقل في اندفاعاته المتكررة كل وقت يكتسب
الجسم سرعة ما وفي ذلك ثلاث صور

الصورة الاولى اذا كانت السرعة الاصلية متجهة جهة التناقل فحيث كانت
ثابتة فانها تنضم الى السرعة المتعددة الحادثة من التناقل المذكور
وفي هذه الصورة يطابق على التناقل بالنظر للاجسام التي تزداد سرعتها وتسير
مع العجلة في كل وقت اسم القوة المعجلة

الصورة الثانية اذا كانت السرعة الاصلية متجهة الى جهة مضادة لجهة
التناقل فان هذا التناقل ينقص السرعة المذكورة في كل وقت وحيث كان
التناقل المذكور يعطل سير الجسم بلا انقطاع اطلق عليه اسم القوة المعطلة
البطيئة

مثلا اذا اطلقنا طنجية من اعلى الى اسفل فان الرصاصة الخارجة منها تقع
في مبداء الامر بالسرعة الحادثة لها من البارود المشتعل ثم تزداد هذه السرعة
بتأثيرات التناقل المتكررة المشابهة لتأثير القوة المعجلة

واذا اطلقنا طنجية من اسفل الى اعلى فان الرصاصة ترتفع في مبداء الامر بالسرعة
الحادثة لها من البارود المشتعل غير ان تحركها يتعطل في كل وقت بما يحدث
عن التناقل من التأثير المتجدد المشابه لتأثير القوة المعطلة

وفي عقب زمن ايا كان تبطل سرعة الرصاصة الاصلية بتأثير التناقل المتضاد
فتمكث هذه الرصاصة ساكنة زمنا ثم تهبط بتأثير التناقل من الوضع الذي كانت
فيه وهي ساكنة ويستمر التناقل على ذلك كقوة معجلة

وفي هذا التحرك الجديد تزيد قوة التناقل في كل وقت بكمية من التأثير مساوية
بالضبط للكمية المنقوصة مدة صعود الرصاصة وعليه ففي مدة الزمن
المذكورة تقطع الرصاصة مسافات متساوية قبل الوقت الذي تصل فيه

الى اقصى درجة من الارتفاع وكذلك بعده سواء كانت صاعدة اوهابطة
وتكون معصوبة دائما بسرعتها المكتسبة اذا وصلت الى ارتفاع واحد
سواء كانت صاعدة اوهابطة ايضا

ويجب حفظ ما ذكرناه لانه من اعظم قواعد علم الميكانيكافائدة وسيأتى لك
مايدل على اهمية تطبيقاتها المتعددة على الصناعة

والسرعة المعدومة بالرصاص الصاعدة مناسبة للزمن الماضى منذ اطلاقها
وتقصان المسافة المقطوعة بالرصاص المذكورة مناسبة لمربع هذا الزمن

والسرعة المكتسبة بالرصاص الهابطة مناسبة للزمن الماضى منذ شروعها
فى الهبوط والمسافة المقطوعة بالرصاص المذكورة بواسطة التثاقل مناسبة
لمربع هذا الزمن

وتطلق القوى البسيطة على القوى التى لا تؤثر فى الجسم الامرّة واحدة
وبها تكون المسافات المقطوعة مناسبة للسرعة الثابتة المتعددة

وتطلق القوى النشاطية على القوى المجتله اوالمعطلة التى يكون قياسها معلوما
من مربع السرعة المكتسبة المتعددة

واى وضع وجد فيه الجسم مدفوعا بمباى سرعة كانت فانه اذا هبط مدّة زمن ط
اكتسب سرعة v المناسبة لزمن ط المذكور وعليه اذا كان m رمزا

لجسم هذا الجسم فانه يكتسب كمية من التحرك تساوى $m \times v$ وهذه
الكمية هى مقدار القوة النشاطية من m

فاذا اوقعنا جسما ليكتسب قوة ممكن استعمالها فيما بعد فى اشغال الصناعة
فانه يستدل على كمية القوى التى يجمعها بضرب مجسمه فى سرعته المكتسبة

وذلك فى عقب

١ و ٢ و ٣ و ٤ . . . الخ من الثوانى

١ و ٤ و ٩ و ١٦ . . . الخ $m \times ٨٠٨٧٩٥$ و ٩

فاذا اخذت هذه المقادير من الشمال الى اليمين ادت للجسم الهابط القوة النشاطية

المتزايدة وإذا اخذتها من اليمين الى الشمال أدت للجسم الصاعد القوة النشاطية
المتناقصة

والفاضل بين هذه القوى هو عين الفاضل بين الارتفاعات سواء كانت القوى
المذكورة صاعدة اوهابطة

وحينئذ اذا وقع جسم بدون معارض بقوة نشاطية مكنسبة من ابتداء
نقطة \bar{A} الى نقطة \bar{B} او حذف هذا الجسم من اسفل الى اعلى بالقوة
المذكورة فانه يرتفع من \bar{B} الى \bar{A} قبل أن تبطل قوة التناقل المعطلة
جميع ما تحصل منها في مبداء الامر عند تنزيلها للجسم المذكور

ومن ثم يعلم انه لا يمكن استخراج فائدة من القوة المكنسبة بالجسم الهابط
ليصعد بها اعلى من نقطة مبداء سيره ولا من القوة المعدومة بالجسم الصاعد
لتزداد قوته بواسطة سقوطه اذا اقتضى الحال رجوعه الى نقطة مبداء سيره
وهذه الحقائق في غاية السهولة ومع ذلك اذا تفطن اليها العقل حاد بها عن الوقوع
في الاختلاطات والتراكيب الفاسدة والمباحث الخالية عن الفائدة المتعلقة
بالتحرك الدائم

فاذا كان هناك جسم ساكن ووقع عليه تأثير الهواء كان هذا التأثير قوة
دافعة له تتجدد دائما حتى يكتسب سرعة مساوية لسرعة الهواء المذكور
لكن كلما اكتسب الجسم المذكور سرعة اكبر من الاولى حصل له من الهواء
دفعة غير قوية وعليه ففي هذه الحالة لا تكون القوة المعجلة ثابتة وكذلك
لا تكون القوانين المحكمة المنظمة لنسب الزمن مع السرعة المتكررة والمسافات
المقطوعة اسهل من القوانين التي ذكرناها ويناتطبقها على التناقل

(وسيا في ان قوة التناقل لا تكون ثابتة على ابعاد متنوعة من مركز الارض)
واذا فرضنا ان جسما يتحرك في الهواء الساكن او في اتجاه مضاة لاتجاه الهواء
فانه بمجرد ازدياد سرعته يحصل له من الهواء مقاومة متزايدة وعليه فلا يكون
الهواء مؤثرا كالقوة المعطلة الثابتة فقط بل يكون مؤثرا كالقوة المعطلة
المتزايدة

وسياتي لهذه الملاحظات التي ذكرناها هنا على وجه اجمالي مزيد توضيح عند تعريف طبيعة قوة الهواء الخاصة وبيان تطبيقاتها على الصناعة (في الجزء الثالث من هذا الكتاب عند ذكر القوى المحركة المطبقة على الصناعة) هذا ولم يبق علينا الا الصورة الثالثة ولنذكرها هنا فنقول ان هذه الصورة هي التي تكون فيها القوة الاصلية متجهة الى جهة مخالفة لتأثير القوى المعجلة او المعطلة وحينئذ لا يقطع الجسم خطا مستقيما وانما يرسم منحنيًا تكون خاصيته وانحناءه على حسب تأثير القوى المعجلة او المعطلة وشدة تلك القوى ولانذكر هنا الا قوتين وهما قوة الهواء وقوة التناقل اللتان يؤثران في تحرك الاجسام سرعة او بطأ واما الصناعة فيستعمل فيها بجهة عظيمة من القوى الاخرى بل انها تبطل مقاومة ماشا بينهما من القوى لاجل تحصيل النتائج المطلوبة وقد تقدم الكلام على بعض تلك القوى ولترجع الى ما نحن بصدده فنقول

اذا كان هناك سفينة متحركة على الماء فان تحركها يكون بقوة مستمرة تنقلها من حالة السكون حتى تصل الى غاية ما يمكن من السرعة فيلزم أن تبطل بالتدريج مقاومات الماء الشبيهة بتأثير القوة المعطلة ولا تصل الى حالة التحرك المنتظم او المنتسق الا اذا كان ما ينعدم من السرعة بتأثير القوة المعطلة مساويا لما يتجدد من السرعة عن القوة الدافعة التي يفرض تجدد تأثيرها في كل وقت تساويا مضبوطا

وقد امتازت القوة الدافعة عن غيرها من القوى في انواع الالات يكون تأثيرها يزيد في كل وقت بكمية معلومة لاجل ابطال المقاومات التي تجدد في كل وقت لابطال هذه الكمية بعينها

ففي اخنت آلة في التحرك فاعلم ان تظهر بالقوة الدافعة على القوة المعطلة فينشأ من ذلك استمرارها على هذا التحرك وهو الذي يزداد بالتدريج حتى يصل الى الدرجة التي يكون ما ينعدم فيها من السرعة في كل وقت بالمقاومات مساويا لما يتجدد منها اي السرعة بالقوة الدافعة وبالوصول الى هذه الدرجة يكون

تتحرك الآلة منتظما او منتسقا وهذا التحرك هو الجارى فى الاشغال العادية من اشغال الصناعة

وللتحركات الاولى المتغيرة منية على غيرها فى تحرك الآلات وهى ان سرعتها فى مبدء الامر تكون معدومة ثم تتجدد وتزداد بالتدرج حتى تصل الى السرعة الثابتة المستعملة فى الاشغال المستمرة

هذا ولم نبد هذه الملاحظة لمجرد الرغبة فيها بل لكونها ضرورية فى فهم تحرك الآلات فانه فى مبدء التحرك يكون جزء من القوة الدافعة معدا لان يحصل به لكل من اجزاء الآلة درجة من السرعة الموافقة لحالة الشغل العادى الثابتة وعليه فيلزم ان تلك القوة ينعدم بها أولا انرسى الآلة (اى سكونها) وثانيا اوائل مقاومات القوى المعطلة لانه اذا اعطى للآلة المذكورة من اول وهلة قوة ثابتة مع السرعة اللازمة لها فى حال تحركها الاعتيادى لزم لذلك قوة وقتية عظيمة جدا حتى تبطل دفعة واحدة المقاومات الخاصة بهذه الآلة والمقاومات الحادثة من انرسى اجزاها وبذلك يخشى على الاجزاء المذكورة فاتها ان لم تنكسر وتلف تضعف صلابتها وسنذكر فى الكلام على تحرك الطارات المضرسة مثلا شهيرا تعلم به اهمية ما ذكر

*(الدرس الثالث) *

*(فى بيان القوى المتوازية) *

لا يخفى اننا الى الان لم نذكر الا القوى المتجهة على مستقيم واحد وسبق ان علمنا يزيد وينقص على حسب تأثيرها فى جهة او اخرى تقايلها فاذا كانت القوى لا تؤثر على مستقيم واحد فقط بل على مستقيمتين متوازيين فانه يحصل عن ذلك تأثير كذا نير القوى المتقدمة

مثلا اذا كان فرسان يجزان عربية فى قطار واحد على مستقيم واحد كان تأثيرهما عين تأثير فرسين مشدودين بجانب بعضهما ويجزان ايضا بالتوازي وكذا ثلاث افراس مربوطة فى قطار واحد ومتجهة على مستقيم واحد يكون تأثيرها عين تأثير ثلاثة اخرى مشدودة بجانب بعضها وجارة بالتوازي

وهلم جـ ١

فأذن يحدث من القوى المتوازية العديدة المتجهة إلى جهة عين التأثير الذي يحدث من قوة واحدة تساوي مجموع تلك القوى وتجز في اتجاه واحد وهي المعروفة بمحصلة تلك القوى

فإذا كان هناك قوى متوازية تجذب إلى امام وأخرى مثلها تجذب إلى خلف وحولات الأول إلى قوة واحدة مساوية لمجموعها والآخر إلى قوة واحدة مساوية لمجموعها أيضا فإن القوة المحصلة الكلية تكون مساوية لمفاضل المجموعين ومتجهة جهة أكبرهما

وقد ذكرت لك هذه النتائج الثابتة بالتجربة لما ان استعمال هذه الكيفية أولى من إقامة براهين غير جلية لا تقنع أرباب القرائح الجيدة فلو قلنا مثلا كما يقول بعض مؤلفي الأصول الأولية أنه يلزم اعتبار قوتين متوازيتين في الاتجاه كالتقاطعتين في نقطة واحدة تقاطعا غير محدود ولهما اتجاه واحد غير محدود أيضا وأثرنا التعبير بهذه الطريقة لما ذكرنا لك في الحقيقة الأشياء غامضة قليلة الوضوح

وما يسهل مشاهدته أن لمحصلة القوى المتوازية اتجاهها واحد مع القوى المركبة منها وانها تساوي مجموع ما كان منها يجذب إلى امام ناقصا بمجموع ما كان منها يجذب إلى خلف وإنما يصعب أن يشاهد في جميع الحالات وضع المحصلة الحقيقي ومعرفة متوقفة على مراجعة الهندسة

وذلك أن الهندسة تبين بواسطة الخطوط المناسبة زيادة عن المسافات المقطوعة أو المعدة للقطع والمسافات المشغولة بالآلات ومحمولات الصناعة أصولا ميكانيكية بظن أنه لا علاقة بينها وبين علم الامتداد ويجب مزيد الانتباه إلى هذا الغرض المهم

وبالجملة فلا علاقة بين مدة الزمن وطول الخط إلا أن الزمن ينقسم إلى أجزاء متساوية كالساعات مثلا وتنقسم الساعات أيضا إلى أجزاء متساوية كالدقائق والثواني وغير ذلك والخط المستقيم أو المنحني ينقسم أيضا إلى أجزاء متساوية منمرة بأرقام ١ و ٢ و ٣ الخ كالساعات التي تتعاقب في السير من وقت

معين وينقسم كل جزء من تلك الاجزاء الى اجزاء متساوية بقدر ما في الساعة من الدقائق وهذه التقسيمات الجديدة تدل على دقائق كل ساعة فاذا قسمنا اجزاء الخط الجديدة تقسيما نانويا بقدر ما في الدقيقة من النواني فان التقسيمات الحادثة من ذلك تدل على النواني وهلم جرا

فاذا وضعت النمرة بالارقام على هذه التقسيمات امكنك أن تستدل على الزمن أولا بالاعداد وثانيا باطوال الخطوط فاذا جمعت اجزاء الخط او طرحتها اوضربتها او قسمتها كما تفعل ذلك في اجزاء الزمن الدالة عليه كان بالبداية الخط الاخير وهو حاصل جميع هذه العمليات دالا على الزمن الاخير المطلوب تقديره وهذه هي كيفية استعمال الهندسة في الاستدلال بالخطوط على الزمن

ثم ان مينات الساعات صغيرة كانت او كبيرة على شكل دائرة منقسمة الى اثني عشر جزءا متساوية تدل على الساعات ومنقسمة ايضا تقسيما نانويا الى ستين جزءا متساوية تدل على الدقائق لكن لما كانت وحدة القياس مختلفة في الدقائق والساعات لزم للساعة عقربان ليتبعهما حركتهما ولزم ايضا ان العقرب المعدل لدقائق يكون اسرع في السير من العقرب المعدل للساعات باثني عشرة مرة

وفي المزاويل الشمسية تكون مدة الزمن مبينة ايضا باصول هندسية وهي الزوايا وذلك بان نمد من مركز المزاولة مستقيما موازيا لمحور الارض ونفرض مستويا يمر بكل من المستقيم المذكور ومركز الشمس ويدور دورانا متبظما * والزوايا التي تقيس تحركه تكون ايضا قياسا للمسافات المقطوعة

وكل من السرعة والزمن قابل للاستدلال عليه بالخطوط وحينئذ تكون ارتفاعات α و β و γ المبينة في (شكل ١ من الدرس الثاني) دالة على الازمنة الماضية * وما يكتسبه الجسم من السرعة المتكررة يستدل عليه بمستقيمات α و β و γ الخ المتوازية

وحينئذ فيستدل على المسافات المقطوعة بالسطوح كما تقدم وفي اريدا الاستدلال على المسافات المقطوعة بخطوط مناسبة لها وعلى الازمنة بخطوط ايضا كانت السرعة المتكررة هي النسب الحاصلة بين هذه

الخطوط فاذن لا يستدل عليها من الآن فصاعدا الا بالاعداد
واما القوى فانها ليست من جنس الزمن ولا السرعة ولا المسافة لكنها عوارض
تستعمل الزمن لسير الاجسام من مسافة معلومة في زمن معلوم بسرعة
معلومة

فيمكن أن يستدل على القوى بخطوط مناسبة لها ومتجهة انجهاها
كما يستدل بها على الازمنة والسرعة المتكررة والمسافات

وهذه القضايا واضحة سهلة اذ بها يظهر لك من اول وهلة اعظم فوائد علم
الهندسة وانما احتيج الى هذا العلم هنا لتسهيل به معرفة الميكانيكا ولاجل
استحضار او معرفة حقائق الاشياء وان كان لا وجود لها في الظاهر بحيث يمكن
ادراكها بالحواس كالزمن فانه لا يمكن رؤيته ولا مسه ولا سماعه وانما يمكن
رؤية الخطوط والنقط والارقام المرسومة على المزولة ويؤخذ من ذلك ان الاشياء
تكون مشاهدة دائما بواسطة الهندسة وبها يمكن قياس الزمن

وكذلك لا يمكن رؤية ثقل الجوى ولا سماعه ولا مسه وانما يمكن رؤية تقاسيم المستقيم
المرسوم بقدر طول البارومتر (وهو ميزان الهواء) الذي تعرف به تغيرات ثقل
الجوى ويتوصل بالهندسة الى ادراك ذلك كله بالحواس

ولا يمكن ايضا الحكم بمجرد النظر على الضغط الحادث عن البخار في قدر من الة
البخار وانما يمكن بواسطة المانومتر (وهو ميزان الابخرة) الذي هو كناية
عن بارومتر بخارى أن يستدل على هذا الضغط بخط منقسم الى اجزاء متساوية
وسياتى لك ذلك في الجزء الثالث من هذا الكتاب عند ذكر القوى المحركة

فلا غرو حينئذ في الاستدلال على القوى بخطوط مستقيمة * واتجاه هذه
الخطوط هو عين الاتجاه الذي يتبعه الجسم الواقع عليه تأثير القوة الميمنة
بما تقدم * وطول الخط يدل على مقدار القوة وترجع الى ما نحن بصدده وهو
القوى المتوازية فنقول

متى كان القوتان المرموز اليهما مستقيمي اس و بص (شكل ١)
جاذبتين لمستقيم اب العمودى عليهما كان قضيب شر مربوط

بمنتصف أ ب والموازي لهاتين القوتين والموضوع على وجه منتظم بالنسبة لهما دالا بالبداهة على اتجاه محصلتهما وبالجملة فحيث كانت قوة اليمين ليست اكبر من قوة الشمال فلا داعي لان تكون المحصلة اقرب الى اليمين من الشمال اوالى الشمال من اليمين

فاذا كان هنالك ثلاث قوى جاذبة بالتوازي لمستقيبات أ س و ب ق و ش ز (شكل ٢) وموضوعة على بعد واحد من بعضها فان المحصلة تقع في ب ق وهلم جرا وهاتان الصورتان يجريان في كثير من عمليات النقل بالعربات

مثلا اذا جرت فرس واحد عربية بواسطة مجرتين موضوعتين وضعا منتظما على يمين منتصف العربية وشماله فانه يسحب بالسوية مجرى اليمين والشمال وعليه فينبغي أن تسير العربية الى الامام في اتجاه مواز للمجرتين المذكورين كما اذا كان الفرس لا يجتزى الا بواسطة حبل او جزار ثابت في منتصف العربية

واذا كان هنالك فرسان جاذبان بجانب بعضهما فانهما يكونان على بعد واحد من نقطة المنتصف وهي ع (شكل ٣) وعلى ذلك تكون مجرات ط و ط و ط و ط الاربعة موضوعة وضعا منتظما على يمين المنتصف وشماله وبيان ذلك أولا ان محصلة مجرى ط و ط مساوية ط + ط وواقعة على ه في منتصف كتف العربية وهو ا - وثانيا ان محصلة مجرى ط و ط مساوية ط + ط وواقعة على ف في منتصف الكتف الثاني للعربية وهو ش وثالثا ان لقوتى ه و ف محصلة وهي ع مساوية ل مجموعهما وهو ط + ط + ط + ط وموضوعة على بعد واحد من ه و ف

فعلى ذلك يكون مستقيم ع المار بمنتصف العربية دالا في الاتجاه على المحصلة الناتجة

ولفرض أن هنالك قوتين متوازيتين وهما أ س و ص غير متساويتين وجاذبتين لقضيب ا - (شكل ٤) والمطلوب معرفة وضع المحصلة

فلاجل ذلك نفرض أن $\overline{س ا ث}$ $\overline{ص ر ث}$ (شكل ٥) منشوران
 او اسطوانتان متجانستان ومتحدتان في السمك والطول بحيث اذا انطبق احد
 طرفيهما على الآخر كانا شاذلين لطول $\overline{ا س}$ مرتين وهذا ما يمكن عمله دائما
 فاذا تقرر هذا التوضيح لك أن ثقل $\overline{ث ا س} = \overline{س و ث}$ و $\overline{ص ر ث}$
 $= \overline{ص}$ لا يتغيران اذا علق $\overline{ث ا س}$ و $\overline{ص ر ث}$ من منتصفيهما
 تعليقا افقيا فينتد يوجد بين $\overline{ا و}$ $\overline{ا و}$ نصف طول الثقل الصغير
 وثانيا نصف طول الثقل الكبير وعليه يكون مجموع نصفي الطولين المذكورين
 مساويا لبعده $\overline{ا س}$ فاذن ينطبق الثقلان على بعضهما ويكونان موضوعين
 على وجه بحيث لا يتكون منهما الا ثقل واحد فاذا فرض انهما من مبداء الامر
 متلاصقان فذلك لا يغير موازنهما لكن ثقل $\overline{س ر ص}$ المتكون منهما المتحد
 السمك في كل من طرفيه يكون بالبداهة متوازنا عند تعليقه من منتصفه بقوة
 واحدة وليكن $\overline{ث}$ رمز هذا المنتصف فتكون محصلة قوتي $\overline{س و ث}$ و $\overline{ص}$
 وهي $\overline{ر}$ مارة بنقطة $\overline{ث}$ المذكورة

فاذا فرض عكس طرفي $\overline{ا س}$ بأن جعل احدهما موضع الآخر وكانت نقطة
 $\overline{ث}$ موضوعة على $\overline{ث}$ حدث بالبداهة هذا التساوي وهو

$$\overline{ث} = \overline{ا س} = \overline{ص}$$

$$\overline{ا س} = \overline{ر ث} = \overline{ا س}$$

وعلى ذلك تكون نقطة $\overline{ث}$ واقعة على نقطة $\overline{ث}$ في منتصف $\overline{ا س}$
 فاذن ينبغي الوضع في $\overline{ث}$ على ابعاد متساوية من $\overline{ا س}$ و $\overline{ص}$
 المناسبين لقوتي $\overline{ص}$ و $\overline{ا س}$ لاجل تحصيل نقطة وقوع المحصلة
 وانذكر هنا مثالا في شأن هذه الحقيقة يتعلق بجبر العربات بالخيول فنقول
 يستعمل في ذلك غالبا هذه الطريقة وحاصلها انه اذا كان هناك ثلاث افراس
 وهي $\overline{س و ص و ز}$ (شكل ٦) مربوطة بجانب بعضها فان
 الفرسين المرموز اليهما بجبر في $\overline{ص و ز}$ يكونان مربوطين بكثف العربية
 وهو $\overline{ا س}$ وتكون محصلتهما وهي $\overline{ث ر}$ مساوية لمجموع قوتيها

وموضوعة في منتصف \overline{AB} وهذه المحصلة تقع مباشرة على قوة الفرس
الثالث وعليه فتوضع نقطة \overline{H} مرتين قريبا من \overline{D} و \overline{S} وهي
نقطة وقوع قوتي \overline{D} و \overline{S} وبناء على ذلك تكون أيضا نقطة لوقوع
المحصلة الناتجة منهما وهي \overline{X} وقد يكون \overline{H} متجهًا على محور العربية
الطولي

وليفرض كما في (شكل ٤) أن قوة $\overline{R} = \overline{S} + \overline{V}$ تفوق
على قوة \overline{V} قليلا قليلا حيث أن \overline{S} تنقص كثيرا كثيرا فإذا فرض
في مساواة $\overline{R} \times \overline{D} = \overline{S} \times \overline{A}$ أن \overline{R} و \overline{D} و \overline{S}
لا يتغيران فلا خفا أنه كلما نقص \overline{S} ازداد \overline{A} وإذا كانت قوة \overline{S}
محولة بالتوالي إلى نصف طولها الأصلي أو ثلثه أو رבעه أو غير ذلك لزم أن يكون
بعد \overline{A} مضعفًا مني وثلاث وربع وهكذا لاجل حفظ حاصل $\overline{S} \times \overline{A}$
وإذا بلغ \overline{A} في الكبر ما بلغ فانه يوجد دائما مقدار صغير لقوة \overline{S} التي لا مانع
من مكافئتها للمساواة المتقدمة فاذن يفوق $\overline{R} = \overline{S} + \overline{V}$
على \overline{V} بكمية يسيرة وهي \overline{S}

ويحدث من ذلك القضية المشهورة وهي أنه لا يمكن توازن قوتين كقوتي \overline{V}
و \overline{R} مع قوة ثالثة كقوة \overline{S} متى كانتا متساويتين ومتوازيتين ومتجهتين
إلى جهتين متضادتين وإذا بلغت قوة \overline{S} في الصغر والتباعد ما بلغت فانها
لا تبلغ في ذلك حد الكفاية

وحيث أن القوة الكلية لا يمكن أن توازن قوتين متساويتين ومتضادتين
ومتوازيتين يلزم أن لا يكون لهاتين القوتين محصلة كلية قابلة لأن تسير الجسم
إلى الامام على خط مستقيم فاذن يحدث عن هاتين القوتين المتساويتين
المتضادتين المتوازيتين على الجسم الواقعتين عليه تأثير آخر بدلا عن التأثير
الذي يسيره على مستقيم واحد وسيأتي الكلام على ما يكون للجسم من قوانين
التحرك الجديد في الدرس الرابع بعد توضيح ما يتعلق بالتحركات الحادثة على
مستقيم واحد

إنرجع الى تأثير القوى المتوازية التي يمكن أن يكون لها محصلة ونذكر في شأنها
باعدة شهيرة فنقول

بـ $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ واقعتان موديا على قضيب
(شكل ٧) فاذا انحرفتا بالسوية بشرط انه لا يتغير توازيهما في $\overline{س}$
كانت محصلتهما وهي $\overline{ر}$ المساوية لمجموعهما دائما واقعة على
قطة $\overline{ث}$ وحيث لا يكون لوضع نقطة الوقوع ولا مقدار المحصلة تعلق بميل
هاتين القوتين المتوازيتين بالنسبة للمستقيم الواصل بين نقطتي وقوعهما
ثم ان هذه الخاصية رهي خاصية التحرك التي هي بحسب الظاهر في غاية السهولة
لها نتائج عظيمة وثمرات جسيمة في علم الميكانيكا والصناعة ولذا كرا الخواص
الاصلية فنقول

اذا فرض ان هناك ثلاث قوى متوازية كقوى $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$
واقعة على ثلاث نقط لست على مستقيم واحد (شكل ٨) وان $\overline{اس}$
و $\overline{بص}$ و $\overline{ثز}$ دالة على اتجاهات تلك القوى كان لقوتى $\overline{س}$
و $\overline{ص}$ في مبداء الامر محصلة $\overline{ر}$ الواقعة على نقطة $\overline{د}$ والمساوية $\overline{س}$
+ $\overline{ص}$ والموضوعة على وجه بحيث يحدث عنه هذا التناسب

$$\overline{دا} : \overline{دب} :: \overline{ص} : \overline{س}$$

ثم يكون لقوتى $\overline{ر}$ و $\overline{ز}$ محصلة $\overline{ض}$ = $\overline{ر}$ + $\overline{ز}$ = $\overline{س}$
+ $\overline{ص}$ + $\overline{ز}$ فتكون نقطة الوقوع وهي $\overline{ه}$ لمحصلة $\overline{ض}$
موضوعة بحسب هذا التناسب

$$\overline{ده} : \overline{هث} :: \overline{ز} : \overline{ر}$$

فاذا تقر هذا وتغير اتجاه جميع القوى بدون أن يتغير توازيها وكان وضع نقطتي
 $\overline{د}$ و $\overline{ه}$ غير متعلق باتجاه تلك القوى يلزم أن يكون هذا الوضع باقيا على حالة
واحدة وعلى ذلك ففى تغير اتجاه القوى المتوازية الواقعة على $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$
و $\overline{ث}$ على اى وجه كان بحيث لا يعدم توازيها فان نقطة وقوع المحصلة
تكون دائما قطة $\overline{ه}$

فإذا كانت القوى اربعا او خمسا او ستا فان نقطة وقوعها لا تتغير ولو تغير اتجاهها
جميع القوى المركبة معا بشرط أن تكون باقية على توازيتها
هذا ويمكن أن نعتبر الجسم كمجموع عدة اجزاء صغيرة مادية مندفعة جهة
الارض بواسطة قوى اتجاهاتها متوازية تقريبا ويمكن اعتبار تلك الاجزاء
كالقوى في التوازي بدون خطأ بين

فإذا كان الجسم في وضع وادير الى آخر واقتضى الحال البحث في كل وضع عن
نقطة وقوع القوة الكلية المحصلة من ثقل كل جزء صغير من الجسم فانا نجد
دائما نقطة واحدة وهي نقطة شهيرة تعرف بمركز الثقل
وبواسطة التجربة نتحقق من خاصية الاجسام عند تعليةها بخيط في اتجاهات
مختلفة وتوافرها به فيكون هذا الخيط بالبداية تابعا لاتجاه محصلة ثقل جميع
اجزاء الجسم ويعلم من ذلك انه يكون دائما في اتجاه مار بنقطة منفردة وهي
مركز الثقل

ولخاصية مركز الثقل بالنظر الى القنون فوائد عظيمة في تحرك الاجسام
ولنفرض أن جسما ذا شكل ما يتحرك على مستقيم واحد بدون أن يدور فكل
من اجزائه الصغيرة التي يطلق عليها اسم العناصر يكون مدفوعا بقوة مناسبة
اولا للسرعة المشتركة وثانيا لكمية المادة التي يحتوي عليها هذا العنصر
وفي التحرك المستقيم الذي كلامنا فيه يتحرك كل عنصر على مستقيم واحد
فيكون مدفوعا بقوة متجهة الى جهة هذا المستقيم ومناسبة اولاً لجسمه
وثانيا لسرعته

ولنفرض مثلاً جسماً طوله متر واحد فاذا جعلنا هذا الطول قاعدة لمثلث
رأسه في مركز الارض حدث عن ذلك مثلث ليست قاعدته جزءاً من ستة من
مليون من ارتفاعه ولا يحدث عن ضلعيه الطويلين الدالين على اتجاه التناقل
زاوية مساوية لجزء من مائة من الف من الدرجة الواحدة وهذه الزاوية لا يمكن
قياسها باعظم الآلات مع الضبط والصحة
ولجميع هذه القوى المتقدمة محصلة واحدة موازية لاجزاءها المشتركة ومساوية

لجميعها ومارة بمركزها وهي هنا مركز ثقل الجسم
وعلى ذلك يتحرك الجسم بهذه المثابة اعني يتبع مستقيما واحدا بدون دوران
وذلك باحد شروط ثلاثة وهي
(اولا) أن يكون كل من عناصر الجسم مدفوعا بقوة واحدة مناسبة لجسم
هذا العنصر ومتجهة الى اتجاه معلوم
(ثانيا) أن يكون الجسم كله مدفوعا بقوة واحدة موازية لاتجاه معلوم
ومارة بمركز ثقل الجسم
(ثالثا) أن يكون مدفوعا بعدة قوى متوازية لها محصلة واحدة مارة بمركز
ثقل هذا الجسم
فعلى ذلك اذا اريد منع الجسم الذي يسير الى الامام على مستقيم واحد عن
التحرك بالكلية بواسطة قوة واحدة لزم أن يكون اتجاه هذه القوة مارة بمركز
ثقل الجسم
واما اذا اريد منعه عن التحرك بواسطة عدة قوى فيلزم ان تكون محصلة
هذه القوى مارة بمركز ثقله
وقد اثبتنا فيما سبق انه اذا علق او اسند جسم من نقطة واحدة فشرط التوازن
أن يكون مركز ثقل الجسم ونقطة التعليق موجودين معا على مستقيم رأسي
واحد ومتى اريد تعليق جسم في وضع معين لزم أن تتوهم مستقيما رأسيا مارة
بمركز ثقل ذلك الجسم ونضع نقطة الارتباط على الرأسى المذكور وسيأتى لك
في الدرس الذى نتكلم فيه على وضع مراكز ثقل المربع والمستطيل والمعين
والدائرة والقطع الناقص ونحوها ان البراويراتى تعلق فى البيوت وتكون
على شكل من هذه الاشكال لها نقطتا تعليق وارتباط موضوعتان مع مركز
ثقلها على مستقيم رأسي واحد ومن هذا القبيل الخفيات المعلقة فى قباب
الكائنات وسقوف المقاعد والدلاء المربوطة بالحبال لاغتراف الماء والنزول
فى المعادن
وبالجملة فمعرفة وضع مركز الثقل مما لا بد منه للصنائع سواء وضعوا اجساما

ساكنة في وضع معلوم او يديرها على مستقيم واحد بدون دوران او منعوا
تحرك الاجسام التي تسير بهذه المثابة

ثم ان جسم الانسان له مركز ثقل كغيره من الاجسام الا ان هذا المركز
يتغير وضعه متى حرك الانسان عضوا من اعضائه او حمل شيئا ما وذلك لان
الحامل والمحمول معا يعتبران لهاما مركز ثقل واحد متمركز به محصلة ثقله وثقل حمله

فاذا وقف الانسان مع الاعتدال والاستقامة الثامة (شكل ٩)
(وشكل ١٠) امكن أن نعتبر انخصيه كذبة طقى وقوع القوى المتوازية
المؤثرة من اسفل الى اعلا والدالة على قوة مقاومة الارض التي يكون بها
هذا الانسان وجميع قوى المقاومة محصلة واحدة رأسية واقعة على نقطة
معلومة كنقطة أ

ولاجل توازن ذلك يلزم أن تكون المحصلة مارة بنقطة غ التي هي مركز
ثقل الجسم الانساني لان هذا الجسم بدون ذلك يكون مجذوبا الى الجهة
التي يكون بها مركز ثقله ويكون محقق الوقوع مالم يبادر بتوصيل هذا المركز
الى وضع محصلة قوى المقاومة الرأسى بأن يميل ببعض اعضائه الى الجهة المقابلة
لجهة السقوط

فاذن يلزم ان مركز ثقل الجسم الانساني يُعتبر كأنه يتغير في كل وقت تقريبا
بالتحركات التي تستدعيها حاجة الانسان او حفظه

ومن المهم في الفنون المستظرفة وفي كثير من فروع الصناعة معرفة الاوضاع
المتنوعة التي يمكن أن يأخذها مركز ثقل الانسان

فيذبغى للمصورين والنقاشين أن يعرفوا هذه الاوضاع معرفة كافية
حتى لا يضعوا اشكالها في وضع فاسد اى في وضع لا يمكن للانسان
أن يقف فيه مع الاستقامة بدون أن يسقط ولا شد أن هذا العيب كاف
في الاخلال بجودة الصفاة وضياع انتظام الفنون المستظرفة

فاذا فرض ان بعض المصورين رسم صورة انسان حامل على ظهره
(شكل ١١) حلا كبيرا وجعله في وضع تام الاستقامة كان ذلك

مخالف القوانين الميكانيكية والحقيقة الرصد (وقدر من نافي جميع ما يأتي من العبارات والاشكال بحرف غ الى مركز ثقل الجسم الانساني وبحرف غ الى مركز ثقل الحامل والمحمول معاً) وبالجملة فالتوازن يقتضى ان نقطة غ التي هي مركز الحامل والمحمول الاعتبارين بجسم واحد تكون على المستقيم الرأسى الحادث عن انحنى الانسان لاجل المقاومة لكن اذا كان الانسان معتدلاً وكان مركز الثقل يميل الى جهة الخلف حتى يخرج عن المسافة المشغولة باخصى الرجلين فانه حينئذ يقع هو ومحموله الى جهة الخلف

وللعتال معرفة تامة بهذه الفائدة الميكانيكية فانه بمجرد ما يضع الحمل على ظهره يشرع في امالة الجزء الاعلى من جسمه الى الامام كما تراه في (شكل ١٢) ليكون مركز الثقل المشترك بين الجسم والحمل على مستقيم رأسى لائق فاذا كان الحمل باقياً على ثقله فانه كلما كان مركز ثقله بعيداً عن مركز ثقل جسم الحامل كان المركز المشترك بينهما مائلاً الى الخلف وكان العتال مجبوراً على أن يميل الى الامام ولا يزال كذلك حتى ينتهي امره الى اخذ وضع متعب وربما تعذر اذا كان الحمل عظيم الحجم كما تقدم في (شكل ١٢) فاذا كان الجسم مسطحاً من جهة وغرضاً من اخرى فان العتال يستند بالجهة المسطحة على ظهره ويتقل حينئذ مركز ثقل الحمل الى الامام مهما امكن وبذلك يمكنه عند حمل ثقل معلوم أن يميل قليلاً بقدر الامكان ليكون متوازناً مع الحمل

ومن الاثقال التي لاتعد خفيفة جرنيدية العسكرى التي يحملها على ظهره وقد كانت الجرنيديات القديمة المهتدة بالكلية ينشأ عنها ضرر كالضرر الناشئ عن الحمل المذكور في (شكل ١٢) فكان مركز ثقلها مائلاً الى الخلف بالكلية فبذلك كان الراجل مجبوراً على أن يكون الجزء الاعلى من جسمه مائلاً الى الامام بالكلية حال السير وكان ذلك بموجب قوانين صعبة صادرة عن امر غوطية فلما تفكروا في خواص مراكز الثقل ادركوا فائدتها

وصنعوا للعساكر جربنديات عريضة ومسطحة (شكل ١٣) مركزها
تقها يعيل الى الخلف قليلا اذا حملها العساكر على ظهره من جهتها
العريضة وهذا التخفيف الضروري معدود من العمليات السهلة المتعلقة
بقضية مركز الثقل النظرية وكان العساكر قبل عمل هذه الجربنديات
بقرنين يحملون على ظهورهم مع المشقة جربنديات ردة الشكل

وقد ينشأ عن الحمل الموضوع في جهة الامام تأثير مضاد يجبر الحامل على الميل
الى جهة الخلف لاجل أن يحفظ التوازن على قدميه ما لم يقصد وضعا لا يمكن
الاقامة به بدون أن يكون عرضة للسقوط (شكل ١٤)

فانظر الى بائعة السمك (الافرنجية) مثلا (شكل ١٥) فانك تجد حالتها
المربوطة بالاربطة معلقة امامها تعليقا اقويا وراها عند الوقوف على غاية
من الاعتدال الا أن اعلى جسمها يكون مائلا مع رأسها الى جهة الخلف
ولما كانت في القالب تستند يديها على فخذيها كان ذراعاها ايضا مائلين الى
تلك الجهة وهذه العادة وان كانت جارية في الناس لقصد حيازة الهيبة والوقار
الا ان هذه المرأة لم تكن تفعلها الا ليكون مركز ثقل جسمها وذراعيها مائلا
الى خلف بقدر الامكان لتوازن حملها

وكذلك الحبل (شكل ١٨) فانها اذا عظم حملها وثقل تكون مجبورة
كبائعة السمك على امالة اعلى جسمها الى خلف ولو جرت العادة بانها حال المشي
تستند يديها على فخذيها حتى يكون ذراعاها مائلين الى خلف لكانت
في الغالب تمشي مشيا قويا

وكذلك من تجاوزوا الحد في الغلظ (شكل ١٧) فانهم مجبورون
على الاستقامة والاعتدال على الوجه الذي عليه السماكة والحبل
واذا اريد امالة ثقل جسم الى جهة الامام لزم تقديم الأرجل كثيرا نحو تلك
الجهة وامالة منتصف الجسم الى جهة الخلف بالكلية ليكون مركز الثقل
مائلا الى خلف بقدر الامكان (شكل ١٦)

وقد ذكر حنايا كس رسو أن النساء لا يعرفن كيفية الجرى وانهم يمدون

في تلك الحالة اذرعهم الى خلف لانهم عند الجرى يملن باعلى جسمهم الى الامام
بالكلية وذلك يستلزم استعمال الاذرع المتقدمة لاجل التوازن
فاذا كان السقاء (الافرنجي) يحمل باحدى يديه دلوا واحدا (شكل ٢٠)
فان مركز ثقل الحامل والمحمول لا يكون مائلا الى جهة الخلف ولا الى جهة
الامام كما في الصور المتقدمة وانما يكون مائلا الى جهة غيرهما وحيث ان يلزمه
أن يميل الى الجهة المقابلة لتلك الجهة وذلك يوجب التعب دائما ومن هذا
القبيل ايضا الموضع التي تحمل الطفل على احدى ذراعيها (شكل ١٩)
ومثل هذه المشاق الخالية عن الجدوى ينبغي اجتنابها واستبدالها بكيفية اخرى
بأن يجعل الانسان ما يحمله على جزئين متقابلين من جسمه بالسوية فيحمل
السقاء مثلا دلوين (شكل ٢٢) والمرضع بطفلين متساويين في الثقل
(شكل ٢١)

وتم نساء ضعيفات يحملن على رؤسهن مع السهولة اثقالا جسيمة (شكل ٢٣)
بحيث يكون مركز ثقل الحمل في الوضع الرأسى مع مركز ثقل الجسم فيكون
مركز ثقل الحامل والمحمول مرتفعا لكنه يكون دائما على رأسى واحد فاذن
لا تحتاج المرأة الحاملة الى الميل من اى جهة كانت لاجل حفظ توازن وضعها
الطبيعى

واقول ما اخترجه الناس من المخترعات الميكانيكية بعد ان كانت اشغالهم
لا طائل تحتها هو الخرج الذى له جهة واحدة او جهتان متساويتان وهو
مشقوب من وسطه ليدخل به الجاني رأسه (شكل ٢٤٠) فاذا جى الخراج
وضعه في جهتي الخرج القدامية والخلفية حتى تمتلا بالسوية بحيث لا يغير
مركز ثقل الحامل والمحمول وضعه الرأسى بل يبقى عليه دائما وحيث ان فيمكن
في استعمال الخرج المذكور أن يوضع في جهتيه بدون مشقة حمل عظيم
فاذا فرضنا ان انسانا وقف على رجله مع الاعتدال ثم رفع احدهما على حين
غفلة وصار واقفا على رجل واحدة فان بقى جسمه على اعتداله فلا شك انه يقع
من جهة الرجل المرفوعة فيلزمه لاجل منع هذا الوقوع ان يميل بجسمه قليلا

الى جهة الرجل الثابتة في الارض بحيث يكون مركز الثقل موضوعا على
المستقيم الرأسى المارة بالجزء المشغول بهذه الرجل من الارض
فن ثم كان الناس في حال المشى يميلون قليلا بدون نشاء الى جهة اليمين والشمال
بالتعاقب على حسب ارتفاع الرجل اليمنى او اليسرى (شكل ٢٥)
وقد يكون هذا التحرك المتعاقب محسوسا للانسان بالكلية اذا وقف أمام بلوك
من العساكر سائر على صف واحد بالتساوى وذلك لانه يرى ان هذا البلوك
يميل ذات اليمين وذات الشمال عند نقل كل خطوة مع غاية الانتظام والاتحاد
في السير

فيكون هذا التحرك الخفيف الحاصل ذات اليمين وذات الشمال الذى ينشأ عنه
وضع مركز الثقل الثابت في غاية الصعوبة والمشقة على شخصين كل منهما
قايض على ذراع صاحبه وماش مع النشاط والخفة مالم يسيرا على مهل معا
فان مركز ثقل احدهما بدون ذلك يكاد يقع جهة الشمال تحقيقا متى كاد
مركز ثقل الاخر يقع جهة اليمين وبناء على ذلك اذا كانت رجلاهما الداخلتان
موضوعتين على الارض فان هذين الشخصين يتصادمان او يتدافعان
واما في صورة العكس وهى ما اذا كانت رجلاهما الخارجتان على الارض
فانهما يتجاذبان و يكادان أن يتفصلا عن بعضهما وبذلك يكون ذراعاهما
في غاية التعب

وقد ترتب على ما ذكرناه من الادلة في شأن العساكر المشاة الذين يلزمهم بموجب
الترتيب الجارى الآن أن يسيروا مع تماس اذرعهم بعضها البعض منفعة عظيمة
وهى جبر جميع الناس المتماسين على أن يسيروا معا قدماء قدم لانه بدون ذلك
لا يمكن استمرار اذرعهم على التماسه حيث انه اذا مال انسان منهم بجسمه
الى الجهة اليمنى مال الاخر بجسمه الى اليسرى فيختل صفهم وتتفرق جمعيتهم
ولا جل حصول الانتظام والاتحاد في جميع الحركات بمجرد الشروع في السير
يجب على العساكر جميعا أن يبدووا بتدرج واحد وهى اليسرى حسبما هو
متفق عليه ومن هنا تعلم ان الباعث لهم على نقل رجل واحد عند السير المنتظم

من متعلقات قضية مركز الثقل النظرية

هذا ويظهر في فن الرقص من تطبيقات هذه القضية وعلاياتها ما هو أكثر تنوعا من السير وليس هذا محل البحث عن دروس معلم الرقص الرموزي أو غيره من أنواع الرقص حتى نتعرض فيه لذكر هذه التطبيقات لكن حيث اتنا بصدد الكلام على قاعدة التحرك وهو موجود في السير والرقص والتحرك على النط والوثوب حتى أن نتكلم هنا على التطبيقات المذكورة فنقول

إذا فرض أن الراقص أو البهلوان رفع رجله اليمنى من الجهة اليمنى مثلا ووجب عليه في الحال أن يميل جزأ من جسمه إلى الجهة المقابلة لتلك الجهة حفظا للتوازن لكن حيث كان يلزم أن تتحركت الجسم تكون صغيرة مهما أمكن ليكون ما يبذل في ذلك من الجهد قليلا غير ظاهر مع السهولة والخفة لزم أن يمد الراقص أو البهلوان ذراعه الأيسر إلى الجهة اليسرى فإذا كثرت الرجل اليمنى متأخرة إلى خلف لزم أن يكون الذراع الأيسر متقدما إلى أمام فيكون على صورة مركور (أي عطاردة) الطيالة اللطيفة (شكل ٢٦) وعلى صورة رنوميه أيضا (أي الشهرة)

وأما مقابلة تحركات الأذرع بتحركات الأرجل لحفظ مركز الثقل على رأس واحد فذلك مما لا بد منه انطاطي الحبال الذين يتطون بلاميزان معهم فيكون التحرك حينئذ محسوسا مشاهدا والغرض الأصلي من الميزان المذكور هو تحويل مركز ثقل الجسم والميزان معا على رأسى مار بالحبل

وكثيرا ما عاينت أناسا يمشون مع العجلة ويوزون أذرعهم بكثرة ويطرحونها إلى أي جهة من الجهات عوضا عن كونهم يطرحونها إلى الخلف أو إلى الأمام كما هي عادة معظم الناس * وبموجب الملاحظات المقررة في شأن الطريقة التي يكون فيها مركز الثقل مائلا في كل خطوة إلى جهة الرجل الثابتة على الأرض يرى أن الأذرع تميل بواسطة التحرك الطبيعي إلى جهة الرجل المرتفعة لاجل تحويل مركز الثقل إلى اتجاه السير فهو أول الناس الذين يراعون هذه الملاحظات يكونون في مشيهم أكثر استقامة واعتدالا من الأول

ثم ان مراعاة مركز الثقل هي من اهم الاشياء في فن ضرب الشيش
فاذا كان ثقل الجسم مائلا كما هو العادة الى الرجل اليسرى المتأخرة الى خلف
لزم أن يكون مركز ثقل الجسم موضوعا على مستقيم رأسي مائلا دائما بالرجل
المذكورة وهذا بعينه هو الذي يجبر الانسان على أن يميل كثيرا باعلا جسمه
الى خلف ويؤيده اليسرى الى تلك الجهة لاجل توازن الذراع الايمن والساق
الايمن المتقدمين الى امام وبالجمله فادنى ضربة من الشيش المعتد للتعليم تقلب
الضارب اذا كان مركز ثقله مائلا جدا الى خلف وفي صورة العكس وهي
ما اذا كان المركز المذكور مائلا الى الامام يحصل للضارب تعب عظيم متى مال
بجسمه الى خلف وربما كان عرضة للخطر يبطئ هذا التحرك
وسياقى في الدرس الذي تكلمنا فيه على تحرك الدوران ان مراكز الثقل لها
تأثير مهم في التحرك لهذا كور كما ان لها تأثيرا مهما في التحرك المستقيم

(الدرس الرابع)

(في بيان مراكز ثقل الآلات ومجسولات الصناعة وفي كمية القوى)

اعلم ان ما سلفناه من الامثلة في الدرس المتقدم يكفي دليلا على ان من اهم
الاشياء في كثير من الفنون والصنائع تعيين الوضع الحقيقي لمركز ثقل ككثير
من الاجسام المتنوعة الشكل وكذلك تعيين مركز ثقل الاجزاء الثابتة
والاجزاء المتحركة من سائر الآلات

فاذا وسقت عربة ذات عجلين فلا بد أن لا يكون ثقل الحمل موضوعا امام المحور
ولا خلفه لانه في الصورة الاولى ان لم تلف الفرس من الحمل يلحقها مشقة عظيمة
بدون أن يتقص شيء من الجهد والتعب اللازم لجر العربة وفي الصورة الثانية
يكون ثقل المؤخر اعظم من ثقل المقدم فان لم تضطرب العربة بذلك وتزلزل
ارتفع الفرس وصار بعيدا عن الارض وربما ترتب على هذا الجهد والمشقة
خطر عظيم عند الصعود على جانب جبل منحدر انحدارا يينا
ولا بد في عمارة السفن وانتظام وسقها وتصيرها ولو ازمها وادواتها من حساب
وضع مركز ثقل كل جزء من السفينة وكل شيء احتوت عليه لاجل معرفة

مركز ثقل الجميع ولاجل التحقق من استيفائها لشروط التوازن والثبات كما سيأتى (في الجزء الثالث عند ذكر القوى المحركة)
 فإذا كان ثقلان متساويان ومعتبران كنقطتين ماديتين مربوطين بطرف في قضيب غير لين وفرضنا أنه لا تماثل له كان مركز ثقل مجموعهما يكون في منتصف المستقيم

ونقطة $\overline{غ}$ التي هي مركز ثقل مستقيم ثقيل كـ $\overline{أ ب}$ مستقيم (شكل ١) المبين بسلك معدني متحد السمك في جميع جهاته موضوعة في منتصف طول هذا المستقيم لأنه إذا علق من منتصفه فلا داعي لأن تكون إحدى جهتيه أرجح من الأخرى بل يكون التوازن باقيا على حالة واحدة مهما كان ميل هذا المستقيم والنقطة التي يكون هذا التوازن الثابت باصلا حولها هي مركز ثقل المستقيم المذكور

فلا خفاء أنه إذا وضع منتصف قضيب افقي متحد السمك في جميع طوله على طرف أصبع أو على طرف شيء ما فإنه يكون متوازنا وكذلك إذا علق من منتصفه وسيأتى عند الكلام على الرافعة أن توازن الميزان من جملة تطبيقات هذه القاعدة

وانفرض الآن أن المطلوب مركز ثقل مجموع مستقيمي $\overline{أ ب}$ و $\overline{ش د}$ (شكل ٢) المنتظمي التماثل في جميع طولهما بحيث تكون أطوالهما دالة على ثقليهما

فيمكن أن نعتبر أن ثقل مستقيم $\overline{أ ب}$ محصور في منتصفه وهو نقطة $\overline{ه}$ وثقل $\overline{ش د}$ محصور أيضا في منتصفه وهو نقطة $\overline{ف}$

فيحدث بذلك قوتان متوازيتان أحدهما واقعة على $\overline{ه}$ والأخرى على $\overline{ف}$ وكلاهما يدل عليه $\overline{أ ب}$ و $\overline{ش د}$ فتكون محصلتهما مدلولاً عليهما بمجموع $\overline{أ ب} + \overline{ش د}$ وتكون نقطة وقوعها وهي $\overline{ش}$ على مستقيم $\overline{ه ف}$ مينة بهذا التناسب وهو

$$\overline{أ ب} : \overline{ش د} :: \overline{ش ف} : \overline{ش ه}$$

الذي يمكن وضعه بهذه الصورة

أب + شد : أب :: ش ف + ش ه : او ه ف : ش ف
وينتج من ذلك ان

$$\frac{أب \times ف ه}{أب + شد} = ش ف$$

وبذلك يعلم مقدار الحد الرابع من هذا التناسب (كما تقدم في الدرس الخامس من الهندسة)

ويسهل بالقاعدة التي ذكرناها اقامة معرفة مركز ثقل ما يراد من المستقيمت
الثقيلة وذلك بأخذها منى فاذا كان المطلوب مثلا تحصيل مركز ثقل مستقيمت
متألفا منها كثير اضلاع مستقيم مثل أب شد (شكل ٣) فانك
تأخذ نقط تصيف اضلاع أب و بث و شد الخ وهي
ا و ب و ث الخ فبواسطة القاعدة المتقدمة تجد على مستقيم ا
نقطة ص وهي مركز ثقل مستقيمي أب و بث واذا مددت
مستقيم ص واعتبرت ان ثقل مستقيمي أب و بث محصور
في نقطة ص التي هي مركز ثقلها كانت نقطة ص مركز ثقل أب
+ بث و شد فتجد ايضا ان نقطة ز مركز ثقل أب
+ بث + شد و دا فتكون هذه النقطة مركز ثقل المستقيمت
الاربعة وهي أب و بث و شد و دا

وعما ينفع التلامذة فمترنهم على عمل كثير الاضلاع مثل أب شد الخ من
سلك حديد يربطون به خيوطا من حرير كخيوط ا و ب و ث و ص الخ
فيجدون وضع مركز ثقل كثير الاضلاع المذكور على غاية من الضبط ثم يعلقون
هذا الشكل بخيط جديد على التوالي من نقطة ا ومن نقطة ب ومن
نقطة ث وهكذا فيرون أن الساقول الموضوع بجوار خيط التعليق يمر
دائما بمركز ثقل كثير الاضلاع المذكور فيصورون حينئذ بالتجربة خاصية
مراكز الثقل تصورا واضحا سهلا وهذا التمرين يعرفون عملية مفيدة جدا

ويجبرون

ويجبون على ممارسة القواعد الهندسية المقررة في شأن المستقيمات المناسبة
(كما تقدم في الدرس الخامس من الهندسة)

وقد بسطنا الكلام في الجزء المتعلق بالهندسة على شكل الخطوط المتماثلة
والسطوح المتماثلة والججوم المتماثلة وخواصها * والاهتمام بتماثل الاشكال من
اعظم ما يكون عند الميكانيكي والمهندس وان كان الصنائعية لا يهتمون
بهذا الغرض

وليكن كما في (شكل ٤) شكل $ABCD$ مثلثا متماثلا
بالنسبة لمحور AE وتكون نقطة G مركز ثقل محيط $ABCD$
الموضوع على شمال محور التماثل

فاذا ثبنا جزء الشمال على جزء اليمين فانهما ينطبقان على بعضهما انطباقا تاما
وحيث انهما لا يختلفان لا في المقدار ولا في الصورة ولا في الوضع لزم أن يكون
مركز ثقلهما موجودا في نقطة واحدة فاذن تكون نقطة G التي هي مركز
ثقل $ABCD$ في وضع متماثل بالنسبة لنقطة G بمعنى ان G و G
يكونان على بعد واحد من المحور وموضوعين على مستقيم GG العمودي
على هذا المحور وحيث ان محيط $ABCD$ و $ABCD$
المتماثلين متساويان في الثقل كانا مادلولا عليهما بقوتين متساويتين احدهما
واقعة على G والاخرى على G وكانت محصلتهما المساوية لمجموعهما
واقعة على منتصف مستقيم GG اعنى في نقطة GG على محور التماثل
فاذن ثبت المطلوب

ومركز ثقل اى خط متماثل يكون بالضرورة موضوعا على محور التماثل
ولننبه على ان المسطح المستوي المنتهى بحيط متماثل يكون متماثلا بالنسبة
للمحور المتقدم كالحيط المذكور

ويمكن أن يفرض أن هذا المحيط ينتهى به السطح المسطح المستوي الثقيل في جميع
جهاته كفرخ من ورق اولوح من معدن فاذا كانت تقطعا G و G
دالتين على مركزى ثقل المسطحين الموضوعين على يمين محور التماثل وشماله

فان مستقيم $\overline{غ غ}$ يكون عمودا دائما في نقطة $\overline{غ}$ على المحور ويكون
 $\overline{غ غ} = \overline{غ غ}$ فاذن يكون مركز ثقل كل سطح مستو متماثل
 موضوعا على محور التماثل واذا علق في نقطة من المحور براوير ذات شكل مالكةا
 متماثلة فان محور التماثل يكون موجودا دائما في وضع رأسي وبالجملة فثقل
 الشكل المذكور يكون مؤثرا كالمو كان محصورا كله في مركز الثقل وزيادة
 على ذلك يكون اتجاه هذه القوة الرأسى مارة فرضا بنقطة التعليق والارتباط
 الثابتة فاذن تنعدم القوة بالمانع المذكور (وهو التعليق) وعليه فيكون
 البرواز متوازنا

والمنازل الأفرنجية من خرفة بكثير من البراوير المتماثلة ايا ما كان شكلها
 ونقطة تعليقها موضوعة على محور التماثل لانه ان لم يكن وضعها بهذه المثابة
 كانت قبيحة المنظر

ولنذكر هنا بعض امثلة سهلة لاجل ايضاح الملحوظات العامة التي اسلفناها
 ونرمز بحرف $\overline{غ}$ في جميع الاشكال الاتية الى مركز الثقل فنقول

ان $\overline{غ}$ الذى هو مركز ثقل المحيط او سطح البرواز المثلثى المتماثل مثل
 $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٥) يكون موضوعا على رأسى مارة بنقطة $\overline{ا}$ التي هي
 رأس مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويمتصف قاعدته وهي $\overline{ب ث}$ فاذا علق هذا
 البرواز من نقطة $\overline{ا}$ التي هي رأس ذلك المثلث (شكل ٥) او من نقطة
 $\overline{د}$ التي هي منتصف قاعدته وهي $\overline{ب ث}$ (شكل ٦) وكانت هاتان
 النقطتان موضوعتين على محور التماثل فان وضع توازن البرواز المذكور
 يكون عين الوضع الذي يصير فيه محور $\overline{ا د}$ رأسيا واذا علق برواز على شكل
 شبه المنحرف المتماثل وهو $\overline{ا ب ث د}$ وكان تعليقه أولا من نقطة $\overline{ه}$
 التي هي منتصف قاعدته الصغرى وهي $\overline{ا ب د}$ كما في (شكل ٧) وثانيا
 من نقطة $\overline{ف}$ التي هي منتصف قاعدته الكبرى وهي $\overline{ب ث د}$
 كما في (شكل ٨) فان التوازن يستلزم أن محور التماثل وهو $\overline{ه ف}$
 المحتوى على $\overline{غ}$ التي هي مركز ثقل المحيط ومركز ثقل سطح شبه المنحرف

يكون

يكون موجودا في وضع رأسي

وما ذكرناه من البرهنة على أن مركز ثقل المحيط المستوي والمسطح المستوي المتماثلين بالنسبة لمحور ما يكون موضوعا بالضرورة على هذا المحور يجري أيضا في الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة او منحنية ومن هنا تحدث الدعاوى الاتية وهي

كل قوس كقوس دائرة \overline{AB} (شكل ٩) يكون متماثلا بالنسبة لنصف القطر وهو \overline{OB} المار بمتصف هذا القوس فاذن تكون نقطة \overline{O} التي هي مركز ثقل المحيط اوسط قوس الدائرة المذكور موضوعة على نصف قطر \overline{OB} وبناء على ذلك اذا علق قوس دائرة \overline{AB} من منتصفه وهو \overline{B} كان طرفاه وهما \overline{A} و \overline{B} على افق واحد ومتوازيين (وينبغي التنبيه على انه لا يكون لمركز الثقل في قوس الدائرة ولا في شبه المنحرف وضع كوضع مركز مسطحهما)

ويجري ذلك في مسطح قطع \overline{AB} وفي مسطح قطاع \overline{OAB} واذا انعكس الشكل حدث وضع ثان للتوازن (شكل ١٠) فاذا كانت نقطة التعليق دائما على نصف قطر \overline{OB} فانه يكون في هذه الصورة كالتى قبلها باقيا على وضعه الرأسي

وحيث ان القطع المكافئ والقطع الزائد متماثلان بالنسبة للمحور المار برأسيهما فاذا اخذ بالابتداء من رأس \overline{B} التي هي احد رأسي هذين المنحنيين (شكل ١١) جزأ \overline{BA} و \overline{B} المتساويان من هذا المنحنى فان مركز ثقله يكون على المحور فاذا علق حيثئذ هذا المنحنى من رأسه وهو \overline{B} فانه يكون متوازنا متى كان محور \overline{BD} تابعا لاتجاه رأسي

وهناك اشكال لها محورا تماثلي مثل \overline{AB} و \overline{CD} كالمستطيلات (شكل ١٢ و ١٣) والمعينات (شكل ١٤ و ١٥) ففي هذه الاشكال يكون مركز الثقل وهو \overline{O} الذي يلزم أن يكون موجودا على كل من محوري التماثل في نقطة \overline{O} المشتركة بينهما اعني في مركز التماثل

فاذن يكون مركز ثقل المحيطات والمسطحات المتماثلة بالنسبة لمحورين موجودا في نقطة تقاطع هذين المحورين اعني في مركز التماثل والاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة كلها متماثلة بالنسبة لعدة محاور ويظهر من ذلك كثير من نقط التعليق المتماثلة المتنوعة بقدر ما يوجد من محاور التماثل فاذن يكون مركز ثقل المحيط ومركز ثقل الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة كلاهما موضوع في مركز ثقل تماثل الاشكال الكثيرة الاضلاع المذكورة والقطع الناقص متماثل (شكل ١٦ و ١٧) بالنسبة لمحوريه وهما \overline{AB} و \overline{CD} فاذن تكون نقطة \overline{EG} التي هي مركز ثقل محيط القاطع الناقص المذكور ومسطحه موجودة في مركز تماثل هذا المنحنى والدائرة (شكل ١٨) متماثلة بالنسبة لكل من قطريها وهما \overline{AB} و \overline{CD} وعليه فيكون مركز ثقل المحيط ومسطح الدائرة موجودا في مركز الدائرة وفي اي نقطة من محيط برواز كثير الاضلاع منتظم او محيط قطع ناقص او محيط مستدير متعلق به هذا البرواز يكون مركز التماثل دائما في وضع رأسي مع نقطة التعليق

(بيان مركز ثقل السطوح)

لاجل تعيين وضع هذا المركز يفرض أن السطوح كافرغ من الورق او الواح من المعدن رقيقة جدا ومتحدة السمك في جميع جهاتها وثقيلة المسطح

(بيان مركز ثقل المثلث)

اذا كان المطلوب تحصيل مركز ثقل سطح مثلث كمثل \overline{ABC} (شكل ١٩) فان هذا المثلث يقسم الى عدة قضبان متوازية ومتقاربة من بعضها جدا بحيث يمكن اعتبارها كمستقيمات ثقيلة فيكون مركز ثقلها موجودا على مستقيم \overline{AH} الذي يقطعها كلها من منتصفها بموجب خاصية الخطوط المناسبة فاذن يكون مركز مجموعها وهو \overline{G} اعني مركز المثلث الكلي على مستقيم \overline{AH} الواصل من \overline{A} الى منتصف \overline{BC} وبمثل ذلك يبرهن على انه يكون موجودا على \overline{BF} وعلى \overline{CK} الواصلين من \overline{B} ومن \overline{C} الى

منتصفي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{ا\beta}$ فاذن يكون مركز ثقل المثلث موجودا في نقطة $\overline{غ}$ المشتركة بين خطوط $\overline{ا\theta}$ و $\overline{ا\beta}$ و $\overline{ا\gamma}$ الثلاثة ولكن حيث ان نقطتي $\overline{ك}$ و $\overline{ه}$ موجودتان في منتصف $\overline{ا\beta}$ و $\overline{ا\gamma}$ فان مستقيم $\overline{ك\ه}$ يكون موازيا لمستقيم $\overline{ا\theta}$ فيحدث حينئذ عن هذه الخطوط (كما تقدم في الدرس الخامس من الهندسة) هذا التناسب
 $١ : ٢ :: \overline{ب\gamma} : \overline{ا\gamma} :: \overline{ك\ه} : \overline{ا\theta} :: \overline{ه\gamma} : \overline{ا\gamma}$
 فاذن يكون $\overline{ه\gamma} = \frac{١}{٢} \overline{ا\gamma}$ و $\overline{ه\gamma} = \frac{١}{٣} \overline{ا\theta}$
 وبناء على ذلك يكون مركز ثقل المثلث موضوعا أولا على المستقيم الواصل من رأسه الى منتصف قاعدته وثانيا في ثلث هذا المستقيم بالابتداء من القاعدة

* (بيان مركز ثقل ذي اربعة الاضلاع وهو $\overline{ا\beta\gamma\delta}$) *

اذا اريد تحصيل هذا المركز (شكل ٢٠) عين من مبداء الامر مركزا مثلثي $\overline{ا\beta\theta}$ و $\overline{ا\delta\theta}$ وذلك بإيصال $\overline{ه\beta}$ و $\overline{ه\delta}$ الى منتصف $\overline{ا\theta}$ واخذ $\overline{ه\omega} = \frac{١}{٢} \overline{ه\beta}$ و $\overline{ه\omega} = \frac{١}{٢} \overline{ه\delta}$ ثم اذا وصل كل من نقطتي $\overline{و}$ و $\overline{و}$ بمستقيم $\overline{و\omega}$ تحدث محصلة قوتي $\overline{ف}$ = $\overline{ا\beta\theta}$ و $\overline{ف}$ = $\overline{ا\delta\theta}$ الواقعتين على نقطتي $\overline{و}$ و $\overline{و}$ فاذن تكون نقطة $\overline{غ}$ التي هي نقطة وقوع المحصلة مركز ثقل الشكل ذي اربعة الاضلاع المذكور

ومن السهل تحصيل مركز ثقل الاشكال ذوات اربعة الاضلاع التي بها نوع انتظام

وفي شبه المنحرف وهو $\overline{ا\beta\gamma\delta}$ مثلا (شكل ٢٢) يكون مركز الثقل وهو $\overline{غ}$ موجودا على مستقيم $\overline{ه\gamma}$ الذي يقسم جميع المستقيمتين الموازيين للقاعدتين الى اجزاء متساوية ومركز ثقل سطوح متوازي الاضلاع والمعين والمستطيل والمربع يكون في نقطة تقاطع اقطارها كما تقدم في (شكل ٢١) و (شكل ١٤ و ١٥) وغيرها

وذلك لان كل قطر يقسم هذه الاشكال الى مثلثين متساويين والقطر الثاني القاطع للاول من منتصفه يحتوى على مركزى ثقل هذين المثلثين فاذن يكون مركز ثقل كل من الاشكال المذكورة موجودا على القطر الثاني وبمثل ذلك يبرهن ايضا على انه يكون موجودا على الاول فاذن يكون موجودا على كل من القطرين المذكورين وبناء على ذلك يكون موجودا في نقطة تقاطعهما فاذا قسم اى سطح متماثل مستويا كان او منحنيا (شكل ٤) بقضبان متوازية وعمودية على محور التماثل فان مركز ثقل كل قضيب يكون موجودا على مستوى التماثل او محوره فاذن يكون مركز ثقل السعة المتماثلة موجودا على مستوى التماثل او محوره

ومتى كان لسعة محورا او مستويا تماثل فان مركز ثقلها يكون في نقطة تقاطع المحورين المذكورين التى هى مركز الشكل

وبناء على ذلك يكون مركز الثقل في السعات المستوية التى لها محورا تماثل موجودا في مركز التماثل كما تقدم اثبات ذلك في الكلام على المحيطات المتماثلة وانشرع الآن في ذكر السعات والسطوح المنحنية فنقول

ان السطح المنحنى او المركب من عدة مستويات يكون متماثلا بالنسبة لمحور متى كان لكل قطع حادث من السطح عمودى على هذا المحور مركز تماثل موضوع على المحور المذكور وكذلك يكون الجسم المحدد بالسطح المتماثل متماثلا بالنسبة لهذا المحور

فاذا فعل في السطح او الجسم عدة قطوع عمودية على المحور وقريبة من بعضها قريبا كليا فانه يمكن اعتبار قطوع ذلك الجسم كسطوح بسيطة ثقيلة مركز تماثلها موضوع على المحور المذكور وحيثئذ فتكون محصلة ثقلها موضوعة عليه وتكون محصلات هذه القطوع مارة كلها بالمحور المفروض رأسا فاذن تكون المحصلة الكلية متجهة على هذا المحور وبالجمله فتكون مراكز ثقل الاجسام والسطوح المنحنية المتماثلة بالنسبة لمحور موضوعة على محور التماثل المذكور ومتى كان الجسم محورا تماثل كان له مركز تماثل موجود على هذين المحورين

وهذا المركز يكون ايضا مركز ثقل السطح والجم
ويظهر لنا من الفنون كثير من الاشكال التي لها محاور تماثل كسائر سطوح
الدوران فانها متى علت من نقطة من محورها كان وضع توازن السطح والجم
عين الوضع الذي يكون به المحور رأسيا

والنجفات المعلقة بجبل او سلسلة في البيوت والسرايات والهياكل متماثلة دائما
بالنسبة للمحور وذلك ان النجفة تكون مربوطة في نقطة ما من نقط هذا المحور
ويكون للمحور المذكور في وضع التوازن وضع رأسي ومن هذا القبيل شاقول
أب (شكل ١٨ مكرر) فان ثقله وهو $\overline{ب}$ جسم متماثل بالنسبة
للمحور مربوط به خيطه

وليس كون المحور رأسيا مقصورا على الحالة التي تكون فيها النجفة ساكنة
بل يكون كذلك في صورتين ايضا احدهما اذا كانت النجفة هابطة او صاعدة
وحركت نقطة ارتباطها تحركا رأسيا والثانية اذا كانت تدور على نفسها فتكون
حينئذ باقية على وضعها الرأسي ما لم يعرض لها اصطدام تميل به من احدى
جهاتها

ومن هذا القبيل ايضا الشاقول وتلك الخاصية يتحقق العمل
وسياتى ان الصناعة اكتسبت عدة عمليات عظيمة من خاصية محاور التماثل
وهي احتواء هذه المحاور على مركز ثقل الاجسام ولذا كقبل التوغل
في ذلك خواص اخرى مهمة جدا تتعلق بالقوى المتوازية وبمراكز الثقل
فنقول

*(بيان مقادير القوى المتوازية) *

متى كان لقوتى $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ (شكل ٢٤) المتوازيتين الواقعتين
على نقطتي $\overline{أ}$ و $\overline{ب}$ من مستقيم $\overline{أب}$ محصلة كمحصلة $\overline{ز}$ واقعة
على $\overline{أب}$ في نقطة $\overline{و}$ حدث

$$\overline{س} \times \overline{وأ} = \overline{ص} \times \overline{وب} \quad \text{اي} \quad \overline{س} : \overline{ص} :: \overline{وب} : \overline{وأ}$$

فاذا مددنا مستقيم $\overline{م و د}$ عمودا على اتجاء القوتين المتوازيتين

حدث هذا التناسب وهو $\overline{و ب} : \overline{و ا} :: \overline{و د} : \overline{و م}$ كما تقدم (في الدرس الخامس من الهندسة عند ذكر الخطوط المتناسبة) وبناء عليه يستبدل التناسب المتقدم بهذا التناسب وهو

$$\overline{س} : \overline{ص} :: \overline{و د} : \overline{و م}$$

الذي يحدث منه $\overline{س} \times \overline{و م} = \overline{ص} \times \overline{و د}$ وحيث أن $\overline{س}$ و $\overline{و م}$ ثابتان فإذا فرضنا أن بعد $\overline{و د}$ يكون على النصف يلزم أن قوة $\overline{ص}$ تكون مضعفة مثني ليكون الحاصل ثابتا والتوازن واقعا ولا مانع أيضا من أن نفرض أن بعد $\overline{و د}$ يكون على الثلث فيلزم أن قوة $\overline{ص}$ تكون متضاعفة ثلاث ولا مانع كذلك من أن نفرض أن بعد $\overline{و د}$ يكون على الربع فيلزم أن قوة $\overline{ص}$ تكون متضاعفة رباع وهكذا يأخذ حيث نريد في الازدياد تأثير قوة $\overline{ص}$ في مقاومة $\overline{ز}$ المساوية لمقاومة $\overline{ز}$ والمضادة لها لاجل توازن القوة المذكورة مع قوة أخرى كقوة $\overline{س}$ موازية لها وازدياد هذا التأثير يكون أولا بالمناسبة لقوة $\overline{ص}$ المذكورة وثانيا بالمناسبة لبعد $\overline{و د}$ وهو بعد اتجاه هذه القوة عن النقطة التي تكون بها المقاومة * والحاصل الذي يستعمل قياسا لتأثير القوة في المقاومة الموجودة بنقطة $\overline{و}$ هو ما يسمى بمقدار القوة بالنسبة لنقطة $\overline{و}$ المذكورة

فإن يكون $\overline{س} \times \overline{و م}$ هو مقدار قوة $\overline{س}$ وكذلك يكون $\overline{ص} \times \overline{و د}$ مقدار قوة $\overline{ص}$ ولذا ذكر شرط التوازن المبين بمعادلة $\overline{س} \times \overline{و م} = \overline{ص} \times \overline{و د}$ فنقول

يشترط في جعل قوتين متوازيتين كقوتي $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ متوازيتين حول نقطة $\overline{و}$ الثابتة أن يكون مقدار القوتين المأخوذ بالنسبة للنقطة المذكورة واحدا في كل منهما

ويشترط أيضا أن تكون قوتا $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ يديران المستقيم إلى جهتين متقابلتين

هذا ولا مانع من وضع المقاومة في نقطة $\overline{أ}$ (شكل ٢٤) واعتبار توازن

قوى $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$ المؤثرتين في جهتين متضادتين فاذا مددنا مستقيم
 ا ح عودا على اتجاه هاتين القوتين المتوازيتين حدث هذا التناسب

$$\overline{ص} : \overline{ز} :: \overline{او} : \overline{اب} :: \overline{ا ح} : \overline{ا خ}$$
 فاذن يكون $\overline{ص} \times \overline{ا ح} = \overline{ز} \times \overline{ا ح}$
 فيكون حينئذ حاصل المقدارين في هذه الصورة كالتى قبلها واحدا في قوى
 $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$ المتوازيتين مع قوى $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ كما انه واحد ايضا
 في قوة $\overline{ص}$ وقوة $\overline{ز}$ التى هى محصلة $\overline{س}$ و $\overline{ص}$
 ولغذا لان مستقيما حينما اتفق كستقيم ا م د (شكل ٢٥) من نقطة آ
 ونجعل مستقيمي و م و ب د عمودين على هذا المستقيم فيحدث
 من خواص الخطوط المناسبة (كما سبق في الدرس الخامس من الهندسة)
 هذا التناسب

$$\overline{ص} : \overline{ز} :: \overline{او} : \overline{اب} :: \overline{و م} : \overline{ب د}$$
 وينتج من ذلك ان $\overline{ص} \times \overline{ب د} = \overline{ز} \times \overline{و م}$
 فيكون حاصل ضرب قوة $\overline{ص}$ في بعد نقطة وقوعها وهى $\overline{ب}$ على
 مستقيم ا م د وحاصل ضرب قوة $\overline{ز}$ في بعد نقطة وقوعها وهى و
 على هذا المستقيم هما مقدارا $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$ المأخوذان بالنسبة للمستقيم
 المذكور ويعرف في هذا المستقيم حينئذ بمحور المقادير
 وعليه فحق كان محور المقادير مارا بنقطة وقوع قوة $\overline{س}$ المتوازنة مع قوى
 $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$ المتوازيتين كان مقدار $\overline{ص}$ مساويا لمقدار $\overline{ز}$ وكان
 هذان المقداران مؤثرين في جهتين متضادتين

فاذا مددنا مستقيما ل م ن موازيا للمستقيم ا م د ثم جعلنا ا ل
 و و م و ب و ن اعمدة على هذين المستقيمين المتوازيين حدث

$$\overline{ا ل} = \overline{ن د} = \overline{م م}$$
 لكن $\overline{س} + \overline{ص} = \overline{ز}$

فاذن يكون $\overline{س} \times \overline{ا} + \overline{ص} \times \overline{ن} = \overline{ز} \times \overline{م}$
وتقدم أن $\overline{ص} \times \overline{ب} = \overline{ز} \times \overline{و}$
فعليه يكون $\overline{س} \times \overline{ا} + \overline{ص} \times \overline{ب} = \overline{ز} \times \overline{و}$
فاذا جعلنا حينئذ مستقيما كستقيم $\overline{ل م ن}$ محورا للمقادير كان مجموع
مقدارى قوة $\overline{س}$ وقوة $\overline{ص}$ المتوازيين مكافئا لمقدار قوة $\overline{ز}$
الموارة لهما فيكون مكافئا ايضا لمقدار قوة $\overline{ز}$ التى هى محصلة قوتى
 $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ حيث ان $\overline{ز} = \overline{ز}$

وليفرض الآن أن هنالك ثلاث قوى مركبة مثل $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ و $\overline{ع}$
(شكل ٦) ذبقتها الى اى محور من مقادير $\overline{م}$ يحدث

اولا $\overline{س} \times \overline{ا} + \overline{ص} \times \overline{ب} = \overline{ز} \times \overline{د}$
وثانيا $\overline{ز} \times \overline{د} + \overline{ع} \times \overline{ث} = \overline{ز} \times \overline{ه}$
فاذن يكون $\overline{س} \times \overline{ا} + \overline{ص} \times \overline{ب} + \overline{ع} \times \overline{ث} = \overline{ز} \times \overline{ه}$
وبناء عليه يكون مجموع مقادير القوى الثلاثة مساويا لمقدار محصلتها
ويبرهن فى المستوى ايضا على ان مجموع مقادير اربع قوى او خمس او ست
او غير ذلك من القوى المركبة يكون مساويا لمقدار محصلتها مهما كان وضع
محور المقادير واتجاهه

وبناء على ذلك اذا مددنا من كل نقطة من تقط وقوع القوى عمودا على محور
المقادير كان حاصل ضرب المحصلة فى البعد الموافق لنقطة وقوعها مساويا
لمجموع الجواصل الموافقة لنقط وقوع سائر القوى المركبة
ويحدث من هذه الخاصية العظيمة تطبيقات مهمة على حسابات تحرك الاجسام
والآلات فلا بد للتلامذة من حفظها وتعليلها على وجه الصحة والضبط
وفائدة الخاصية المذكورة هى انها تبين بدون واسطة وضع نقطة وقوع محصلة
ما يراد من القوى المتوازية من غير أن يكون هنالك ما يجبرنا على اخذها مشنى
وثلاث الخ

ولذلك نمد مستقيمين عمودين على بعضهما كستقيمي $\overline{وس}$ و $\overline{وص}$

(شكل ٢٧) ثم تنزل من نقط وقوع قوى $\underline{ح}$ و $\underline{خ}$ و $\underline{ر}$ و $\underline{ض}$ الخ وهي $\underline{أ}$ و $\underline{ب}$ و $\underline{ث}$ و $\underline{د}$ الخ بأعمدة $\underline{أأ}$ و $\underline{بب}$ و $\underline{ثث}$ الخ و $\underline{أأ}$ و $\underline{بب}$ و $\underline{ثث}$ الخ على $\underline{وس}$ و $\underline{وص}$ فإذا كانت $\underline{غ}$ نقطة وقوع محصلة $\underline{ز}$ فإنه يحدث

$$\begin{aligned} \underline{غ} \times \underline{ز} &= \underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots \\ \underline{غ} \times \underline{ز} &= \underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots \end{aligned}$$

ويستخرج من ذلك

$$(١) \quad \underline{غ} = \frac{\underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots}{\underline{ز}}$$

$$(-) \quad \underline{غ} = \frac{\underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots}{\underline{ز}}$$

ولا تغفل أن محصلة $\underline{ز}$ تساوى مجموع سائر القوى المركبة

فإذا تساوت قوى $\underline{ح}$ و $\underline{خ}$ و $\underline{ر}$ و $\underline{ض}$ الخ وكان عددها \mathfrak{D} (أي غير متناهية) فإن محصلتها $\mathfrak{D} \times \underline{ح}$ فاذن يحدث من مساواة المقادير

$$\underline{غ} \times \underline{ز} = \underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots$$

$$\underline{غ} \times \mathfrak{D} \times \underline{ح} = \underline{أأ} \times \underline{ح} + \underline{بب} \times \underline{خ} + \underline{ثث} \times \underline{ر} + \dots$$

ويؤخذ من ذلك أن $\mathfrak{D} \times \underline{غ} = \underline{أأ} + \underline{بب} + \underline{ثث} + \dots$

$$\underline{غ} = \frac{\underline{أأ} + \underline{بب} + \underline{ثث} + \dots}{\mathfrak{D}}$$

وعليه فبقي كانت القوى المركبة مساوية لبعضها واخذ لكل منها بعد نقطة وقوعها عن محور المقادير وقسّم مجموع هذه الأبعاد على عدد القوى فانه يحصل بعد المحور عن نقطة وقوع المحصلة وهذا الحاصل مستعمل كثير في الفنون

وإذا لم يكن هنالك الاثلاث قوى مساوية لقوة $\underline{ح}$ وواقعة على نقط $\underline{أ}$ و $\underline{ب}$ و $\underline{ث}$ الثلاثة التي هي رؤس مثلث $\underline{أبث}$ (شكل ٢٨)

وجعلت قاعدة المثلث المذكور وهي أ ب محورا للمقادير فان بعد هذا المحور عن نقطتي وقوع القوتين الواقعتين على رأسى أ و ب يكون حيثنذ معدوما فيكون حاصل ضرب هاتين القوتين في قوة ح معدوما ايضا فاذن لا يبقى معنا الا هذا التساوى بجعل ر فيه رمزا للمحصلة وهو $\overline{ر} \times \overline{غ غ} = \overline{ح} \times \overline{ث ث}$ لكن $\overline{ر} = ٣ \overline{ح}$ فيكون حيثنذ $\overline{غ غ} = \frac{١}{٣} \overline{ث ث}$ على وجه التعديل وعليه فيكون مركز ثقل القوى الثلاثة المتساوية الواقعة على رؤس المثلث موجودا في ثلث بعد كل رأس عن القاعدة التي تقابلها فاذن يكون هذا المركز عين مركز ثقل سبعة هذا المثلث (وبمثل ذلك يبرهن مع السهولة على أن مركز ثقل اربع قوى متساوية واقعة على الرؤس الاربعة من شكل هرمى مثلثى هو عين مركز ثقل حجم الشكل المذكور) وهذه قاعدة شهيرة جدا مستعملة غالبا في حسابات الميكانيكا

وبجترد تحصيل بعدى نقطة غ وهما غ غ و غ غ (شكل ٢٧) عن مستقيمي وس و وص نعرف وضع نقطة غ المذكورة التي هي مركز وقوع القوى

ونقطة غ المذكورة هي بمقتضى تعريف مراكز الثقل مركز ثقل قوى ح و خ و ر و ض الخ الواقعة على تقاطع أ ب و ث د الخ (فاذا لم تكن القوى المتوازية كلها في مستوا واحد لزم استبدال محاور المقادير بمستويات المقادير الاعمدة على بعضها فعلى ذلك نستبدل الاعمدة على محاور أ ب و ث د الخ بالاعمدة على المستويات وفي كلتا الصورتين يكون مجموع مقادير القوى المركبة مساويا لمقدار المحصلة ويسهل اثبات ذلك بخواص الخطوط المناسبة كما تقدم في الدرس الخامس من الهندسة)

ثم ان القاعدة المذكورة آنفا هي وطريق اجرائها يستعملان بدون واسطة في تحصيل وضع مركز ثقل ما يراد من القوى المتفرقة على الخطوط والسطوح او الججوم سواء كان تفرقها مستمرا او لا

واذا كان المطلوب تحصيل مركز ثقل الخط الثقيل وهو أ ب (شكل ٢٩) فانه يقسم الى اجزاء صغيرة جدًا متحدة الثقل ويضرب كل جزء منها في بعده عن مستقيم أول مستقيم و ن ثم عن مستقيم ثان مستقيم و ص ثم يقسم بالتوالي مجموع المستقيمتين الأولى والثانية على مجموع القوى فيحدث أولا غ غ وثانياً غ غ ولا يلزم ايضاح الطرق الآتية التي تستعمل لاجل تحصيل مركز ثقل السطوح والججوم الا بالنسبة للميئات فنقول

ان جلا فظة السفن يحتاجون الى قياس سطوح الشراعات وتعيينهم أولا وضع مركز ثقل كل شراع و نانيا مركز ثقل مجموع هذه الشراعات لانه كلما كان هذا المركز الاخير المعروف بمركز الشراعات مرتفعاً عن مركز الثقل كان لقوة الهواء شدة بها تميل السفينة وتقلب حيث لا مانع ولما لانزاع فيه ان جميع الشراعات الدائرة حول نقط تعليقها تكون كلها نازلة في مستوى تماثل السفينة وتنقسم الى مثلثات يكون كل من سطحها و مركز ثقلها معيناً

فاذا فرض (شكل ٢٧) ان قوى ح و خ و ر الخ المتوازية الدالة على سطح هذه المثلثات واقعة على نقط أ و ب و ث الخ التي هي مراكز ثقل المثلثات المذكورة فانه يحدث بدون واسطة من معادلتى (١) و (ـ) المتقدمتين بعداً نقطة غ التي هي مركز ثقل الشراعات وهما غ غ و غ غ عن محوري و س و و ص اللذين احدهما افقى والاخر رأسي وفي ذلك كفاية في معرفة وضع مركز الشراعات في مستوى تماثل السفينة

ولتكن سعة أم المستوية (شكل ٣٠) محدودة بمحني أم وبثلاث مستقيمت عمودية على بعضها وهي أ و ام و م م والمطلوب معرفة مقدار قوة هذه السعة بالنسبة لمستقيم أم

فلذلك نقسم مستقيم أم المذكور الى اجزاء كثيرة عرض كل جزء منها يساوي ل ونقسم نقط المستقيم مستقيمت ب و ث و د الخ الموازية لمستقيمي أ و م م

فاذا اعتبرنا اجزاء معنى $\overline{ا ب ش د}$ الخ وهي $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ش}$ و $\overline{ش د}$ الخ الصغيرة جدًا كخطوط مستقيمة حدث عن ذلك ان سطح $\overline{ا م م} = \overline{ا} \times \overline{ا ا} + \overline{ب} \times \overline{ب ب} + \overline{ش} \times \overline{ش ش} + \dots + \overline{م م} \times \overline{م م}$

واذا فرض اننا استبدلنا من مبدء الامر شكل $\overline{ا ا ب ش د}$ الخ المتصل بشكل $\overline{ا ا ب ش د د}$ الخ المدرج فان مراكز ثقل هذين الشكلين وهي $\overline{خ}$ و $\overline{خ}$ و $\overline{خ}$ الخ تكون متباعدة عن $\overline{ا م}$ بكميات تساوي $\overline{ا ا} \times \overline{ا ا}$ و $\overline{ب ب} \times \overline{ب ب}$ و $\overline{ش ش} \times \overline{ش ش}$ كل لنظيره فاذن تكون مقادير المستطيلات التي يتركب منها الشكل المدرج بالنسبة لمحور $\overline{ا م}$ هكذا

$$\begin{aligned} \overline{ا ا} \times \overline{ا ا} &= \overline{ا ا} \times \overline{ا ا} \\ \overline{ب ب} \times \overline{ب ب} &= \overline{ب ب} \times \overline{ب ب} \\ \overline{ش ش} \times \overline{ش ش} &= \overline{ش ش} \times \overline{ش ش} \end{aligned}$$

فيكون المقدار الكلي $\overline{ا ا} \times \overline{ا ا} + \overline{ب ب} \times \overline{ب ب} + \overline{ش ش} \times \overline{ش ش} + \dots + \overline{م م} \times \overline{م م}$ ومن ذلك يعلم ان المقدار الكلي يكون مساويا لمجموع مربعات مستقيمات $\overline{ا ا}$ و $\overline{ب ب}$ و $\overline{ش ش}$ مضروبا في نصف عرض القواعد المتساوية

فاذا اخذنا بشكل $\overline{ا ا ب ش د}$ الخ المدرج كان المقدار الكلي

$$\overline{ا ا} \times (\overline{ا ا} + \overline{ب ب} + \overline{ش ش} + \overline{د د} + \dots + \overline{م م})$$

وهالك مقدارين يوجد بينهما مقدار سطح $\overline{ا م م}$ المتصل احدهما مقدار صغير جدًا وهو

$$\overline{ا ا} \times (\overline{ا ا} + \overline{ب ب} + \overline{ش ش} + \dots + \overline{م م})$$

ثانيهما مقدار كبير جدًا وهو

$\frac{1}{4} \text{ ل } (\text{بـ} + \text{ثـ} + \text{مـ} + \text{مـ} + \text{مـ} + \text{مـ})$
 فاذا اخذنا المقدار المتوسط بينهما حدث

$\frac{1}{4} \text{ ل } (\frac{1}{4} \text{ اـ} + \text{بـ} + \text{ثـ} + \text{مـ} + \text{مـ} + \text{مـ} + \text{مـ})$
 فاذن يكون مقدار السعة او المسطح وهو مـ مـ اـ مساويا لنصف عرض لـ
 من جميع الطبقات مضروبا في مجموع مربعات اطوال بـ و ثـ الخ
 المتوسطة وفي نصف مربع طول اـ و مـ مـ المتطرفين

فيكون المقدار المتحصل قريبا من الحقيقة بقدر ما تكون الطبقات المتقدمة
 كثيرة ومتقاربة من بعضها جدا فاذا قسمنا هذا المقدار على سعة مـ اـ مـ
 حدث عـ غـ الذي هو بعد محور ام عن مركز ثقل هذه السعة
 وهو غـ

وعليه فيكون $\text{عـ غـ} = \frac{1}{4} \text{ اـ} + \text{بـ} + \text{ثـ} + \dots + \frac{1}{4} \text{ مـ مـ}$
 ثم ان حساب مقدار هذا الكسر هو سهل شئ الا انه ينبغي فيه التأني
 وكذلك يسهل تحصيل هذا المقدار بالهندسة بواسطة المثلثات القائمة الزوايا
 التي خاصيتها ان مربع الوتر يكون مساويا لمجموع مربعي الضلعين الاخرين
 وقد استبان من ذلك ان خواص الهندسة عامة النفع في حل مسائل
 الميكانيكا

وقد تكون الطريقة التي ذكرناها انما عامة فتستعمل في سطوح اي شكل
 وليكن المطلوب تحصيل بعد محور سـ صـ عن نقطة غـ التي هي
 مركز ثقل سعة $\text{اـ بـ ثـ} \dots \text{مـ ثـ اـ}$ (شكل ٣١) فنمذ
 متوازيات اـ و بـ و ثـ و دـ الخ التي على بعد
 واحد من بعضها وليكن غـ و عـ مركزي ثقل شكل

$$\begin{aligned} \overline{م ا ب ث د م} و \overline{م ا ا ش د} \dots \overline{م} \text{ فيحدث عنهما} \\ \overline{م} = \overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \frac{1}{4} \\ \overline{م} = \overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \\ \overline{م} = \overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \frac{1}{4} \\ \overline{م} = \overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \end{aligned}$$

فيكون اول مقدار

$$\overline{م ا ب ث د م} \dots = \overline{م} \frac{1}{4} (\overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \frac{1}{4})$$

وثانيا مقدار

$$\overline{ا ش م م} \dots = \overline{م} \frac{1}{4} (\overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \frac{1}{4})$$

فيكون خارج قسمة فاضل هذين المقدارين على فاضل السطوح اى السطح المفروض وهو $\overline{م ا ب ث د م} \overline{ا ش م م}$ هو بعد مركز ثقل هذا السطح وهو غ غ عن محور المقادير وهو $\overline{س ص}$

ويسهل بواسطة (شكل ٣٠) ايجاد غ غ الذى هو بعد مركز ثقل غ غ بالنسبة الى محور $\overline{ا ا}$ العمودى على $\overline{ا م}$ فاذا حسبنا مقدار الطبقات المتوازية المدرجة الصغيرة جدا وكان ذلك بالنسبة الى $\overline{ا ا}$ حدثت هذه المقادير

$$\begin{aligned} \overline{ا ا} \text{ مقدار} &= \overline{ا} \frac{1}{4} \times \overline{ا} \times \overline{ا} \\ \overline{ب ب} \text{ مقدار} &= \overline{ب} \frac{3}{4} \times \overline{ا} \times \overline{ب} \\ \overline{ث ث} \text{ مقدار} &= \overline{ث} \frac{5}{4} \times \overline{ا} \times \overline{ث} \end{aligned}$$

فيكون المقدار الكلى $\overline{م} \frac{1}{4} (\overline{م} \frac{1}{4} + \overline{ب} + \overline{ش} + \dots + \overline{م} \frac{1}{4})$ (١) فاذا جعلنا الطبقات المدرجة اكبر من سعة $\overline{م ا ب ث د م}$ الح

$$\overline{\overline{b}} \times \overline{J} \times \overline{J} \frac{1}{6} = \overline{\overline{a-b}} \quad \text{مقدار}$$

ومقدار $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ ش

و مقدار شد $\frac{0}{r} = \overline{\text{شد}}$

وَبِأَخْذِ نِصْفِ مَجْمُوعِ مَقْدَارِي (۱) ، (-) يَحْدُثُ

ونستمر كذلك الى م م الذي لا يضرب في ضعف عدد الطبقات الموافقة له بل يضرب في عددها البسيط فقط فيكون مقدار (ج) مقسوما على سطح

ابشد الخ يساوی غغ

ثم ان صناع السفن يحتاجون الى تعيين مسطح ومركز ثقل ومقدار القطاعات
الافقية المتنوعة المصنوعة في القارين (اى الجزء الاسفل من السفينة)
والمنتهية بمحيطات يسمونها خطوط الماء او خطوط التمجيع واسهل الطرق في ذلك
الطريقة التى ذكرناها فيلزم أن تكون هذه الطريقة المستعملة عند المهندسين
البحريين مستعملة ايضا عند صناع سفن التجارة ومن هذا القبيل ايضا
الطريقة التى ذكرناها لتعيين وضع مركز ثقل الاجسام الصلبة ومقدارها
فلنتقل وضع مركز ثقل الجسم الصلب الى مستوي المسقط المتقاطعين وهما
المستعملان في الهندسة الوصفية (كما تقدم في الدرس الثالث عشر من
الهندسة)

و لنقطع الجسم الى طبقات رأسية متحدة السمك مرموز اليها بحروف
 ا و ب و ج الخ والى طبقات افقية مبينة باعداد ١ و ٢ و ٣
 الخ ومتحدة السمك ايضا ويكون ترتيب الارقام دالا على ترتيب الطبقات
 فاذا فرضنا (شكل ٣١) ان سعة أب الخ قاعدة اسطوانة

قائمة فان مركز ثقل هذه الاسطوانة يكون ساقطا سقوطا افقيا على مركز ثقل السعة المذكورة ويحدث من المعارلات المتقدمة بعد مركز ثقل الاسطوانة المذكورة بالنسبة لمحورين عمودين على بعضهما

ولتوهم انقسام اى حجم كسفينية مثلا الى عدة طبقات افقية على بعد واحد من بعضها ومرسومة على الصورة التى فى شكل ٣٢ وتوهم ايضا ان سطح السفينة عوضا عن أن يكون متصلا يكون مدرجا بحيث يكون كدرج السلام المعوجة على حسب صورة الجسم الصلب وكلما تكاثرت الدرج المسمى فى اصطلاحهم بالمدرجات كان الجسم المدرج قريبا من الجسم الذى يكون سطحه متصلا وبالجملة اذا فرضنا ان $\overline{ش}$ هو الارتفاع الرأسى لسائر الطبقات او المدرجات حدث

(أولا) ان حجم كل درجة من السلام يكون مساويا $\overline{ش}$ مضروبا فى سطح الطبقة المستعملة قاعدة للمدرج

(وثانيا) ان مركز ثقل الدرجة يكون ساقطا سقوطا افقيا على مركز ثقل الطبقة المستعمل قاعدة لهذا المدرج

(وثالثا) ان ارتفاع $\overline{ش}$ مضروبا فى مقدار الطبقة يكون مساويا لمقدار المدرج الذى تكون سعة هذه الطبقة قاعدة له

(ورابعا) ان مجموع حجوم المدرجات يكون دالا على حجم $\overline{ق}$ الكلى للجسم المفروض

(وخامسا) ان مجموع مقادير المدرجات يكون دالا على المقدار الكلى للجسم المذكور

وحينئذ اذا كانت المقادير مأخوذة بالنسبة لمحور $\overline{وس}$ وكان مجموعها $\overline{م}$

حدث $\overline{ع غ} = \frac{\overline{م}}{\overline{ق}}$ فاذا كانت مأخوذة بالنسبة لمحور $\overline{وس}$ وكان

مجموعها م فانه يحدث $\overline{و غ} = \frac{ق}{ق}$

ولا يخفى ما في هذه الطريقة من الايجاز والسهولة فلهذا كانت مستعملة عند علماء النظريات وغيرهم ونافعة لجميع المهندسين والصنائعية الذين يريدون حساب وضع مركز ثقل اى حجم على وجه الصحة والضبط هذا ولا نبالي من تكرير القول بان معرفة هذه الطريقة مما لا بد منه خصوصا لصناع السفن ولا مانع ان البحارة اذا عرفوها حتى المعرفة وأجروا مامان لها من الطرق يستفيدون منها فوائد جليلة تتعلق بسلامتهم

وقد اقتصرنا هنا على ذكر الوضع الشهير لمركز ثقل عدة سطوح وعدة اجسام صلبة مهمة في الصناعة وابقينا للتلامذة الذين يريدون التجرد في المعارف الاطلاع على الكتب الجليلة الموافقة في هذا المعنى واثبات ما ذكره من الخواصل فنقول

ان مركز ثقل المنشور او الاسطوانة يكون على بعد واحد من القاعدتين العليا والسفلى وبقطع المنشور والاسطوانة الى جزئين متساوين بمستوى موافق لهاتين القاعدتين يكون مركز ثقل القطاع عين مركز ثقل المنشور او الاسطوانة .

فاذا اخذنا مركز ثقل كل قاعدة من المنشور او الاسطوانة ووصلنا بين المركزين بمستقيم واحد فان منتصف هذا المستقيم يكون مركز ثقل امل المنشور او الاسطوانة

(فاذا كان المنشور قائما كان المستوى الذى يقسمه الى قسمين متساوين بالتوازي للقاعدتين على بعد واحد من هاتين القاعدتين مستوى عمودى فاذن يكون محتويا على مركز ثقل المنشور

ولنفرض انقسام المنشور المذكور الى كثير من الطبقات الموازية للقاعدتين فتكون مراكز ثقل هذه الطبقات تقرىبا عين مراكز ثقل سطوحها وموجودة

على مستقيم واحد مواز لاضلاع المنشور ويكون حينئذ مركز ثقل هذا المنشور موجودا على منتصف المستقيم المذكور فاذا فرضنا ان القطوع المذكورة تتزحلق على بعضها بالتوازي بحيث تكون مراكز ثقلها موجودة دائما على مستقيم واحد فانه يحدث عن ذلك حجم مدرّج مركز ثقله موجود دائما على المستقيم الواصل بين هذه المراكز

وكما فرضت الطبقات رقيقة وعديدة كان الحجم المدرّج قريبا من المنشور المائل بدون أن يكون ذلك مانعا من أن يكون وضع مركز ثقل هذا الحجم على بعد واحد من المستويات المحددة للطبقات المتطرفة

فان يكون مركز الثقل في المنشور المائل او القائم موجودا في منتصف المستقيم المار بمركز ثقل القاعدتين

ويظهر من تحليل الاسطوانة القائمة الى اسطوانات مدرّجة تكون كل درجة منها اصغر من التي يجانبها ان مركز ثقل الاسطوانة المائلة او القائمة يكون موجودا في منتصف المستقيم الواصل بين مركزي ثقل القاعدتين

ويحدث من قسمة مجموع اضلاع المنشور الناقص على عدد الاضلاع بعد القاعدة عن مركز ثقل ذلك المنشور وذلك يكون بقياس هذا البعد بمستقيم مواز للاضلاع

فاذا اخذنا مركز ثقل قاعدة هرم او مخروط ووصلنا بينهما وبين الرأس بمستقيم ثم اخذنا ربع هذا المستقيم بالابتداء من القاعدة او اخذنا ثلاثة ارباعه بالابتداء من الرأس فان النقطة التي نجد هاتين تكون مركز ثقل اما للهرم او المخروط المذكورين

(واذا قسمنا الهرم المثلث الى طبقات رقيقة جدا بواسطة مستويات موازية للقاعدة وجدنا ان مراكز ثقل هذه الطبقات تكون موجودة في مراكز ثقل القطاعات الموازية للقاعدة ولكن حيث ان هذه القطاعات متشابهة ونقطتها المتقابلة موجودة على مستقيم واحد مع رأس الهرم فان مراكز الطبقات المذكورة وكذلك مركز الهرم تكون موجودة على المستقيم الواصل بين مركز

ثقل القاعدة والرأس وذلك يوافق الرأس الأربعة والأوجه المقابلة لها
 وليكن $\overline{غ}$ (شكل ٢٣) مركز ثقل قاعدة $\overline{أ ب ث}$ لهرم
 $\overline{ض أ ب ث}$ فيكون $\overline{ك غ} = \frac{1}{3} \overline{ك ب}$ وليكن أيضا $\overline{غ}$
 مركز ثقل $\overline{ض أ ث}$ فيكون $\overline{ك غ} = \frac{1}{3} \overline{ك ض}$ فاذن
 إذا مددنا $\overline{غ غ ب}$ و $\overline{غ غ ض}$ فان خطي $\overline{ك ب}$ و $\overline{ك ض}$
 يكونان مقطوعين قطعاً مناسباً وعليه فيكون $\overline{غ غ ث}$ ثلث $\overline{ب ض}$
 وكذلك $\overline{ك غ}$ يكون ثلث $\overline{ك ب}$ و $\overline{ك غ ث}$ ثلث $\overline{ك ض}$
 فبسبب تشابه مثلثي $\overline{غ غ غ}$ و $\overline{غ ب ض}$ يكون $\overline{غ غ} = \frac{1}{3} \overline{غ ب}$
 $\overline{غ ض}$ وبناء عليه يكون $\overline{غ غ} = \frac{1}{3} \overline{ض غ}$ فاذن يكون مركز
 ثقل الهرم موجوداً في ربع بعد الرأس عند مركز ثقل القاعدة
 ومركز ثقل سطح الكرة وحجمها موجود في مركز تماثلها
 ومركز ثقل الطيلسان الكروي موضوع على محور التماثل أو على سهم الطيلسان
 ويكون في منتصف هذا السهم
 ومركز ثقل وحجم سطوح الدوران موضوع على محوري تماثلها
 فإذا مددنا مستويًا قاطعاً من محور مخروط قائم مستدير تام أو ناقص فان مركز
 ثقل المثلث أو شبه منحرف القطاع يكون مركز ثقل سطح المخروط التام
 أو المخروط الناقص
 ومركز ثقل حجم نصف الكرة يكون في ثلاثة أثمان نصف القطر بالابتداء
 من المركز
 ومركز ثقل قطعة القطع المكافئ يكون في ثلاثة أثمان السهم بالابتداء
 من الرأس
 ومركز ثقل قطعة الحجم المكافئ المتولد من دوران القطع المكافئ على محوره

يكون في ثلثي المحور بالابتداء من الرأس

* (بيان استعمال مراكز الثقل لاجل تحصيل حجم بعض الاجسام) *

ينبغي أن نفسر ونوضح هنا ما بين تعيين بعض الججوم وتعيين مركز ثقل بعض السطوح من المشابهة العظيمة فنقول

لنفرض أن مركز ثقل غ (شكل ٣٣) لسطح دائر حول محور و يكون معيناً في رسم محيط وم في حال التحرك سطح دوران ويكون الحجم المحصور في سطح الدوران المذكور مساوياً لسطح وم مضروباً في الدائرة التي قطعها مركز غ

ولا ثبات ذلك نمد من محور و مستويين كستوي و ح و و غ متقاربين من بعضهما قريباً كلياً بينهما زاوية صغيرة جداً فيمكن أن يعتبر أن الجسم منته بشقة اسطوانية بين المستويين المذكورين فيكون للاسطوانة الناقصة قاعدة كقاعدة وم على مستوى و ح فإذا قسمنا هذه القاعدة إلى مربعات صغيرة متساوية كان كل واحد منها قاعدة لمنشور صغير قائم منته بمستوى و غ

ولیکن و س ص ز احدهذه المربعات الصغيرة فإذا مددنا من نقطة و التي هي مركز المربع المذكور خط و س موازياً لمحور و فإنه يحدث معنا حجم منشور منشور ا س د تكون قاعدته و س ص ز و و س ارتفاعه ويكون مساوياً $\text{و س ص ز} \times \text{و س}$ وعليه فهذا الحاصل هو مقدار و س ص ز المنقول على مستوى و غ بالنسبة إلى مستوى و ح فإذاً يكون مجموع حجوم المنشورات أعني حجم قطع و غ مساوياً لمجموع مقادير سعة وم في مستوى و غ بالنسبة لمستوى و ح

فاذا اسقطنا في $\overline{غ غ}$ نقطة $\overline{غ}$ التي هي مركز ثقل $\overline{وم و}$ حدث
 سطح $\overline{وم و} \times \overline{غ غ} =$ مجموع مقادير $\overline{وم و}$ و الموضوع
 في مستوى $\overline{وغ}$ بالنسبة الى مستوى $\overline{وح}$ فاذن يكون الحاصل
 هكذا

سطح $\overline{وم و} \times \overline{غ غ}$ يساوي حجم جزء من جسم الدوران محصور
 بين $\overline{وح}$ و $\overline{وغ}$

وعلى ذلك فيكون $\overline{غ غ}$ مساويا للمسافة التي يقطعها مركز $\overline{غ}$
 لينتقل من مستوى $\overline{وح}$ الى مستوى $\overline{وغ}$ متى فرضنا ان المستويين
 متقاربان من بعضهما تقاربا كليا .

فاذن يحدث من سطح $\overline{وم و}$ مضروب في مسافة $\overline{غ غ}$ التي يقطعها
 مركز ثقله عند دورانه حول محوره وهو $\overline{وو}$ حاصل مساو لحجم جزء من
 جسم الدوران محصور بين مستويي $\overline{وح}$ و $\overline{وغ}$
 ويمكن أن نتوهم عدة مستويات بقدر ما يراد تكون متقاربة من بعضها بالكلية
 ومارة بالمحور فيكون حجم جزء جسم الدوران المحصور بين هذه المستويات
 مبينا بحاصل ضرب سعة $\overline{وم و}$ في المسافة التي يقطعها مركز ثقل
 هذه السعة .

وعلى ذلك متى كان الجسم خادنا من سعة مستوية دائرة حول محور كان حجم
 هذا الجسم مساويا لحاصل ضرب السعة في المسافة التي يقطعها في هذا التحرك
 مركز ثقل هذه السعة

والاثبات المتقدم يبقى على حالة واحدة متى كانت سعة $\overline{وم و}$ الدائرة
 حول $\overline{وو}$ لاجل الانتقال من $\overline{وح}$ الى $\overline{وغ}$ دائرة حول محور ثان
 مرسوم في مستوى السعة لاجل قطع جزء كبير او صغير من سطح الدوران

الجديد ثم حول محور ثالث مرسوم في مستوى السعة وهكذا
وفي جميع هذه الاحوال يكون الحجم المنتهى بسطح جديد مساويا لسطح السعة
الراسمة مضروبا في المسافة التي يقطعها مركز ثقل هذه السعة

(تطبيق)

هذه الطريقة السهلة مستعملة عند المعمارجية الماهرين في حساب حجوم
او كيات الاحجار والحديد والاشخاب التي تحتوى عليها السلالم الحلزونية
والعقودات المستديرة ومستعملة ايضا عند مهندسى القناطر والجسور
في حساب حفر وردم الخللجان وكذلك عند الطوبجية في حساب حجم الاجزاء
المستديرة من الخارج النارية وهلم جرا ويستعملها ايضا عند
صناع السفن في تكعيب الاشخاب

ويجب على التلامذة أن يلتفتوا كل الالتفات الى ما بين خواص الهندسة
والميكانيكا من الروابط الاكيدة فان الميكانيكا بدون الهندسة ليست الاعمال
بلا علم وممارسة بلا موقف وربما استحال بدونها وكذلك الميكانيكا لا بد
للهندسة منها فانها تكسب الهندسة اشغالا مهمة وذلك لانها تحدث لها
آلات متنوعة لاجل اجراء سائر العمليات الدقيقة على وجه الصحة والضبط
والسهولة ولشعر الآن عن ساعد الجهد والاجتهاد في بيان النسب التي لا بد منها
لهذين العليين الظريفيين لاجل تطبيقهما معا على الصناعة فنقول

(الدرس الخامس)

(في بيان ما بقى من قوانين التحرك)

قد تقدم الكلام على قوانين التحرك الحاصل من القوى المتجهة على مستقيم
واحد وتقدم ايضا انه اذا كان قوتان واقعتين على نقطة مادية في اتجاه واحد
مدة زمن معلوم كانت المسافة الكلية المقطوعة في هذا الزمن باقية على حالة
واحدة متى كانت النقطة المادية متحركة في مبدء الامر بالقوة الاولى ثم بالقوة
الثانية

فاذا فرضنا مثلا ان سفينة سارت مع الانتظام والرياح تدفعها من خلفها

وكان عليها ملاح يسير من مؤخرها الى مقدمها مع الانتظام ايضا وفرضنا ان هذا الملاح وصل بعد زمن معلوم الى المقدم متبعا اتجاه سير السفينة فان المسافة الكلية التي يقطعها تكون عين المسافة التي يقطعها الوساير من المؤخر الى المقدم في الزمن المذكور حال استقرار السفينة واذا كان الملاح مستقرا والسفينة سائرة فان الريح ينقله معها بالانتظام في الزمن المعلوم بالسرعة الاصلية لها

وايست المسافات المقطوعة وحدها هي التي تبقى على حالها في هاتين الصورتين بل كذلك القوة الكلية المستعملة لتحريك الملاح والسفينة فانها ايضا تبقى على حالها ولا يلزم للسفينة والملاح اكثر من قوة واحدة سواء كان تتحرك كهما حاصل في زمن واحد وفي ازمة متوالية

والمسافة الكلية المقطوعة بواسطة القوتين المؤثرتين معا هي في الصورتين المذكورتين مجموع المسافات المقطوعة اذا كان كل من القوة التي تسير السفينة الى الامام والقوة التي تسير الملاح كذلك مؤثرا على حدثه

ولنفرض الآن ان الملاح عند تقدم السفينة يرجع القهقري من المقدم الى المؤخر فالحاصل حينئذ يكون كالملاح المستقرا والسفينة تتقدم او بالعكس بمعنى انها مستقرة وهو يتأخر فبناء على ذلك تكون المسافة الكلية المقطوعة عند حصول التحركين معا مساوية لفاضل المسافات المقطوعة متى كان الملاح متحركا بقوته الاصلية دون غيرها او كان متحركا بالقوة التي تتقدم بها السفينة

واقول ان خاصية المادة وهي كونها تقطع المسافة الكلية في زمن معلوم اذا كانت عدة قوى مؤثرة مجعا على اتجاه واحد وكان تأثيرها بالتعاقب في الزمن المذكور ليست مقصورة على الاجسام المعتدة للتحرك بتأثير القوى المتجهة على مستقيم واحد بل هي عامة مهما كان اتجاه تلك القوى فاذا اردت أن تعرف لذلك مثالا سهلا يستعمل كثيرا في التحركات المركبة فضع نفسك في زورق وسرفيه من جهة الى اخرى حال استقراره فان سارا الى

الامام في جهة الطول فانك لا تستمر على هذا التحرك الانتقالي بالسرعة المنتظمة ولو استعملت كمية واحدة من القوة لتحرك بها فاذا اطلقت بندقة او طبخجة من نقطة من السفينة الى اخرى فان الرصاصة تصل الى النقطة المعينة اذا كانت السفينة مستقيمة او متحركة بشرط أن لا يتغير هذا التحرك لمدة المسافة التي تقطعها الرصاصة من وقت خروجها من البندقة او الطبخجة الى الهدف المعين ولنبحث عن الطريق الذي تسلكه الرصاصة المذكورة فنقول

لنفرض ان الرصاصة او غيرها من الاجسام بجسم A (شكل ١) تكون مدفوعة بقوتين من رموز اليها يسمى AS و AV فان اثر القوة الاولى وحدها فانها تسير جسم A في ازمة متساوية مسافات $A-B$ و $A-C$ و $A-D$ الخ المتساوية على مستقيم AS الذي هو امتداد AS وان اثر القوة الثانية وحدها فانها تسير جسم A المذكور في تلك الازمنة المتساوية مسافات $A-E$ و $A-F$ و $A-G$ الخ المتساوية على مستقيم AV الذي هو امتداد AV

فاذا اثرت قوة AS وحدها مدة الزمن الاول فانها تنقل جسم A الى B ثم اذا اثرت قوة AV وحدها مدة زمن مساو للزمن المذكور في اتجاهها الاصلى فانها تسير جسم A على مستقيم $B-C$ المساوي لمستقيم AV والموازي له

واذا اثرت قوة AS وحدها في الزمنين الاولين فانها تنقل جسم A الى C ثم اذا اثرت قوة AV وحدها مدة زمنين مساويين للزمنين المذكورين فانها تسير جسم A على مستقيم $C-D$ المساوي لمستقيم AV والموازي له وهكذا

وبالجملة فنقط B و C و D الخ التي ينقل فيها الجسم حين تكون قوتا AS و AV مؤثرتين على التعاقب هي عين النقط التي يصل اليها هذا الجسم متى فرض ان هاتين القوتين تؤثران معامدة زمن واحد وايضا

خاصية الخطوط المناسبة (راجع الدرس الخامس من الهندسة) التي يحدث منها

أ : ب :: أ : ب :: ث : ث :: د : د ...

تستلزم أن نقط أ و ب و ث و د الخ تكون على مستقيم واحد

وإن اشكال أ ب و ث و د الخ تكون متوازية

الاضلاع ويكون لها وتر موضوع على مستقيم أ ب ث د الخ فإذا

سقى وقع على الجسم تأثير قوتين فإنه يترك على مستقيم واحد ويتبع وتر

متوازي الاضلاع الذي يكون كل ضلع منه دالا على المسافة التي يقطعها الجسم

المذكور إذا كان مدفوعا مدة زمن واحد بأحدى القوتين المركبتين

وعليه متى كان القوتان المركبتان مبيتين مقدارا واتجاها بمستقيمي أ -

و أ - فإن محصلتهما \overline{AB} تكون مبيتة أيضا مقدارا واتجاها بوتر متوازي

الاضلاع وهو أ ب - الذي ضلعا أ - و أ - وهذا هو المسمى

بمتوازي الاضلاع للقوى

(ولامانع من أن نبرهن على خاصية متوازي الاضلاع للقوى برهنة صحيحة

فنقول

لنفرض قوتين حيثما اتفق كقوتَي م - و ص المبيتين (شكل ٢)

بمستقيمي أ م - و أ ن - ونتم بهذين المستقيمين متوازي الاضلاع وهو

أ م - ولنوقع على نقطة ن من مستقيم م - ن وعلى

امتداده قوتين متضادتين كقوتَي م - و م - مساويتين لقوة ص

فيعدمان بعضهما ولا يغيران محصلة م - و ص

ونركب الآن م - مع م - و ص مع م -

فإذا كانت ص المتجهة على ش ك محصلة قوتَي م - و م -

المتوازيتين حدث

م : م :: أ : ن :: أ : ش :: م : ش

لكن حيث ان خط $\overline{ش ك}$ مواز لـ $\overline{ن ع}$ يحدث من خاصية الخطوط
المتناسبة (كافي الدرس الخامس من الهندسة)

ان : $\overline{ن ع}$:: $\overline{اش} : \overline{ش ك}$

فاذن يكون $\overline{ش ك} = \overline{ش ن}$ وبما مستقيم $\overline{ك ن ر}$ تكون
زاويتا مثلث $\overline{ك ش ن}$ وهما $\overline{ش ك ن}$ و $\overline{ش ن ك}$
متساويتين وكذلك زاوية $\overline{ك ن ع}$ تكون مساوية لكل منهما
فاذن يقسم مستقيم $\overline{ك ن ر}$ زاويتي $\overline{ان ع}$ و $\overline{ص ن ع}$
الى جزئين متساويين وحيث ان قوتي $\overline{ص}$ و $\overline{ص}$ متساويتان
فان محصلتهما وهي $\overline{ر}$ تكون موضوعة على $\overline{ك ن ر}$ اذ لا مقتضى
لكونها تقرب من احدى قوتي $\overline{ص}$ و $\overline{ص}$ المذكورتين اكثر من
ال اخرى

فعلى ذلك تكون محصلة قوتي $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ عين محصلة قوتي $\overline{ض}$ و $\overline{ر}$
لكن تكون محصلة القوتين الاوليين مارة بنقطة $\overline{ا}$ المشتركة بينهما وتكون
محصلة القوتين الاخرين مارة بنقطة $\overline{ك}$ المشتركة بينهما فاذن تكون
محصلة $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ مارة بنقطتي $\overline{ا}$ و $\overline{ك}$ اعني انهما تكون مارة
بمستقيم $\overline{ا ك ع}$ الذي هو وتر متوازي الاضلاع وهو $\overline{ام ع ن}$
الذي ضلعا وهما $\overline{ام}$ و $\overline{ان}$ دالان على قوتي $\overline{س}$ و $\overline{ص}$
المركبتين

ولاجل تحصيل مقدار محصلة $\overline{ز}$ المتجهة على $\overline{ا ع}$ (شكل ٣) نجعل $\overline{ز}$
مساويا ومضادا لهذه القوة وعليه فتكون قوتي $\overline{س}$ و $\overline{ص}$ و $\overline{ز}$
متوازنة وتكون كل قوة منهما مساوية ومضادة لمحصلة القوتين الاخرين

ونرسم متوازي اضلاع يكون وتره متجهها على \overline{AM} وضلعاه متجهين على \overline{AN} و $\overline{AE} = \overline{AB}$ حتى اريد أن \overline{AN} يكون دالا على المركبة الاولى وكان \overline{AM} اتجاء محصلة \overline{MS} وكانت المركبة الثانية وهي \overline{Z} متجهة على \overline{AE} لزم أن يكون \overline{AE} ضلعاً من متوازي الاضلاع وهو \overline{AN} \overline{M} \overline{E} فاذن يكون $\overline{AE} = \overline{NM} = \overline{AE}$ فتكون محصلة $\overline{Z} = \overline{Z}$ مبينة المقدار والاتجاه بمستقيم \overline{AE} وهو وتر متوازي الاضلاع وهو \overline{AM} \overline{N} اذا كان \overline{AM} و \overline{AN} اللذان هما ضلعاً متوازي الاضلاع المذكور دالين على المركبتين) وكلما كان متوازي الاضلاع للقوى مطبقاً على ما ينشأ عن الاعضاء من الحركات الصغيرة وعلى حركات الآلات المستعملة والحركات الخارجة التي نجبر على عملها لزم أن نعتبر في سائر الاحوال ان ما نستعمله من القوى المركبة يكون متجهها على وجه بحيث يحدث منها محصلة متجهة بنفسها الى الجهة التي يظهر لنا انها موافقة وان كمية القوى المعدومة تكون قليلة مهما امكن هذا وقد تجاسرنا على أن نحقق ان الممارسة المستعملة بالانتباه والمواظبة في القوريات والورش يحدث منها في القوة والزمن وفرة فوائد عظيمة ويتيسر به التباعد عن الاخطار المهولة ولتوضح ذلك بثال يكثر وقوعه مع ما فيه غالباً من الضرر فنقول

اذا كانت حركة العربدة سريعة فازجعت راكبها فوثب من بابها ونظ الى الارض فان جسمه يكون مدفوعاً أولاً بتحريك هذه العربدة الافقى وثانياً بقوة التثاقل الرأسية فتكون محصلة القوتين الماثلة سبياً في وقوع هذا الشخص حين يصل الى الارض وحيث كان الوتر الدال على محصلة القوتين مؤثراً مع الانحراف فان هذا القطر الذي يمر بمركز ثقل هذا الشخص لا يمر برجليه اذا كان منتصباً فينبغي له حتى لا يقع أن يميل كثيراً عند النط بالجزء الاعلا

من جسمه الى الجهة التي تأتي منها العربة وكثيرا ما تمزقت اعضاء الناس بل منهم من هلك عند النط من عربة مجرورة بافراس ازيجتهم سرعتها وما ذالك الا لجهلهم بهذه الكيفية ودهشتهم عند حصول الخطر

ومتى كان ضلعان كضلعي **أ ب** و **أ ت** من شكل متوازي الاضلاع (شكل ٤) متساويين حدث من ذلك شكل معين وقسم الوتر الزاوية الواقعة بين الضلعين الى جزئين متساويين وعليه فقي **ك** كان قوتان متساويتين فان محصاهما تقسم الزاوية الخادثة منهما الى جزئين متساويين فيؤخذ من ذلك انه لا داعي لان تكون المحصلة قريبة من مركبة اكثر من اخرى

ولجميع الطيور شكل متماثل بالنسبة لمستوى **أ د** الرأسي (شكل ٥) الممتد من رؤسها الى اذناها متى كانت منتصبه مع الاستقامة فاذا طارت حدث من اجنحتها حركات متماثلة وضربت الهواء الذي يرد تلك الاجنحة بقوتين متساويتين موضوعتين على وجه متماثل بالنسبة لمستوى **أ د** فاذن تكون محصلة هاتين القوتين موضوعة في هذا المستوى ودافعة لكل طائر على اتجاه معين بهذا المستوى

وكما كان ذراعا الانسان وساقاه مستعمله على وجه متماثل كان جانباه متماثلين ولا اجل تحصيل تأثير ميكانيكي ايا كان يلزم ان محصلة مجهودات هذه الاعضاء تمر بمستوى الجسم الانساني

ومثال هذا التأثير يؤخذ من تعليم فن العوم وذلك لان العائم لاجل أن يتبع الطريق المتجهة على مستوى تماثل جسمه يصنع حركات متماثلة بيديه ورجليه كما في (شكل ٦) ويعين اندفاع الماء على راحتي اليدين واخص الرجلين بسهام **ف و ف و ف و ف** والمحصلتان برمزي **ر و ر**

والسهم المتماثل الصورة له بالنسبة للمستوى الرأسي الممتد من رأسه الى ذنبه (شكل ٧) امشاه موضوعه بالتماثل على جانبيه يحركها مع السوية كما ان العائم يحرك يديه ورجليه بحيث يحدث من ذلك ومن مستوى التماثل زاوية واحدة وهذا هو سبب كون المحصلة تكون في هذا المستوى وتحدث

سيرا مستقيما

وكذلك السفن المصنوعة على صورة السمك لها مستوراى متماثل ومتجه من المؤخر الى المقدم ففى اريد تفسير السفينة استعمل لذلك قوى متساوية موضوعة بوجه متماثل فى كل من جهتي المستوى المذكور وهذه القوى (شكل ٨) تارة تكون مجاذيف وتارة عجلات ذات كفات وتارة اثقالا (راجع القوى المحركة فى الجزء الثالث من هذا الكتاب) وقد تكون محصلة تلك القوى موضوعة دائما فى مستوى التماثل اذا كان الغرض تسيير السفينة سيرا مستقيما

وقد يؤخذ من العوم الناشئ عن قوة الهواء الجاني تطبيق ثابت دائما يتعلق بتحليل القوى وليكن أ ب (شكل ٩) محور السفينة التى يكون فيها مستقيم م ن دالا على مسقط الشراع المستند فى نقطة و على الصارى فاذا كان و ح دالا مقدارا واتجاها على قوة س التى يدفع بها الهواء الشراع يرسم متوازى الاضلاع القائم وهو و ش ح د الذى وتره و ح فاذا حللنا قوة و ح الى قوتين فان احدهما وهى و ش الموجودة فى جهة شراع م ن لا تحدث تأثيما ما تسيربه السفينة وثانيتهما وهى و د العمودية على الشراع وهى التى دون غيرها تدفع الشراع المذكور والصارى والسفينة واذا حللنا قوة و د الى قوتين اخريين فان احدهما وهى و ه تكاد تسيير السفينة فى جهة محور التماثل وثانيتهما وهى و ف تدفعها بالجانب وتحدث التحرك المسمى بالانحراف ويجب على صانع السفن والملاح أن يمزجا تركيب سقنهما وتحركهما بحيث يحدث من قوة و ه اعظم سير ممكن ومن قوة و ف اقل انحراف ممكن

وفى متوازى الاضلاع وهو أ ب ش د (شكل ١٠) اذا كانت زاوية ب ا ث منفرجة جدا يكون وتره وهو أ د قصيرا جدا وكلما كانت زاوية ب ا ث صغيرة كان الوتر المذكور ممتدا الى النقطة التى تكون فيها

زاوية $\overline{ب\text{ا}ث}$ المذكورة معدومة وحينئذ يكون $\overline{ا\text{ث}}$ موضوعا على $\overline{ا\text{ب}}$ وتكون المحصلة مساوية لمجموع المركبتين وعليه فاذا لم تكن زاوية $\overline{ب\text{ا}ث}$ معدومة لا تكون محصلة قوتي $\overline{ا\text{ب}}$ و $\overline{ا\text{ث}}$ مساوية بالكيفية لمجموع هاتين المركبتين •

ويكثر استعمال خاصية محصلة $\overline{ا\text{د}}$ وهي انتقاصها كلما زادت زاوية $\overline{ب\text{ا}ث}$ ولذا كذلك مثالا سم لا نقول

اذا فرض ان المطلوب ربط صندوق $\overline{م\text{م}}$ بجبل من دياره (شكل ١١) فانه يبدأ بجعل $\overline{ث\text{ا}}$ الذي هو طرف الجبل المذكور مارا من حلقة $\overline{ا}$ المصنوعة في نقطة $\overline{ا}$ التي هي طرف $\overline{ا\text{ب}}$ ثم يشد الطرف الخالص شدا قويا في اتجاه قريب جدا من $\overline{ا\text{ث}}$ فاذا كان لا يمكن تحصيل تأثير في هذه الجهة فان هذا الطرف يوجه بالعرض الى $\overline{ا\text{د}}$ ومتى شد بقوة صغيرة حدث من ذلك زاوية $\overline{ب\text{ه}ث}$ اعني ان نقطة $\overline{ا}$ تحير على أن تكون

في $\overline{ه}$ بحيث ان الوتر الصغير وهو $\overline{ه\text{ف}}$ من متوازي الاضلاع يكون عند رسم هذا الشكل دالا على القوة الصغيرة لليد التي توازن شدى الجبل العظيم وهما $\overline{ب\text{ه}}$ و $\overline{ه\text{ث}}$ ثم يشبك طرف الجبل الخالص تحت الصندوق ثم بين $\overline{ه\text{ب}}$ و $\overline{ه\text{ث}}$ و $\overline{ه\text{د}}$ الخ وتوصل نقطة $\overline{ه}$ الى نقطة $\overline{ا}$ بواسطة شد الجبل شدا تدريجيا

وكانوا سابقا يستعملون كثيرا السلاح المعروف بالنشاب او السهم فكانوا يرمونه بقوس $\overline{ث\text{ه}د}$ المرن (شكل ١٢) المشدود بوتر $\overline{ث\text{د}}$ وكان هذا القوس مستعملا بكثرة وقد تقدم في الدرس الثالث من الهندسة ان كلمة قوس ووتر ونشاب نقلت من فن الصيد والقنص والحرب واستعملت في الفاظ العلم ولذا ذكر تأثير القوس فنقول

ان الانسان يقبض باحدى يديه على قوسه في نقطة $\overline{ه}$ ويمسك بالثانية الطرف الغليظ من النشاب ويمسك على هذا الطرف في نقطة $\overline{ف}$ التي

هي منتصف الوتر وما يذله من الجهد في ابعاد نقطة $هـ$ عن نقطة $ف$ يكون
مبيناً بمقدار $ف غ$ وكذلك الجهد الحاصل على نصفي الوترين يكون مبيناً
بمقدار $غ د$ و $غ ث$

فاذا افلقت اليد الموضوعة في نقطة $غ$ طرف السهم فان نصفي وترى
 $غ ث$ و $غ د$ يأخذان طولهما الاصلى وذلك لانهم ما يؤثران في السهم
بقوة واحدة ويجبرانه على اتباع اتجاه الوتر وهو $غ ف$

وعند الرمي تكون نسبة الشد الحاصل من كل نصف وتر الى القوة التي بها يرمى
سهم $اب$ كنسبة طول $غ ث$ او $غ د$ الى ضعف $غ ف$
لان $غ ف$ هذا هو نصف وتر متوازي الاضلاع للقوى المتألف من ضلعي

$غ ث$ و $غ د$
ولكن حيث كان قوس $ث هـ د$ في العادة جسماً مرناً فانه يكاد أن يكون
قائماً مع الشدة بقدر انطباق زاوية $ث غ د$ وبذلك تزداد القوة التي
يرمي بها السهم ايضا وبهذه الطريقة يمكن لاي انسان ان يستطيع يده رمي السهم
بعيدا عنه الا ببعض خطوات مع يسير من القوة أن يرمى هذا السهم الى ابعاد
كبيرة بقوة كافية ويجرح به او يقتل الانسان او غيره من الحيوانات الكبيرة
وهالك مثالا آخر يبين لك شدة قوة صغيرة جدا تؤثر بكيفية مماثلة للكيفية التي
ينثنى بها وتر القوس فنقول

اذا كان الغرض ان الهر به (لأى العود الافرنجي) يكون له درجة من الشد
يصل بها الى صوت لا تثق له لزم أن يستعمل لذلك مفتاح تضاعف به قوة ملاوي
الاورتار اربع مرات او خمسا فان الرجلين الشديدين اذا قبض كل منهما بيده

على طرف بعض اوتار من العود وشده حتى يبلغ الغاية لحقهما من ذلك مشقة
وتعب اذا كانت تلك الاوتار متصلة بهذه الآلة كاتصال الجزء ب كله
وقد حسب المهندس بروني شداوتار الپيانو (اى القانون الا فرنجى) فوجد
مجموع شدة انه يزيد على قوة اربعة افراس ومع ذلك فالفق الصغير الذى اذامد
ذراعيه على طول اوتار العود لا يسندهما الا بالمشقة يجدى فى اصابعه اللطيفة
قوة كافية للقبض على هذا الاوتار والضرب عليها من منتصفها بانامله بحيث
يحدث من ذلك نصف اوترين منزويان وهما ضلعا كثيرا لاضلاع (شكل ١٣)
الذى يدل وتره على الجهد الحادث من اصابع الفقى المذكور ومتى فتح يده
كان فى هذا الجهد قدرة كافية لان تحدث للوتر تحريك الاهتزاز الذى تسمع رتبه
مدة طويلة ما لم ينقطع بالدواسة او ينعدم بين انغام الاهوية والمقامات
المتوالية

ولم نذكر الى هنا الا ما يتعلق بمتوازي الاضلاع البسيط للقوى اى الذى لم يتكون
الامن من مركبتين ومحصلتها

ولنفرض الآن أن هنالك ثلاث مركبات مؤثرة فى نقطة مادية كـ نقطة A
(شكل ١٤) وليكن AB و AC و AD اجزاء من مستقيم واحد
دالة طولاً واتجاهاً على المركبات الثلاثة المذكورة فاذا رسمنا متوازي الاضلاع
وهو AB و AC باعتبار مستقيمي AB و AC كضلعين له كان وتره
وهو AE دالة على مقدار محصلة القوتين الاوليين واتجاههما بمعنى ان
الجسم الواقع عليه تأثير قوتي AB و AC معا وقوة AE وحدها
يقطع مسافة واحدة فى اتجاه واحد وزمن واحد

ولتركب محصلة AE الجزئية مع القوة الثالثة وهى AD فيحدث من
المستقيمين الدالين عليهما متوازي الاضلاع وهو AE ويكون AF
الذى هو وتر هذا الشكل الجديد دالا بالضرورة على محصلة AD و AE
الا ان التأثير الحادث من AE يكون مكافئاً للتأثير الحادث من قوتي AB

و $\overline{ا\theta}$ فاذن يكون التأثير الحادث من قوة $\overline{ا\phi}$ مكافئاً للتأثير الكلى
 الحادث من قوى $\overline{ا\beta}$ و $\overline{ا\theta}$ و $\overline{ا\delta}$ الثلاثة
 ويمكن الوصول الى هذا الحاصل بكيفية اخرى وهى انه متى كانت قوتان
 كقوتى $\overline{ا\beta}$ و $\overline{ا\theta}$ (شكل ١٥) مؤثرتين فى جسم بجسم $\overline{ا}$
 فان اثر فى القوة الاولى وهى $\overline{ا\beta}$ وحدها فى زمن معلوم فانها تنقله
 من $\overline{ا}$ الى $\overline{ب}$ وان اثرت بعدها القوة الثانية وهى $\overline{ا\theta}$ وحدها
 فانها تنقله ايضا من $\overline{ب}$ الى $\overline{ه}$ بالتوازي لقوة $\overline{ا\theta}$ بحيث يكون
 $\overline{ب\theta} = \overline{ا\theta}$ ثم ان اثر فى قوة ثالثة كقوة $\overline{ا\delta}$ وحدها فانها تنقله
 من $\overline{ه}$ الى $\overline{ف}$ بالتوازي لقوة $\overline{ا\delta}$ بحيث يكون $\overline{ه\phi} = \overline{ا\delta}$
 وبالجملة فالجسم المذكور والواصل الى $\overline{ف}$ بالتأثير المتوالى الحادث
 من القوى الثلاثة يكون موجودا مع الضبط فى النقطة التى كان يصل اليها
 لو كانت هذه القوى الثلاثة كلها مؤثرة فيه فى زمن واحد لاجل نقله
 وهذه الكيفية لاتغير الكيفية السابقة الا بكونها دون المتقدمة فى الصعوبة
 وذلك لانه ينقص فيها الضلع الثالث والرابع من متوازي اضلاع شكل ١٤
 فاذا كان هنالك عددا من القوى كقوى $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$ و $\overline{وث}$ الخ
 (شكل ١٦) المؤثرة فى نقطة مادية فان هذه النقطة تنقل فى زمن معلوم
 الى مسافة ابعد من المسافة التى نقل اليها الجسم فى صورة ما اذا اثرت فيه
 القوى كل واحدة على حدها مع التوالى لاجل نقله الى اتجاهها الاصلى
 فى الزمن المذكور وحينئذ نعد بالتوالى مستقييات $\overline{ا\alpha}$ و $\overline{ا\beta}$ و $\overline{ا\gamma}$ الخ
 موازية ومساوية فى الطول لمستقييات $\overline{وب}$ و $\overline{وث}$ و $\overline{ود}$ الخ
 ثم نصل نقطة $\overline{وا}$ الاولى بنقطة $\overline{ه}$ الاخيرة من هذه الاضلاع المتسلسلة
 فيكون مستقيم $\overline{وه}$ دلا على محصلة جميع المركبات المبينة بمستقييات
 $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$ و $\overline{وث}$ و $\overline{ود}$ الخ
 فاذا غلقنا حينئذ بمستقيم $\overline{وه}$ كثيرا لاضلاع $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$ و $\overline{وث}$ و $\overline{ود}$...

كان هذا المستقيم دالا على المحصلة الكلية متى كان كل من الاضلاع دالا على قوة مركبة

فاذا عكست محصلة $\overline{وه}$ الى $\overline{وه}$ فان هذه القوة المحصلة المضادة للمركبات بدون واسطة تكون موازنة لتلك المركبات ومن هنا الدعوى النظرية اللطيفة المنسوبة الى المهندس $\overline{ليبنتز}$ وهي اذا كان هناك قوى بقدر ما يراد واقعة على نقطة مادية وكانت هذه القوى مبينة مقدارا واتجاهها في سمت متتابع باضلاع شكل كثير الاضلاع منتظما كان او غير منتظم غير أنه يكون تاما ومغلوقا فان هذه القوى كلها تكون متوازنة بالضرورة

ويوجد في كثير الاضلاع وهو $\overline{من ح خ ر ض}$ (شكل ١٧) زاوية داخلية $\overline{ر خ}$ وهذه الزاوية لا بد منها في عمل كثير الاضلاع لان اتجاه

$\overline{س ه}$ يدل على الجهة التي ينبغي أن يرسم فيها ضلع $\overline{خ ر}$ لتكون القوى المتوازنة متعاقبة كلها في جهة واحدة وبالجمله فكل ضلع من كثير الاضلاع يدل على مقدار القوى واتجاهها

وفائدة الكيفية التي اعتبر فيها تركيب القوى هي انها تستعمل ايضا في القوى المؤثرة في مستوي واحد او عدة مستويات مختلفة وذلك مهم جدا في كثير من الحالات

وينتج من ذلك انه اذا لم تكن قوى $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$ و $\overline{و ث}$ و $\overline{ود}$ الخ (شكل ١٦) كلها في مستوي واحد لا تكون اضلاع $\overline{ك ك}$ كثير الاضلاع وهو $\overline{وا ر ث د الخ}$ الموازية لاتجاهات تلك القوى كل لنظيره في مستوي واحد غير أنه في هذه الصورة تكون محصلة جميع القوى وهي $\overline{وه}$ مبينة مقدارا واتجاهها بمستقيم $\overline{وه}$ الممتد من نقطة $\overline{و}$ التي هي مبدأ كثير الاضلاع وهو $\overline{وا ر ث د الخ}$ الى نقطة $\overline{ه}$ التي ينتهي فيها آخر الاضلاع الدالة على القوى المركبة

وكلا سهل عمل كثير الاضلاع وهو وا - ش - الخ على الورق او على الارض اذا كان هذا الشكل بتمامه في مستو واحد كان عمله سهبا ومتعبا اذا لم تكن اضلاعه التي يتركب منها في مستو واحد

هذا وقد ظهر لنا مما سبق في الدرس الثالث والسابع والثالث عشر من الهندسة في الجزء الاقل من التعريفات والقضايا طريقة مختصرة مضبوطة في تحصيل اتجاه المحصلة ومقدارها مهما كان عدد القوى المركبة واتجاهها ومقدارها

وحاصلها انه لاجل تحصيل مسقط مستقيم م ن (شكل ١٨) الموضوع على مستو بالنسبة الى محوري وس و وص يكفي أن ننزل من نهايتي هذا المستقيم بعمودين على محوري المسقط المذكور فيكون جزأ

م د و م د المحصوران بين هذين العمودين هما المسقطان المطلوبان فاذا مددنا م الى آ و م الى ب فانه يحدث متوازي الاضلاع وهو م ا ن ب الذي يمكن اعتبار م ن فيه كقوة محصلة

مركبتها مبينتان بمستقيمي م ب = م د و م ا = م د حيث ان هذين المستقيمين الاخيرين متوازيان ومحصوران بين متوازيين آخرين كما تقدم في الدرس الثاني من الهندسة

وما ذكرناه في شان القوة الواحدة يمكن اجراؤه في قوتين او ثلاثة او اربعة او اكثر من ذلك ومهما كان مقدار القوى واتجاهها فان كل واحدة منها تكون مبينة بمسقطها على محورين متقاطعين

فاذا كان هنالك عددا من القوى مثل م ن و ن ح الخ (شكل ١٨) فانه يكفي أن نأخذ مساقطها على محوري وس و وص المتقاطعين ثم نعتبر أن الجسم يتحرك من جهة على وس بقوى م د و د ح و ح خ الخ ومن جهة اخرى على وص بقوى م د و د ح و ح خ الخ فيكون التأثير الناشئ عن ذلك واحدا دائما لانه حينئذ يكون مستقيما

مرخ الغالق لكثير الاضلاع وهو مرن ح خ دالا على محصلة قوى

مرن و ن ح و ح خ ويكون مسقطاها وهما م غ و م غ هما مجموع المساقط الجزئية او فاضلها فاذا كانت قوى م د و د ح و ح غ الخ و م د و د ح و ح غ الخ مؤثرة على مستقيم واحد فان محصلتها تكون أولا متجهة على هذا المستقيم وثانيا تكون مساوية لمجموع سائر القوى المتجهة الى جهة ناقصا مجموع القوى المتجهة الى اخرى تقابلها ولا شيء اسهل في العمل من هذا البيان

ولنفرض (شكل ١٧) جملة من القوى مبينة بمستقييات مرن

و ن ح و ح خ الخ فاذا اسقطنا هذه المستقييات على محور وس في م د و د ح و ح غ الخ فان قوى م غ و ر ض يكون دفعهما الى جهة مضادة لجهة م د و د ح و ح غ الخ وعلى ذلك تكون المحصلة مساوية م د + د ح + ح غ - ر ض + ر ض ومن البديهي ان م د + د ح - ح غ هو م خ وان ر ض - ر ض هو خ ض فاذن تكون المحصلة الكلية مساوية م غ + خ ض

اعني م ض وهذا الجزء المحورى هو مسقط م ص الذى يغلق كثير الاضلاع للقوى وبناء على ذلك يكون هو الوال على محصلة مرن

و ن ح و ح خ الخ

فاذا كانت جميع قوى مرن و ن ح و ح خ الخ (شكل ١٨) في مستوى محورى وس و وص فلن التحركات الحادثة من نقطة م على محورى المسقط تكون دالة دلالة تامة على التحركات الحادثة من م بواسطة قوى مركبة ايا كانت كهوى مرن و ن ح

و ح خ الخ

ولكن اذا لم تكن القوى المذكورة في مستوى المحورين لزم اخذ ثلاثة محاور عمودية على بعضها بأن نأخذ مثلاً مستويارأسيا ومستويين اقليين احدهما متجه من الشمال الى الجنوب والاخر من المشرق الى المغرب وعلى ذلك اذا انزلنا على المحاور باعمدة من نهايتي كل مستقيم دال على قوة كانت المساقط دالة على ثلاث قوى بحيث يؤول الامر الى ان النقطة المادية المتحركة بالتوالي على اتجاه كل من القوى المذكورة تصل الى الوضع الذي كانت تصل اليه لو كانت متحركة بقوة واحدة اصلية

وكذلك يتضح بواسطة متوازي الاضلاع تحليل قوتين وتركيبهما على مستوى ويتضح ايضا بواسطة متوازي السطوح تحليل وتركيب ثلاث قوى في الفراغ كما تقدم في الدرس السابع من الهندسة الذي تكلمنا فيه على متوازيات السطوح

وحيث نذا ممدنا وتر أ غ (شكل ١٩) من زاوية أ الى زاوية غ المقابلة لها فن البديهي انه اذا اخذنا الوتر المذكور مع اضلاع أ ب و أ ث

$= \text{ب ه}$ و $\text{أ د} = \text{ه غ}$ الثلاثة فنحصل من ذلك \equiv كثير اضلاع

أ ب ه غ أ مغلوفا من سائر جهاته فاذن يمكن أن نعتبر ان أ غ الذي هو

ضلع كثير الاضلاع المذكور يكون دالا مقدارا واتجاها على قوة أ غ المتوازنة مع القوى الثلاثة الميمنة على وجه التناظر مقدارا واتجاها بمستقيمت أ ب و أ ث و أ د

فعلى ذلك اذا كانت قوة أ غ مثلاً تكفي في نقل نقطة أ الى نقطة غ في زمن معلوم فان قوة أ ب تنقل في زمن مساو لهذا الزمن النقطة المذكورة من أ الى ب ثم تنقل كذلك قوة أ ث في زمن مساو له نقطة أ من ب الى د وكذلك قوة أ د تنقل في زمن مساو له ايضا

نقطة ١ من ٥ الى غ
فان اذا كانت القوى الثلاثة الميئة بمستقييات أ ب و أ ث و أ د
مؤثرة معا فانها تنقل ١ الى غ في عين الزمن الذي تكون فيه كل من
هذه القوى مؤثرة على حدها بالتوالي والذي تكون فيه محصلة أ غ
مؤثرة دون غيرها

ولننبه هنا على انه اذا اطلق اسم محاور المسقط على مستقييات أ ب و أ ث
و أ د فان اجزاء أ ب و أ ث و أ د تكون بالضبط على هذه

المحاور مساقط لوتر أ غ الذي هو محصلة تلك القوى الثلاثة
ثم ان هذه الطريقة التي سلكتها وان كانت مطولة الا انه لا بد منها
حتى يعرف ان الخواص التي يستصعبها المبتدى ويها بها انما هي من قبيل
المبادئ

واذا حللنا كلا من القوى التي يمكن وقوعها على جسم واحد الى قوتين
موازيتين لمحورين معلومين او الى ثلاث قوى موازية لثلاثة محاور معلومة فانه
يتحصل من ذلك كثير من القوى الموازية لكل محور بقدر ما يوجد من القوى
المختلفة الواقعة على الجسم مهما كان مقدارها واتجاهها وبذلك يؤول تأثير
القوى التي لا مشابة بينها من حيث اتجاهاتها الى تأثير القوى المتوازية
بلا واسطة

فاذا كان لساثر القوى المتحصلة من التحليل المذكور محصلة واحدة مارة بمركز
ثقل الجسم فانها تكاد تسير الجسم المذكور الى الامام على خط مستقيم بدون
دوران كما لو كانت محولة الى قوة واحدة مساوية لجموعها وموازية لاتجاهها
المشترك بينها

واذا كان لساثر القوى المذكورة محصلة غير مارة بمركز الثقل المتقدم فان هذه
المحصلة تؤثر في الجسم تأثيرا يديره ويلزم الاعتناء بالبحث عن كيفية حصول

هذا التحرك فله فرض أن قوة \overline{AS} لا تكون مارة بمركز الثقل وهو \overline{G} (شكل ٢٠) فمن حيث أن \overline{G} عمود ممتد من نقطة \overline{G} الى \overline{AS} الذي هو اتجاه تلك القوة فان تحرك الجسم لا يتغير متى اضيف اليه قوة واحدة كقوة \overline{G} موازية ومساوية لقوة \overline{AS} وقوتان كقوتي $\overline{اص}$ و $\overline{اص}$ الموازيان لقوة \overline{G} المتجهتان بالتضاد والمساوية كل واحدة منهما لنصف \overline{G} والموضوعتان على وجه بحيث تكون $\overline{G} = \overline{ا} = \overline{ا}$ لان قوة \overline{G} متوازنة مع $\overline{اص}$ و $\overline{اص}$ غيرأه قوة $\overline{اص}$ لما كانت نصف قوة \overline{AS} وكانت متجهة الى جهة مضادة لها اعدمت نصف \overline{AS} وبناء على ذلك يكون الجسم متحركاً بثلاث قوى احدها قوة \overline{G} المارة بمركز ثقل الجسم والمساوية لقوة \overline{AS} والثانية نصف \overline{AS} المؤثرة في جهة \overline{AS} والثالثة $\overline{اص}$ المساوية لنصف \overline{AS} والمتجهة الى جهة مضادة لها .
وحيث كانت القوتان المساويتان لنصف قوتي \overline{AS} و $\overline{اص}$ بعيدتين بالسوية عن مركز الثقل وهو \overline{G} كانتا مؤثرتين تأثيراً به يدور مركز الثقل المذكور بدون أن يسموا الى جهة اكثر من اخرى حيث لا مقتضى لكون احدي القوتين المذكورتين المتساويتين المتجهتين بالتوازي الى جهتين متقابلتين تجذب المركز المذكور الى جهتها زيادة عن القوة الاخرى فعلى ذلك أولاً لاية تقدم مركز الثقل ولا يتأخر بواسطة تأثير نصف قوتي $\overline{اس}$ و $\overline{اص}$ وثانياً يكون هذا المركز منقولا بتأثير قوة \overline{G} على خط مستقيم بالنسبة الى تأثير قوة مساوية لقوة \overline{AS} وموازية لها وبناء على ذلك اذا كان هناك عدة قوى مؤثرة في جسم له صورة ما وحللنا اولاً

جميع تلك القوى بالتوازي الى محاور معلومة ثم عينا ثانيا المحصلة الكلية للقوى المذكورة لاجل نقلها بالتوازي الى مركز الثقل فان هذا المركز يتحرك تحركا مستقيما كالمو كانت تلك القوى واقعة كلها على مركز الثقل المذكور بدون واسطة وهذه هي القضية الشهيرة المتعلقة بحفظ مركز الثقل وتسميته بذلك لا لابتدائه لاسيما في هذه الخاصية وهي أن التحركات الداخلية الحادثة في الجسم من تأثير اجزائه بعضها في بعض او من مقاومتها لبعضها لا تغير شيئا من تحرك مركز الثقل بالنسبة لنقط الفراغ الخارجية

ثم ان لعب البليارد (وهي تخته كبيرة يلعب عليها بأكبر صغيرة من العاج اوسن الفيل) يؤخذ منه عدة امثلة متنوعة واضحة جدا وخواص التحرك الحادثة للجسام من تأثير قوة غير مارة بمركز ثقلها فاذا دفع البيل (وهي كرة صغيرة من العاج اوسن الفيل) على غير اتجاه مركزه بل على يمينه مثلا فانه يسير اولا الى الامام بالسرعة التي كان يسير بها لو دفع على اتجاه مركزه وثانيا يكون له تحرك مستدير من اليمين الى الشمال وذلك مع السير الى الامام فاذا دفع من فوق مركز الثقل فانه يسير الى الامام ايضا مع السرعة التي كان يسير بها لو دفع على اتجاه مركزه ويكون له تحرك دوران من فوق الى تحت وذلك ايضا مع سيره الى الامام

وقد يكون التأثير بخلاف ذلك اذا وقع البيل على شمال مركز الثقل او تحته فاذا دفع من تحت مركز الثقل فان المقاومة الحادثة من احتكاك سطح البليارد بالبيل تكون متزايدة واذا دفع من تحت المركز وكان ذيل قضيب الدفع مرفوعا فانه يسير مع البطيء كالمو كان ذيله مؤثرا بالتوازي للبليارد وحيث يمكن ان سرعة الدوران تنقله الى الغاية التي لا تنعدم فيها السرعة المذكورة بتمامها بسبب الاحتكاك المذكور عند انعدام سرعة البيل المتوالية وزوالها بالكلية وحيث كانت مقاومة سطح البليارد مستمرة دائما كالقوة المعطلة كان بعض هذه المقاومة منقصة لسرعة دوران البيل والبعض الآخر مؤثرا كالمو كان منقولا الى مركز البيل المتأخر بذلك البعض وهذا هو السبب في انه يمكن من اول دفعة

من ذيل قضيب البليار تقديم البيل ثم تأخير
وهذا لتأثيرات مشابهة لتأثيرات لعب البليار توجد في تحرك كل المدافع
والقنابر ويحصل منها فوائد عظيمة جدًا معرفتها من أهم الأشياء في فن الحرب
وهي الغرض الأصلي من فن الطوبجية

*(الدرس السادس) *

في بيان آلات البسيطة وهي الحبال والقناطر المعلقة وعدد خيول العربات
وادوات السفن ولوازمها وما أشبه ذلك

يطلق اسم الآلات على الأجزاء المادية المجمعة المستعملة لنقل أي قوة من
القوى بأن يغير اتجاهها أو سرعتها أو المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم
في زمن معلوم

والآلات البسيطة سبع ومنها تألف جميع آلات المركبة وهذه الآلات
البسيطة هي الحبال والرافعة والبكر والمكاف (أي المنجنيق) والمستوى المائل
والبريمة والخابور وسنبلين كلاهما تفصيل على حسب ما تقتضيه أهمية
موضوعه ونشرع في ذكرها على هذا الترتيب فنقول

*(بيان الحبال) *

قد فرض المهندسون أولاً لاجل سهولة معرفة خاصية الحبال المستعملة
لنقل القوى أنها آلينة وغير قابلة للامتداد ومجردة عن التشاقل ثم نظروا لما يلزم
اعتباره فيها من شدة كثرة أو قلة ومدتها وتناقلها فبحثوا (بالنظر
والتجربة) عن التغيرات التي يمكن عروضا للعوامل الأصلية بخواص
المادة التي تتركب منها الحبال المذكورة

ثم ان تحويل المسائل الصعبة إلى أصولها السهلة ليس الا كيفية عقلية بها
يتقوى الفهم السقيم وتسهل وسائط العمل فلذا آثرناها في البحث عن خواص
الحبال وسائر الآلات البسيطة

فلنفرض اذن حبل على غاية من اللين غير قابل للامتداد ومجردا عن التشاقل
ثم نبديه بايقاع قوة واحدة على كل من طرفي هذا الحبل ونفرض ان هاتين

القوتين الشاذتين للعبل في جهتين متقابلتين متساويتان فبتأثيرهما يكون الحبل مشدودا شدا مستقيما وطرفاه على اعظم بعد ممكن فعلى ذلك تكون القوتان المذكورتان متوازنتين اذ لا داعي لكون الحبل المشدود من طرفيه يتقدم الى جهة اكثر من اخرى

فاذا \equiv ان هناك قوة ثالثة شادة للعبل في جهة احدى القوتين الاوليين فان هاتين القوتين يعدمان بعضهما ويكون تحرك الحبل من جهة القوة الثالثة فقط كما لو كانت القوتان الاوليان لم يوجد اصلا وهذا التحرك الحادث على اتجاء الحبل لا يمنع من أن يكون على خط مستقيم فاذن لا يكون الحبل مشدودا الا بالقوة الثالثة واما القوتان الاوليان المتوازنتان فلا يتحصل منهما الا هذا التوازن الناشئ عن شد كل منهما للعبل

ونتيجة ذلك تكون واحدة مهما كان طول الحبل ويؤخذ من ذلك ان الشد الحادث يكون ايضا واحدا في كل من نقط الحبل التي هي $\overline{ش}$ و $\overline{آ}$ الخ و بالجملة فلاجل معرفة شد الحبل من نقطة منه كنقطة $\overline{ش}$ (شكل ١) نفرض ايقاع قوتي $\overline{آس}$ و $\overline{بص}$ على تلك النقطة وكذلك لاجل معرفة شدة من نقطة $\overline{آ}$ نفرض ايقاع قوتي $\overline{آس}$ و $\overline{اص}$ عليها ولا يتغير تأثير هاتين القوتين مهما كانت نقطة وقوعهما

وينتج من ذلك ان شد الحبل من نقطة $\overline{ش}$ مثلا يكون (كما تقدم قريبا) واحدا كما في طرف $\overline{آ}$ فاذن يكون الشد واحدا في جميع اجزاء الحبل ولنفرض الا ان انه يكون للعبل في جميع طوله قوة ثابتة ما عدا نقطة واحدة تكون اضعف من غيرها فبازيادة القوتين المتضادتين تدريجا بكمية واحدة يتوصل الى حد يكون فيه الشد (المفروض انه واحد فيما عدا النقطة المذكورة) قليلا لاجل نقض الحبل في النقطة الضعيفة المذكورة دون غيرها من النقط الاخرى فاذن يحصل نقض الحبل في هذه النقطة ويكون التوازن معدوما وهذه الكيفية هي التي تستعمل في القنون مع الضبط لقياس قوة الحبال فاذا اريد استعمال الحبال في تثبيت الاشياء التي ينبغي المحافظة على امساكها وفي تعليةها

فلا بد من تحقق أن هذه الحبال تعمل ما يعرض لها من المجهودات العظيمة بدون تقص ولا انقطاع وعلى ذلك فيلزم أن نعرف من مبدء الامر المقاومة التي تقبلها تلك الحبال والقطن المتخذة من الحديد المستعملة الآن عند التجارة الفرنسية لانه اذا نظرت في كل كلبة من السلسلة الى رداء الحديد المتخذة منه او رداء صناعته يكفي ادنى قوة في جعل القنة عرضة للكسر كما اذا كانت الكلبات كلها على هذا النسق

واذا كان الحبل قصيرا قلت الموانع التي تمنعه عن أن يكون في بعض نقطه اضعف منه في البعض الآخر واذا اخذنا طرفي حبل غير متساويين في الطول وشددناهما شدا متساويا فان الطرف القصير منهما يكون قابلا لتحمل جهد عظيم من غير انقطاع اكثر من الطرف الطويل ولنفرض ان كلا من الطرفين يقع عليه قوى متعددة بدلا عن القوة الواحدة

فلتكن $اسه$ و $اسه$ و $اسه$ الخ (شكل ٢) هي القوى المؤثرة في الحبل من احد طرفيه و $بصه$ و $بصه$ و $بصه$ الخ هي القوى المؤثرة فيه من الطرف الاخر فيمكن ابدال قوى $اسه$ و $اسه$ و $اسه$ الخ بقوة واحدة تكون محصلة لها وكذلك نبذل قوى $بصه$ و $بصه$ و $بصه$ الخ بقوة واحدة تكون ايضا محصلة لها ثم نعين تلك القوة بموجب القوانين الاعتيادية المتعلقة بتركيب القوى فترسم كثيرا اضلاع تكون اضلاعه مساوية وموازية للمستقيات الدالة على جملة القوى الاولى وكثيرا اضلاع آخر تكون اضلاعه مساوية وموازية للمستقيات الدالة على جملة القوى الثانية ويكون مستقيما $اس$ و $بص$ الغالقان لكثيرى الاضلاع المذكورين دالين على المحصلين ويلزم لاجل التوازن ان تكون المحصلتان متجهتين الى جهتين متضادتين على اتجاه حبل $اب$ وأن يكونا متساويتين

فإذا لم تكن القوتان متساويتين حصل التحرك في جهة كبراهما وتكون السرعة على نسبة منعكسة لجسم الحبل المعدل للتحرك وهكذا (كما تقدم في الدرس الثاني)

* (تطبيق ما تقدم على ضرب النواقيس) *

النواقيس التي تضرب في الكائنات مشدودة بحبل أ ب الرأسي (شكل ٣) فإذا كان الناقوس ضخمًا بحيث لا يمكن لشخصين أو ثلاثة ضربه مع السهولة بشدهم جميعًا للحبل المذكور فإنه يربط في الطرف الأسفل

من حبل أ ب الأصلي جبال صغيرة كجبال أ س و أ س و أ س الخ ويقبض كل منهم على هذه الجبال ويشدونها كي يحدث للناقوس التحرك الموافق له ولأجل تحصيل المحصلة يكفي عمل كثير الاضلاع وهو

أ س س س الخ الذي تدل اضلاعه وهي أ س و س س و س س الخ

مقدارًا واتجاهًا على قوى أ س و أ س و أ س الخ

وبعد مستقيم أ س بين نقطة أ ونهاية الضلع الأخير يعلق كثير الاضلاع للقوى الذي يكون فيه هذا المستقيم دالًا على المحصلة وبالجمله فيلزم في الصورة

التي نحن بصدد ها أن تكون هذه المحصلة في اتجاه حبل أ ب الرأسي ويقف عادة ضاربو الناقوس المتقاربون في القوة على شكل دائرة ويكونون على بعد واحد من بعضهم بحيث يكون مركز هذه الدائرة في الوضع الرأسي لحبل أ ب وبهذا الوجه تمر محصلة قواهم ضرورة بمستقيم أ ب

* (بيان الكبش (أي الشامردان) وهو الآلة المعتدة لدق الخواير) *

ما ذكرناه في صورة ضرب النواقيس يجري أيضًا إذا أريد أن يشتد بحبال صغيرة الحبل الأصلي الذي يحرك الكبش المستعمل لدق الخواير وقد غلب على هذه الآلة اسم آلة الضرب لأنها تضرب كناقوس الكنيسة الضخم ولأجل الوقوف على حقيقة هذه الآلة يلزم معرفة خواص البكرات

ولم تتكلم الى هنا الاعلى الجبال المشدودة من اطرافها فقط ولنفرض زيادة على ذلك انها تكون مشدودة من نقطة متوسطة فنقول
ليكن \overline{AS} و \overline{BS} (شكل ٤) هما القوتان الواقعتان على \overline{A} و \overline{B} اللذين هما طرفا جبل \overline{AB} و \overline{SZ} هي القوة الواقعة على نقطة \overline{S} المتوسطة فتكون هذه القوى الثلاثة متوازنة عند نقل \overline{BS} الى \overline{SZ} و \overline{AS} الى \overline{SZ} فيكون \overline{SZ} الذي هو وتر متوازي الاضلاع الحادث على ضلعي \overline{SZ} و \overline{SZ} مساويا ومقابلا لقوة \overline{SZ} على وجه الصحة والضبط ولنفرض أن قوة \overline{AS} (شكل ٥) المبينة بمستقيم \overline{SZ} وقوة \overline{BS} المبينة ايضا بمستقيم \overline{SZ} يكونان متساويتين فاذن يكون متوازي الاضلاع وهو \overline{SZ} شكلا معيناً وتكون زاويتا \overline{SZ} و \overline{SZ} متساويتين بمعنى أن مستقيمي \overline{SZ} و \overline{SZ} يحدث عنهما مع انجاء محصلة \overline{SZ} زاوية واحدة

ولكن تكون قوة \overline{SZ} قريبة او بعيدة عن \overline{BS} اكثر من \overline{SZ} على حسب كبر \overline{SZ} او صغره عن \overline{SZ} وذلك متعلق بصورة مثلثي \overline{SZ} و \overline{SZ} المتساويين

فاذا كان هنالك اربع قوى \overline{AS} و \overline{BS} و \overline{AS} و \overline{BS} (شكل ٦) واقعة على نقطتي \overline{S} و \overline{S} يلزم أن يكون التوازن حاصل حول كل من النقطتين المذكورتين وهلم جرا فاذا كان حول نقطة \overline{S} مثلاً قوتا \overline{AS} و \overline{BS} اللتان يلزم

أن تكون محصلتهما متجهة على امتداد $\overline{\text{ثث}}$ ودالة على الشد الكلى
 الحادث من هاتين المركبتين على حبل $\overline{\text{ثث}}$ الصغير فبرسم متوازي
 الاضلاع وهو $\overline{\text{ثص}}$ زسه الذي فيه $\overline{\text{ثس}} = \overline{\text{أس}}$ و $\overline{\text{ثص}}$
 $= \overline{\text{بص}}$ يحدث أن $\overline{\text{بث}}$ يساوى شد حبل $\overline{\text{بث}}$
 وكذلك نقطة $\overline{\text{ث}}$ فانه اذا رسم متوازي اضلاع $\overline{\text{ثص}}$ زسه
 الذى فيه ضلع $\overline{\text{ثس}} = \overline{\text{أس}}$ و $\overline{\text{ثص}} = \overline{\text{بص}}$
 يحدث أن $\overline{\text{بث}}$ يساوى شد الحبل ولاجل توازن $\overline{\text{ثث}}$ يلزم
 أن يكون شدا $\overline{\text{بث}}$ و $\overline{\text{بث}}$ المتضادان متساويين

ولننبه هنا على ان تعيين شدود $\overline{\text{اث}}$ و $\overline{\text{ثث}}$ و $\overline{\text{ثأ}}$ الخ المتنوعة
 لاعلاقة له بطول اجزاء $\overline{\text{اب}}$ و $\overline{\text{بث}}$ و $\overline{\text{ثد}}$ الخ وانه عند
 زيادة هذا الطول او نقصه تتغير حالة الشدود ما عدا توازنها فاذن يمكن
 أن يفرض انعدام واحد منها او اكثر بدون أن ينعدم ذلك التوازن وبناء
 على ذلك اذا كان هناك عدة قوى واقعة على نقط متنوعة من حبل واحد
 فبايقا عليها كلها على نقطة واحدة منه بدون تغيير مقدارها واتجاهها
 مع نقلها بالتوازي لنفسها وتخليصها من الحبل المذكور تكون متوازنة
 فاذا كان هناك حبل مشدود بقوى واقعة على نقط مختلفة حدث عنه شكل
 كثير الاضلاع ولهذا يسمى كثير الاضلاع الحبالى ويلزم أن تكون القوى
 المؤثرة حول كل نقطة متوازنة مع الشدود الحادثة من اضلاع كثير الاضلاع
 الذى تكون هذه النقطة رأسه

وتم امثلة عديدة تتعلق بتوازن كثير الاضلاع الحبالى وذلك اذا علقنا اثقالا
 فى حبل لا يكون طرفاه على رأسى واحد وسيظهر لك من القناطر المعاطة التى
 سنتكلم عليها فى آخر هذا الدرس مثال آخر فى شأن الاشكال الكثيرة الاضلاع

الحبالية وفي شأن فائدة تقوي يماثها

ولتكن أصه و بز و بشن و دوقن (شكل ٧) قوى
 رأسية فتكون محصلتها وهي $\overline{ر ر}$ رأسية أيضا ومساوية لمجموعها
 ولا مانع أن تكون هذه المحصلة معينة بدون واسطة بالدعوى النظرية المتعلقة
 بالقوى المتوازية ولاجل حصول التوازن في كثير الاضلاع الحبالية يلزم
 أن قوة $\overline{ر ر}$ الدالة على مجموع قوى أصه و بز و بشن و دوقن
 توازن شد طرفي الحبل اللذين هما $\overline{أ}$ و $\overline{د}$ وذلك يقتضي أولا أن
 اتجاهي قوتي أصه و دع المتطرفين يتقاطعان في نقطة $\overline{و}$ على $\overline{ر ر}$
 التي هي محصلة القوى المتوازية وثانيا أنه اذا اخذنا $\overline{وسه} = \overline{أسه}$
 و $\overline{ورع} = \overline{دع}$ على مستقيبي $\overline{واسه}$ و $\overline{ودع}$ فانوتر متوازي
 الاضلاع الحادث على هذين الضلعين يكون مساويا $\overline{ر ر}$ مساواة صحيحة
 ويكون رأسيا كسائر القوى المركبة

واما الشدود الحاصلة من اجزاء حبل $\overline{أ ب ش د}$ المتنوعة فانه يسهل
 دائما تعيينها باعتبار أن كل قوة موازية مثل $\overline{أسه}$ و $\overline{بز الخ}$ كوتر
 متوازي الاضلاع الذي ضلعا ممتدان وهما $\overline{أسه}$ و $\overline{أ ب}$ او $\overline{أ ب}$
 و $\overline{ب ش}$ او $\overline{ب ش}$ و $\overline{ش د}$ الخ فتكون اضلاع هذا الشكل
 دالة على شدود الحبال الصغيرة وهذا الوجه يعين شدة طرفي كل حبل صغير
 كحبال $\overline{أ ب}$ و $\overline{ب ش}$ و $\overline{ش د}$ فاذا كان التوازن باقيا على حاله
 لزم ان يكون هذا الشد باقيا على حاله ايضا في طرفي كل حبل صغير لان الحبل
 بدون ذلك يتقدم الى جهة الشد الاكبر كما لو اثر فيه مباشرة قوتان
 غير متساويتين

ولنتكلم هنا على تناقل الحبال مبتدين بالحبل المثبت من طرفيه والمخلى ونفسه
 معلقا فنقول

يمكن أن نعتبر ان هذا الحبل مركب من عدد غير محدود من المستقيبات الصغيرة

المتساوية المائلة قليلا على بعضها بحيث يحدث عنها المنحنى الذى يتبعه الحبل المذكور ليكون بذلك متوازنا وساكنًا فاذا اعتبرنا حبلين اى ضلعين من هذه الاضلاع الصغيرة المتوالية كضلعى ا ب و ب ث (شكل ٨) كانت محصلة ثقل كل منهما قوة مارة بمنتصفهما وهما م و ن فيحدث حينئذ عدة قوى ك قوى م و ن و و متوازية ومتساوية وموضوعة على وجه بحيث تكون نقاط وقوعها وهى م و ن و و على بعد واحد من بعضها

وتكون محصلة تلك القوى مساوية لمجموعها ومتجهة اتجاها رأسيا ولتكن ر ر رمزا الى هذه المحصلة فيلزم بحسب ما تقدم ان ف و غ اللذين هما الضلعان الاخيران من كثير الاضلاع الحبالى يتقاطعان بواسطة امتدادهما على محصلة ر ر المذكورة

وبناء على ذلك يتقاطع مماسا منحنى ف ا ب . . . غ فى تقطى ف و غ دائما على اتجاه محصلة ثقل الحبل الخلى ونفسه معلقا وهى محصلة مارة بمركز ثقل الحبل المذكور

(وتستعمل هذه الخداعية عند علماء الرياضة فى تحصيل معادلة تفاضلية تتعلق بالمنحنى الحادث من الحبل الخلى ونفسه لتثاقله الا انه ليس فى القواعد المستعملة ما يكتفى فى تحصيل الكميات المجهولة الموجودة فى المعادلة التى يتعين بها صورة ذلك المنحنى بكيفية صحيحة واما ارباب الفنون فيمكنهم أن يحسبوا هذا المنحنى ويعينوا جميع اجزائه بواسطة الاقيسة المتكررة ويصلوا بالعمل على وجه سهل الى تحصيل الخواصل التى لا يمكن أن يتوصل اليها بعلم التحليلات)

وقد يكون المنحنى الحادث من الحبل المثنى بواسطة تثاقله باقيا على حالة

واحدة سواء كان هذا المنحنى حبالا لينا متواصلا او كان سلسلة كبيرة كانت او صغيرة من كبة من كلبات صغيرة فيحدث من هذه السلسلة شكل كثير الاضلاع مؤلف من عدد غير محدود من الاضلاع الصغيرة جدا وذلك هو شرح هذه المسئلة وقد اطلق اسم السلسلة على المنحنى الذي تتبعه تلك السلسلة او حبل على غاية من اللين مثبت من طرفيه ومخلى وقسمه لتأثير التناقل ويكثر استعمال هذه السلسلة في فنون الميكانيكا وغيرها من الفنون المستظرفة

وتكون القن او السلاسل المشار اليها برمز \overline{AB} (شكل ١٤) التي بها تتوازن السفن مع قوى الهواء والتيار على صورة سلاسل كثيرة الاقنناء او قليلته على حسب شدها ومن هذا القبيل حبال السحب اى اللبانات التي يشدها الرجال او الخيول بواسطة حبال صغيرة مربوطة في نقط مختلفة من الحبال الاصلية ثم ان شد الحبال الكبيرة والصغيرة والنقل وانعدام قوى الجر كل ذلك مسائل مهمة تحل بواسطة القواعد المذكورة في هذا الدرس ولنزداستعمال تلك السلاسل نوع ايضا فيما يتعاق بادوات السفن فنعول

يلزم أن تنسب الى السلسلة او الى كثير الاضلاع الحبالى توازن الحواشات وهى الحبال الممدودة من احد شاطئى الانهر الى الشاطئ الآخر وهى مربوطة في نقط مرتفعة ارتفاعا \llcorner كافيا بحيث تمر من تحتها السفينة ذات الصارى ويمكن أن يجرى على الحواش (بواسطة البكر) الطرف الاعلى من الحبل الذي يكون طرفه الاسفل ممسكا للمركب وهذا الحبل ايا ما كان وضعه يقع عليه شدة ناشئ عن التأثير الحادث في السفينة من التيار وقد يكون هذا الشد متوازنا مع شدين آخرين حادثين من جزئى الحواش الموضوعين على يمين الحبل الممسك للمركب وعلى شماله ولاجل معرفة القوة

التي تكون لذلك الحبل او الخواش يلزم عمل حسابات الشدود الكبيرة الواقعة عليه وكيفية ذلك تعلم من خواص السلسلة وكثير الاضلاع الحبالى المتقدمين

واهم تطبيقات السلسلة والحبال على العموم هو ما ينسب للقناطر المعلقة (شكل ١٥) غير أنه يلزم قبل تعريفها أن نذكر الخواص الهندسية المتعلقة بالسلسلة لانها كثيرة الفوائد فنقول

اذا كان A و B اللذان هما طرفا سلسلة AB (شكل ٩) موضوعين على ارتفاع واحد كانت السلسلة المذكورة التي هي على صورة النخى متماثلة بالنسبة الى رأسى C الممتد من نقطة D التي هي منتصف AB وحيث فلا داعى لكون جزء الشمال وهو AC يخالف في الصورة والمقدار جزء اليمين وهو

BC

وقد يحدث من الاكاليل وخيوط الذهب والحرير والقياطين والاهذاب والازهار المعلقة في نقط ليست على رأسى واحد سلاسل يتنوع تماثلها بتنوع الانحناءات والاضلاع وظرافة هذا التنوع من اسرار الفن الذى الغرض الاصلى منه زخرفة المنازل والعمارات العامة ولا بد للنقاشين والمصورين من معرفة الانحناء الذى يكون للسلسلة حتى يجعلوا الاشياء المزخرفة على شكل محيطات حقيقية.

فاذا اعتبرنا أن نقطة E تكون ثابتة (شكل ٩) وحذنا AE فان الجزء الباقي وهو EB لا يكون خارجا عن التوازن فاذا مددنا حيثن مستقيم EF الافقى واخذنا نقطة F عوضا عن نقطة B وجعلناها نقطة ثانية ثابتة فان جزء EF يكون متماثلا

مع BC

فاذا لم يكن طرفا السلسلة (التي هي على صورة المنحنى) وهما $\overline{ه}$ و $\overline{ب}$ موضوعين في ارتفاع واحد قابلا اذا ممددنا من طرف $\overline{ه}$ الذي هو دون الطرف الاخر في ارتفاع خط $\overline{هف}$ الافقي كان جزء السلسلة وهو $\overline{هثف}$ الموضوع تحت الافقي المذكور متماثلا بالنسبة لعمود $\overline{شغ}$ النازل من نقطة $\overline{غ}$ التي هي منتصف $\overline{هف}$ وكانت نقطة $\overline{ث}$ منخفضة عن جميع نقط السلسلة المذكورة

وحيث ان منحنى $\overline{هثف}$ متماثل بالنسبة لرأسى $\overline{شغ}$ فان مركز ثقل هذا المنحنى يكون على الرأسى المذكور ولعمد مستقيمي $\overline{هو}$ و $\overline{فو}$ مماسين للمنحنى المذكور في نقطتي $\overline{ه}$ و $\overline{ف}$ ثم نأخذ جزء $\overline{ور}$ الرأسى ونجعله دالا على ثقل ذلك المنحنى فتكون اضلاع متوازي الاضلاع

وهو $\overline{وررر}$ دالة على الشدود الحاصلة للجزء في نقطتي $\overline{ه}$ و $\overline{ف}$ وليكن المطلوب الآن الشد الحاصل في نقطة $\overline{ث}$ التي هي اخفض نقط المنحنى فاذا ممددنا $\overline{شو}$ و $\overline{وب}$ (شكل ١٠) مماسين للمنحنى في نقطتي $\overline{ث}$ و $\overline{ب}$ فان مركز ثقل منحنى $\overline{ثب}$ يكون على رأسى $\overline{وغ}$ المار بنقطة $\overline{و}$ واذا رسمنا على $\overline{وغ}$ و $\overline{وث}$ و $\overline{وب}$

الممتدة متوازي الاضلاع وهو $\overline{وحخض}$ فتدل $\overline{وح}$ على ثقل قوس $\overline{ثب}$ كلن $\overline{وض}$ دالا على الشد الحاصل في نقطة $\overline{ث}$ وخط $\overline{وخ}$ دالا على الشد الحاصل من المنحنى في نقطة $\overline{ب}$ لكن يرى في متوازي الاضلاع المذكور أن $\overline{حخ} = \overline{وض}$ وحيث ان $\overline{وحض}$ مثلث قائم الزاوية فان $\overline{وخ}$ يكون دائما اطول من $\overline{وض}$

يعني أن الشد الحاصل من المنحنى في نقطة ب يكون دائما اقوى من الشد الحاصل للمنحنى في نقطة ث

وكلا صعد الانسان الى اعلى حدث من مماس ب و خ مع الخط الرأسى زاوية حادة جدا وبقى طول وض على حاله وازداد طول وح كثقل المنحنى واخذ ضلع وخ في الازدياد فعلى ذلك يكون شد المنحنى عظيما جدا في نقطه الكثيره الارتفاع

فاذا فرضنا حينئذ أن المنحنى له قوة واحدة في جميع طوله فان اول ما يحصل الاتقطاع يكون في النقطه الاكثر ارتفاعا من غيرها فلو فرضنا أن المنحنى يقاوم في هذه النقطه لكاف مقاومته في النقطه المتوسطة بالطريق الاولى

فاذا امتد في مثلث ح وض (شكل ١٠) القائم الزاوية ضلع وح الذى هو ضلع زاوية و القائمة وبقى الضلع الآخر هو وض على حاله فان الضلع الاكبر هو ح ض يقرب شيئا فشيئا من مساواة ح و ولنفرض الان أن الشكل الذى يدل عليه منحنى ث ب (شكل ١١) و (شكل ١٢) يزيد مقدارده او ينقص دفعة واحدة مع التناسب في جميع اجزائه فنقول ان التوازن يكون ثابتا لا يتغير اصلا وان صورة المنحنى بهذا السبب لا تتغير ايضا

وذلك لانه في المنحنى الجدي اذا كانت نقطة م مثلا في وضع يشبه وضع نقطة م في المنحنى الاول حدث من مماس م و مع رأسى د ش و الزاوية التى تحدث من مماس م و مع رأسى د ش و وحيث ان طول المنحنيين مناسب لبعدى ب د و س د فان نسبة ثقل منحنى وح الى ثقل منحنى وح تكون مساوية انسيبة شد وخ الى شد وخ الحاصلين للمنحنيين في تقطعي م و و م

فعلى ذلك يكون الشدان متزايدين من جميع الجهات في نسبة واحدة مع ثقل الحبل و يكون وضعهما في هذه الحالة مشابها لوضعهما في الحالة الاولى فيكونان متوازنين عند تأثيرهما في منحني صورته واحدة

ولذلك قاعدة اصلية وهي ان الشدين الحاصلين للمنحنين المتشابهين في نقطتين متشابهتي الوضع تكون نسبتهم كنسبة البعدين المتشابهين او المتقابلين في هذين المنحنين

فبناء على ذلك اذا قابلنا بين منحنين متشابهي الشكل وكان احدهما اصغر من الآخر مرتين واثقل منه مرتين او اصغر منه ثلاث مرات واثقل منه ثلاث مرات او اصغر منه اربع مرات واثقل منه اربع مرات فان الشد الحاصل لهذين المنحنين في نقطتين متشابهتي الوضع يكون واحدا

ولتقابل الا ان بين الشدين الحاصلين لمنحنين غير متشابهين فلا يفرض الامنحيات قليلا الانحناء جدا لاجل الاختصار في البحث والاقتصار في الاشغال على هذه الصورة العامة النفع في الفنون ونعتبر ان هذه المنحنيات لها ثقل واحد في طول واحد ونفرض ان النقط الثابتة تكون دائما على بعد واحد من بعضها

ومتي كان المنحنى $\overline{أ ب}$ مثلا (شكل ١٣) انحناء قليل جدا امكن بدون خطأ كبير ان نعتبر ان مركز ثقل كل جزء $\overline{ب ج}$ من هذا المنحنى يكون موجودا على رأسي $\overline{ه ف}$ الموضوع على بعد واحد من طرفي $\overline{أ ب}$

و $\overline{ب}$ فاذا اقتنا من نقطة $\overline{غ}$ التي هي المركز المذكور رأسي $\overline{ه غ ف}$ الى مستقيم $\overline{أ ب}$ حدث معنا ان $\overline{د ف} = \overline{ف ب}$ واذا انزلنا من نقطة $\overline{ب}$ عمود $\overline{ب ه}$ على $\overline{ش ه}$ الممتد حدث معنا ان $\overline{ش ه} = \overline{ه ب}$

ولنجعل الا ان نقطتين في المنحنى كنقطتي $\overline{ب}$ و $\overline{ش}$ ثابتتين ونعدهما سي $\overline{ش ه}$ و $\overline{ه ب}$ المتطرفين فيكونان ضلعين لمتوازي الاضلاع وهو

ش هـ ف الذى وتره هـ ف ويكون هذا الوتر دالا على ثقل قوس
ش ب وضلعاه وهما هـ ب و هـ ث دالين على الشدين الحاصلين
للحبل فى نقطتي ب و ث

فاذا كان سهم شد صغيرا جدا بالنسبة لطول ا ب فلا فرق بين
ش ب و هـ ب وبين ف ب و ش هـ فاذن يكون شد الحبل
او السلسلة الحادث عنها المنحنى واحدا تقريبا فى سائر امتداده غير أنه لاجل ابقاء
الشد على حالة واحدة فى جميع نقطه يلزم أن يكون سهم شد معدوما

فاذا اعتبرنا الا ن أن ثقل المنحنى ثابت ومدلول عليه بخط ور فان الشد
الحاصل للحبل فى نقطة ب يكون مدلولاً عليه بخط ور فشد لاجل
ذلك خر افقيا الى ور الممتد الذى هو امتداد مماس ب هـ

ولكن يوجد معنا مثلثا ب هـ و ور المتشابهان اللذان يوجد
فيهما ب هـ : ب هـ :: ور : ور فاذن يكون

$$\text{ور} = \text{ب هـ} \times \frac{\text{ب هـ}}{\text{ب هـ}}$$

وحيث ان ب هـ يساوى شد و ب هـ يختلف قليلا
عن ب هـ فانه اذا كان ب هـ = شد صغيرا جدا
حدث على وجه تقريبي

$$\text{ور} = \text{شد} \times \frac{\text{ب هـ}}{\text{ب هـ}}$$

فاذا لم يتغير حينئذ بعد طرفي ا و ب وثقل الحبل الذى يدل عليه ور
فان شد ور يصير على نسبة منعكسة من سهم شد فاذن يلزم أن يكون
شد ور الحاصل فى نقطة ب او فى نقطة ا عظيما جدا ليكون شد

صغیرا جدا او معدوما بالکلیة و بناء على ذلك اذا كان هنالك حبل مشدود شدا
اقتیا من طرفیه فانه يلزم أن يكون مشدودا بقوتين عظیمتين جدا حتى يكون
ممدودا بالضبط مدامستقیما
وقد حق لنا أن نبرهن تفصیلا على هذه الحالة نظرا لمن يقول بصعوبتها فنقول
اذا كان هنالك حبل خفیف جدا وليس هنالك ما يعارضه و ارید شده شدا قويا
من نقطتين موضوعتين على ارتفاع واحد فانه يتعذر شده من النقطة التي
يكون فيها مستقیما بالکلیة

* (بيان تطبيق ما تقدم على ادوات السفن) *

ثم ان استعمال الخواص التي ذكرناها في شأن المنحنى لا يخلو عن فائدة عظيمة
وبه تظهر المجهودات التي تصممها الحبال في كثير من الصور المهمة والمراد
بادوات السفن مجموع الحبال المستعملة في اسناد صواری السفينة وقریاتها
وفي تحريكها

فصواری شد و هف و غش الراسية (شكل ١٥)
ممسكة من جزءها الاسفل بعدة من الشواحي و بجزءها الاعلى عقدة جارية
مصنوعة من حبل عظیم يسمى عندهم بالميدة او الجاغوص وهو الذي يستند
عليه الصاری وهذه العقدة تنزل من المؤخر الى المقدم وتثبت في نقطة من
السفينة و متى ارتفع المؤخر وانخفض المقدم عند الاضطراب والتحرك فان الميدة
تكون مقاومة وتمنع الصاری عن الكسر عند سقوطه الى جهة الخلف
وتستعمل الميدة زيادة على ذلك لتعادل ما ينشأ عن الحلية او الاطراف من
المجهودات العظيمة والحلية او الاطراف هي حبال منتبیهة من منتصفها
ومربوطة فيه بحيث يحدث عنها فتحة عريضة تمر بها رأس الصاری فيتكون
من طرفي كل حبل حليتان او طرفان يكونان تابئين على جانب واحد فلذا تراهم
يضعون بالتعاقب للصاری الواحد حليتين في جانب السفينة الايمن وآخرين
في الجانب الآخر

وتكون الاطراف شاذة مع الرأس الصارى عند الهبوط من منتصف السفينة الى جانبيها ومن الامام الى الخلف
 فاذا كانت الميدات والاطراف مائلة بحيث لا يحدث عنها خطوط مستقيمة مهما كان الشد الحاصل لها فاته يحدث عنها منحنيات والمنحنيات الحادثة عن الاطراف لها انحناء ظاهر قليلا لان هذه الحبال تقرب من الاتجاه الراسي قربا كافيا بخلاف المنحنيات الحادثة عن الميدات والجواغيص البعيدة كثيرا عن الاتجاه الراسي المذكور فان انحناءها يكون ظاهرا بالكلية
 ثم ان المنحنى الحادث عن الميدة او الحلية يتغير انحناءه في كل دفعة جديدة تعرض له من الرياح والامواج
 فاذا دفع الهواء السفينة من الخلف الى الامام نقص انحناء المنحنى الحادث عن الاطراف لاجل ازدياد انحناء المنحنى الحادث عن الميدات
 واذا هبت الرياح من جهة نقص انحناء المنحنيات الحادثة عن الاطراف الموجودة في هذه الجهة لاجل ازدياد انحناء المنحنيات الحادثة عن الاطراف الموجودة في الجهة التي تقابلها
 وقد يكون اعتبار الاطوال التي تقبلها المنحنيات الحادثة عن الاطراف والميدات اما بمقتضى المادة التي تتركب منها هذه الحبال او بمقتضى جنس المنحنيات الحادثة عنهما مما جذا في ادوات السفن وفن الملاحة
 ويمكن أن نستعمل عرضا عن الحبال المتجهة السمك في جميع طولها الحبال التي ينقص سمكها من الجهة السفلى بحيث لا يكون لها في نقطتها المنخفضة الا القوة اللازمة لمقاومة الشد الاصطناعي الذي يحدث في هذا الجزء لكل طرف من الاطراف
 ويعسر في هذه الصورة الاخيرة صناعة الحبال الا انه يترتب عليها وفر عظيم وبها تصير ادوات السفن خفيفة جدا وهناك ايضا كثير من التحسينات ليس هذا محلها لان ما ذكرناه يكفي في بيان الكيفية التي بها يتيسر في كل وقت حساب شد الحبال واتجاهها الانفع

*(بيان القناطر المعلقة) *

ولنوضح الآن كيفية عمل هذه القناطر وتوازنها فنقول
لنفرض أن جبلا أو سلسلة يمتد بين نقطتي A و B وأن جبلا أو سلاسل
أخرى رأسية يقال لها حفاظية مثل M و D و W و C الخ
تربط في هذا الحبل من نقط مختلفة منه على بعد واحد من بعضها ويوضع
حبلان متساويان مثل حبل AM و B بجانب بعضهما
ويكونان على ارتفاع واحد ويوصل بعوارض أفقية أطراف تلك الحبال
الحفاظية الموضوعة بهذا بعضهما ثم يوضع على هذه العوارض المتوازية سقف
فيكون ذلك هو القنطرة المعلقة

ولاجل تعيين شروط توازن القنطرة المذكورة يلزم أن نعتبر أن كل حبل
مثل AM و B يحمل جزءاً من القنطرة ثقله واحد في خلال
الحبال الحفاظية بخلاف ثقل تلك الحبال فإنه يزداد كلما قربنا من طرفي
الحبل

وحيث أن ثقل الحبال الحفاظية قليل بالنسبة لثقل القنطرة الكلي فلا نزاع
أن الحبل الثقيل يحمل أثقالاً متساوية في مسافات أفقية متساوية وحيث
يكون المنحنى الحادث من الحبل المذكور قطعاً مكافئاً وقد برهن على ذلك
في كتب أخرى

وعلى ذلك فيمكن أن نحصل في أسرع وقت وضع مركز ثقل حبل AM و B
ونقطة P التي يتقاطع فيها مماس ذلك الحبل لأنه في القطع المكافئ الذي

$$\text{سهمه} = \text{م} \text{ يكون } \text{نم} = \text{م} \text{ ط}$$

فإذا رسمنا متوازي أضلاع مثل $طام$ - على $اط$ و $ب$ اللذين هما
مماسا سلسلة التعليق المعتبرة $ك$ قطع مكافئ حدث عن ذلك أن نسبة
ثقل السلسلة إلى الشد الحاصل لها في نقطة $ط$ تكون كنسبة $م$ ط

الى $\overline{ا ط}$ فاذا مددنا $\overline{ا ب}$ موازيا الى $\overline{ا ب}$ حدث هذا التناسب وهو
 $\overline{م ط} : \overline{ا ط} :: \overline{ر ط} : \overline{ا ط} :: \overline{ء ط} : \overline{ا ط} :: \overline{م ط} : \overline{ا ط} :: \overline{م ط} : \overline{ا ط}$
 وبالجمله فمقي كان سهم $\overline{م ط}$ صغيرا بالنسبة لطول $\overline{ا ط}$ امكن
 أن نعتبر أن $\overline{ا ط}$ و $\overline{ا ب}$ متساويان فاذن تكون في هذه الحاله نسبة
 ثقل السلسلة الى الشد الحاصل لها في نقطة $\overline{ا ط}$ كنسبة سهم السلسلة
 ثمانى مرات الى بعد $\overline{ا ب}$ الحاصل بين $\overline{ا ط}$ و $\overline{ب ط}$ اللتين هما نقطتنا
 الارتكاز

و ينبغي لنا أن ننبه على أن هذا المقدار ليس الا تقريبا ومقي تعذر اختلاط
 طول $\overline{ا ط}$ و $\overline{ا ط}$ ببعضهما بدون خطاين لازم اخذ نسبة $\overline{ا ط}$
 : $\overline{ء ط}$ عوضا عن $\overline{ا ب}$: $\overline{م ط}$

ويسهل علينا حساب قوة الحبال الحفاظية الرأسية بتقسيم ثقل سطح القنطرة
 على عدد تلك الحبال ويلزم أن يكون سمك الحبال المذكورة مناسبا لعدد
 الكيلوغرامات الذي يوجد في خارج هذه القسمة
 ثم ان القناطر المعلقة الكبيرة المشيدة لعبور الانهر العظيمة يصنعها مهندسا
 القناطر والجسور او كبار المتعهدين واما القناطر الصغيرة الوفرية (اي القليلة
 المصاريف) المعدة لعبور الامطار والسيول والمجاري الصغيرة ومشى الناس
 وسير الثقلات الصغيرة ونحو ذلك والمستعملة ايضا واصله بين عمارتي معمل كبير
 واحد قائم تصنع بدون صعوبة ولا بد منها في سائر فروع الصناعة

ويستعمل في هذه القناطر غالبا سلوك من حديد بدلا عن السلاسل وتكون
 هذه السلوك مجموعة على صورة خرزمة يحيط بها سلك على هيئة بريمة حلزونية
 كالآلات المعدنية التي في آلات الموسيقى (واقول قوة تفرس للسلك هو أن يحمل
 ٤٠ كيلو غراما في كل مليتر مربع من القطاع بدون أن يتقطع فلا يحمل
 في كل مليتر الا ٢٠ كيلو غراما) وقد تكون قضبان الحديد مستعملة
 كالحبال الحفاظية فتكون العوارض الصغيرة التي عليها الواح بسيطة طولية

كافية في تمام القنطرة وفي هذه العمارات وفر عظيم على ما فيها من الصلابة عند تناسب شكلها وابعادها بموجب ما ذكرناه في هذا الدرس من القواعد المتعلقة بتوازن الجبال

ثم ان المهندس سغوين دنوناي وهو اول من شيد القناطر المعلقة في ملكة فرانسا بسلولك من حديد قد ابدى في هذا المعنى مثالا كثيرا الحدوى وهو انه صنع في معمله قنطرة لعبور المشاة من الناس طولها ثمانية عشر مترا تقريبا وعرضها ستة دسمترات ولم تبلغ مصاريفها الا خمسين فرنكا والاف كتابا في المبادئ كثير الفائدة لمن اطلع عليه ممن يرغب في عمل القناطر المعلقة الصغيرة ومن اراد التثبت بالمهم من اشغال هذا النوع فعليه بمطالعة رسالات الميرالاي دوفور التي تحليلاتها مما اشتملت عليه رحلاتنا الى جزائر ابريطانيا الكبرى وبالاطلاع على كتاب المهندس ناوييه احد اعضاء جمعية العلماء وهو كتاب جليل يشتمل على دقائق تلك الاشغال وبالوقوف على الجزء الثالث من رحلاتنا المذكورة الذي تكلمنا فيه على القوة التجارية وينافيه تخطيط القناطر الكبيرة المعلقة المصنوعة في انكلترا والقبائل الفرنسية وذكرنا فيه مستوياتها .

وحيث انتهى الكلام على الجبال الواقع عليها تأثير قوى حينما اتفق وكذلك تأثير التناقل تكلم الان على الجبال التي تطبق على سطح الاجسام الصلبة فنقول اذا كان الحبل مطبقا على سطح ومشدودا من طرفيه فانه بالضرورة يتغير وضعه بقدر ما تحركه كل قوة الى جهة اتجاهه الحقيقي وبقدر ما يلمأ خذه ذلك الحبل من الوضع الذي يشغل فيه طولا عظيما على السطح ولا يمكن حصول التوازن في ذلك الا في الوضع الحقيقي الذي يشغل فيه الحبل المذكور على السطح وضع اقصر خط يمكن مده بين نقطتين حينما اتفق من نقطتاس الحبل بالسطح فيكون حينئذ للخطوط القصيرة التي يمكن رسمها على السطوح ارتباط ضروري بوضع توازن الجبال المطبقة على السطوح والمشدودة من اطرافها (والخاصية الهندسية لهذه المنحنيات وهي الجبال المذكورة هي انه اذا رسمنا

من كل نقطة من نقطها مستويا ملاصقا لها يلزم أن يكون هذا المستوى عموديا على السطح الذي يكون المنحنى المذكور ممسوما عليه وبناء على ذلك اذا دقت عدة اوتاد في نقط مختلفة من المنحنى عموديا على سطح ر مع ملاحظة اتجاه المنحنى بحيث يحدث من الاشعة البصرية مستوي يمر بكل من تماس المنحنى والوتر العمودي على النقطة المعتبرة ~~ص~~ كان المستوى الحادث من الاشعة البصرية المذكورة ملاصقا للمنحنى الذي يظهر انه لا انحناء له اصلا في تلك النقطة وهذه الخاصية يمكن استعمالها على وجه تقريبي في اقصر منحن يمكن رسمه على السطح بالابتداء من نقطة معلومة في اتجاه معلوم

واذا كان الحبل منتنيا على سطح وكان مؤثرا على كل من طرفيه قوة لزم أن تكون هاتان القوتان متساويتين حتى يحصل التوازن فان لم يكونا كذلك فان الحبل يتحرك في جهة كبراهما كأنه لم يكن هنالك القوة واحدة مؤثرة في تلك الجهة وهذه القوة ليست الا فاضل القوتين الاصليتين

ويكثر في الفيمون استعمال الحبال المشدودة على السطوح فاذا اراد صناع السفن أن يجعلوا السطح اضلاع السفينة و سطح حوافها انحناء تاما متواصلا فانهم يشتدون على الجهة الطويلة حبالا ويجعلون لها اتجاها منتظما جدا في جهة طول الحواف المذكورة ثم يرفعون بالتوالي الاجزاء البارزة كثيرا من قطع الخشب الموجودة بين المسامير المختلفة التي يثبت بها الحبل على السطح فيكون لهذا الحبل المشدود من طرفيه اتجاه وانحناء اقصر خط يمكن رسمه على سطح السفينة بين المسامير المتوالي

وهناك سطوح يمكن احاطتها احاطة تامة بحبل طرفاه منضممان الى بعضهما ومتصلان اتصالا تاما بواسطة عقدة او غيرها ولا يصل هذا الحبل الى الوضع الذي يكون فيه مترازا الا اذا كان تابعا بالاضيق لاتجاه اقصر خط يمكن مده من النقطة التي يوجد فيها العقدة وذلك يكون عند الدوران حول الجسم لاجل الوصول الى العقدة المذكورة

ويوجد في ملابس الرجال والنساء ما يشبه تلك الحبال المطبقة على السطوح

وذلك كالقوايش والاحزمة فانها اقصر خطوط يمكن رسمها على سطح الجسم مباشرة او مستورا بالملابس فاذا كان وضع الحزام مرتفعاً فانه يكاد أن يخفّض وإذا كان وضعه منخفضاً فانه يكاد أن يرتفع
وهناك عدة اشياء من زينة النساء والرجال متخذة من خيوط كبيرة او صغيرة ممتدة على سطح الرأس كالسلاسل والقياطين المجدولة مع الشعر في العصابات اليونانية والرومانية وكتيجان آسيا والقياطين المرسلّة من الاكاف الى الاوراك وسيور النعال ونحو ذلك

وينبغي أن تكون الاربطة والاساور والاطواق والاقراط شبيهة بالسلاسل الموضوعة على سطوح متنوعة او بخطوط التركيب التي تحيط بسطح السوق والاذرعة والاصابع والرقبة في الاتجاهات القصيرة من الاعضاء
وسأني لك عند الكلام على تحرك البكرات أن الحبال تكون موضوعة في حلق دواليب البكرات المذكورة حسبما يقتضيه اقصر خط يمكن رسمه في هذا الحلق

ويؤخذ من بحر العربات بالخيول تطبيقات مفيدة متنوعة جداتها تعلق باختلاط الخطوط القصيرة التي يمكن رسمها على سطح جسم هذه الحيوانات وليست المزانق والقشاطر والالجمة وغيرها من عدد الخيول خارجة عن القاعدة المقررة في شأن تولد الحبال المطبقة على السطوح

وهاهنا انتهى الكلام على الحبل من حيث تطبيقه على سطح واحد وشده من طرفيه فقط ولنقرض الآن انه يكون مشدوداً زيادة على ذلك من نقطة متوسطة فتوجد شروط التوازن في هذه النقطة اذا فرضنا ان القوتين اللتين نشدان الحبل من طرفيه تكونان منقولتين على اتجاه الحبل المذكور الى النقطة التي تكون القوة المتوسطة مؤثرة فيها ويلزم أن تكون هذه القوى الثلاثة متجهة ومتناسبة معا بحيث تكون متوازنة في النقطة المذكورة كما لو كان الحبل لا ينسب لسطح ما من السطوح

ثم ان القواعد المذكورة في شأن الاشكال الكثيرة الاضلاع الحبالية من حيث تساوى الشدود في كل نقطة متوسطة واقع عليها تأثير قوة خاصة هي عين

القواعد المطبقة على الاشكال الكثيرة الاضلاع الحبالية التي تكون فيها اجزاء الحبال منتنية على سطح ما ويلزم دائما أن تكون الشدود الحاصلة في جزءين من الحبل اعنى على عین القوة المتوسطة وشمالها متوازنة مع هذه القوة وأن تكون الشدود الحاصلة في كل جزء من الحبل بين قوتين متوسطتين متساوية ومتضادة الاتجاه

وفي عدد خيول العربات التي اسلفنا ذكرها امثلة متنوعة تتعلق بالاشكال الكثيرة الاضلاع الحبالية

وذلك لانه ليس الغرض من شرط توازن القوى وتناسبها في تلك الاشكال مجرد الرغبة اذ من البديهي ان صلابة كل جزء من هذه العدد تكون مناسبة لما يبذل من المجهودات التي يلزم أن الجزء المذكور يتحملها وان الاجزاء المتنوعة من العدد المذكورة تكون مفصلة على وجه بحيث تكون متوازنة مع وجود تأثير التناقل وقوى الجر والاعتناء بوضع تلك العدد بالضرورة وصار الجر رديئا

وبتطبيق الهندسة والميكانيكا على تناسب عدد خيول العربات وتفصيلها لاسيما في الفنون الحربية يتوصل الى جهن ثقل هذه العدد في النهاية الصغرى وجعل صورتهما واقفة لتطبيق قوة الخيول والانكليز والنمساوية هم اول من عرف ذلك وعاد على خيولهم وعرباتهم النقلة بالمنفعة العظيمة وقد بقي علينا امور كثيرة يحتاج اليها في هذا الموضوع لاسيما في عدد خيول العربات المعدة لنقل لوازم الزراعة والتجارة فهو غرض مهم يلزم حث الصنائعية وتحريضهم على الاعتناء به والالتفات اليه

فاذا استعملنا عوضا عن الحبال المعتبرة كالمخطوط الهندسية حبالا حجمها معلوم ولها صورة خاصة كالقوايش والسيور ونحو ذلك فانه يلزم أن تكون على السطوح التي تستند هي عليها ولا تغيرت عن اصلها وحينئذ تعتبر السيور والقوايش كالسطوح المنفردة المماسية لسطح الجسم الذي هي موضوعة عليه وهذا ايضا ما يطبق على ما اسلفناه في الدرس العاشر من الهندسة

ثم ان كيفية تعليق الاحمال بالحبال ليسهل حملها على الناس جديرة بالاعتناء بها
والالتفات اليها بخصوصها فمن ذلك كيفية سهلة مناسبة وهي ربط قائشين
في ظهر جربندية العساكر او دلوى سقاي الا فرنج وجعلهما مارتين من
تحت الابط وفوق الكتف ولا يمكن توازنهما الا اذا كان لهما اتجاه اقصر خط
يمكن مده من تقطى الارتباط ويكون مارتا من تحت الابط وفوق الكتف
ايضا وهذا هو السبب في كونهم يجبرون في الغالب على امساكهما بجبل
افقى مارتا بالصدر وواصل من احدهما الى الآخر وبذلك يسهل تعيين الشد
الحاصل للجبل المذكور والزاوية الحادثة منه ومن القائشين في نقطة وقوعه
وهناك كيفية اخرى تتعلق بالقائش وهي كيفية السقاء حيث يضع القائش
على كتفيه وينزله بقدر طول ذراعيه الى ارتفاع يديه الذي ينتهى فيه القائش
من كل من طرفيه بحمالة تملك بأذن الدلو ولا جل منع الدلوين عن القرب
من ساقى السقاء بواسطة ثقلهما يفرق بينهما بطارة فيسهل حينئذ تحصيل
الشد الحاصل للقائش ويلزم أن يكون متوازنا أولا مع ثقل كل دلو وثانيا
مع قوة الحصر الحادثة من الطارة التي يتقدم بها الجهد الحاصل من الدلوين
لاجل اقترابهما من بعضهما

وفن ربط انواع الرزم بخيوط الدبارة مبنى على خواص توازن الحبال الممدودة
على السطوح ومعرفة ذلك سهلة كمعرفة تطبيق الحبال وربما ستر التلامذة
من مباشرة اجراء ذلك بانفسهم ومن تحققهم في عمليات الصناعة من تصور
النظريات

ومن الفنون المستطرفة التي تطبقا تمها متنوعة وعملياتها بدیعة فن رسم
منحنیات على سطح الجسم الانساني وعلى سطح الملابس تكون اقصر خطوط
يمكن رسمها على هذين السطحين وتحقق هذا الوصف فيها يكون لها ارتباط
باسباب التغير والسهولة والانتظام والظرافة

وقد سبق انه يكون للحزون خاصية هندسية وهي انه يكون اقصر خط
يمكن رسمه على اسطوانة بين اى نقطتين من هذا الخط وبناء على ذلك يمكن
أن نرى حبالا حلزونية على سطح اسطوانى ثم نشد هذه الحبال من اطرافها

مع تمام اتجاهاتها بدون أن يتغير شيء من الانحناء الحاصل منها حول الاسطوانة

وقد جربت عملية عظيمة جدا من هذه الخاصية الهندسية في الآلات التي يلزم فيها انثناء الحبال على السطوح كما في عملية انثناء الحبل على الآلة المعروفة بالمنجنيق الآتي ذكرها في الدرس العاشر ومن هذا القبيل اوتار الكمنجة والعود والقانون فهي حادثة من وتر مركزي ينثون حوله على صورة حلزون سلكا معدنيا فيكون شدة هذا السلك واحدا في جميع نقط طوله متى كان بهذه الصورة الحلزونية وبناء على ذلك يكون الاهتزاز الحاصل عند تحرك الآلة واحدا في جميع اجزاء الوتر وهذا ناشئ عن خواص الانحناء الحلزوني والشبكات متكوّنة من الخيوط المرتبطة مثنى بمثنى على نسق واحد وهناك شبكات الغرط من صناعتها أن تنطبق على السطوح انطباقا صحيحا كالشبكة التي تغطي بها القباب الطيارة وتنتهي بحيط المركب التي تنقلها تلك القباب وبمقتضى القواعد المذكورة في هذا الدرس يسهل حساب الشدة الحاصل لكل خيط من الشبكة

وفي زينة النساء غالبا شبكات معدة لتغطية بعض اجزاء من سطح شعورهن وملابسهن كالنسيج الذي يكون في العصابة وهو المعروف بغطاء اللباس والشبيكات واصطناع ذلك على صورة الشبكات يجعله ملائما لانثناء الاجسام البشرية وانحنائها اتم الملايعة

*(الدرس السابع) *

في بيان ما بقى من الحبال وفي التحركات المستديرة للحبال والقضبان والعجلات والطيارات وفي مقادير الإينرسی وفي البندولات

لتفرض ان قوة S تكون واقعة عموديا على نقطة A التي هي احد طرفي حبل AB غير القابل للمد والمجرد عن التناقل فيكون طرفه الآخر B وهو T مربوطا في نقطة ثابتة واذا كانت قوة S المذكورة مؤثرة زمنا ما بدون معارض فانها تسير

نقطة \bar{A} المادية الى الامام تسيرا مستقيما وتبعدها كثيرا عن نقطة \bar{B} الثابتة غير أن الحبل المستعمل لذلك يمنع النقطة المادية المذكورة أن تكون بعيدة عن نقطة \bar{B} أكثر من البعد الاول وهو \bar{A} فاذن يجذب هذا الحبل النقطة المادية ليجعلها على بعد ثابت من النقطة المعينة * وبواسطة هذه المقاومة تجذب قوة \bar{AS} الحبل الذي هو مشدود دائما بسبب تأثير هاتين القوتين فاذن ترسم نقطة \bar{A} التي هي طرف هذا الحبل دائرة فيرى في ذلك ثلاث قوى متباينة احدها \bar{AS} العمودية على نصف

قطر \bar{AB} والمتجهة على \bar{AS} الذي هو مماس الدائرة المقطوعة بنقطة \bar{A} المادية وهذه القوة هي المعروفة بالقوة المماسية والثانية القوة الجاذبة للحبل جهة المركز وهي المعروفة بالقوة المركزية والثالثة القوة التي تجذبه لتبعد نقطة \bar{A} عن المركز وهي المعروفة بالقوة المبعدة عن المركز وهي مساوية للقوة المركزية ومضادة لها ولذا كرا النسبة الحاصلة بين القوتين الاخيرتين والقوة الاولى فنقول

لنرسم شكلا متوازي الاضلاع مثل \bar{ANM} على ضلعي \bar{AN} و \bar{AM} المتساويين فيكون قطره وهو \bar{AM} دالا على ما يلزم بذله من الجهد لاستبدال اتجاه \bar{AN} باتجاه \bar{AN} وانتقال الجسم من \bar{A} الى \bar{N} وهذا الجهد المبين بخط \bar{AM} هو القوة المركزية

فاذا مددنا نصف قطر \bar{AN} كان مثلثا \bar{ASN} و \bar{ANM} متشابهين لانهما متماثلان وفيهما زاوية مشتركة وهي \bar{A} فاذن يحدث هذا التناسب وهو :

$$\bar{SN} : \bar{AN} :: \bar{AN} : \bar{AM} = \frac{\bar{AN}}{\bar{SN}}$$

بمعنى ان \bar{AM} الدال على كل من القوة المركزية والقوة المبعدة عن المركز يكون مساويا لربع القوة المماسية مقسوما على نصف القطر

وبمثل هذه البرهنة يعلم اتنا اذا اخذنا $ان = ن ن = ن ن$ الخ
 ووقعنا على $ش ن$ و $ش ن$ و $ش ن$ الخ قوة مركزية جديدة
 مساوية دائما $آ م$ قطع الجسم في اذمنة متساوية مسافات $آن$
 و $ن ن$ و $ن ن$ الخ فاذن يكون للجسم المذكور سرعة مماسة
 ملازمة له ويحصل له في كل وقت من القوة المركزية دفعة جديدة ثابتة متى قطع
 دائرة معلومة وهذا هو المعروف بالتحرك المستدير المنتظم
 وفي هذا التحرك تكون السرعة المماسية مساوية للقوس المقطوع مقسوما
 على الزمن المعد لقطعه

واذا قسم القوس بنصف القطر حدث من ذلك قياس الزاوية وحينئذ تكون
 الزاوية المقابلة للقوس المقطوع مساوية للسرعة المماسية مقسومة على
 نصف قطر هذا القوس ومضروبة في الزمن المعد لقطعه ويحدث من هذه الزاوية
 المقسومة على الزمن قياس ما هو معروف بالسرعة المنزوية للجسم الدائر
 حول المركز فاذن تكون أولا السرعة المنزوية مع السرعة المماسية
 على نسبة منعكسة من نصف القطر وثانيا تكون كلتا سرعتين المماسية
 والمنزوية مناسبتين لنصف القطر

ففي تغايرت انصاف الاقطار كان الزمن المعد لقطع الدائرة تمامها على نسبة
 منعكسة من السرعة المنزوية فيكون الزمن المعد لقطع الدائرة تمامها مناسبا
 لنصف القطر مقسوما على السرعة المماسية

وهذه النتائج موضحة في كثير من مسائل الميكانيكا المهمة في الصناعة
 ولا تغفل انه اذا كان الجسم الدائر حول المركز مربوطا بخيط او حبل او قضيب
 كانت القوة المركزية هي الشد الواقع على الخيط او الحبل او القضيب من جهة
 المركز وكانت القوة المبعدة عن المركز هي الشد المقابل للمتقدم والواقع
 على الخيط لبعده عن المركز

وراكب الفرس الذي يدور بها في الميدان يكون في مركز الدائرة ويكون

قابضاً يده على طرف عنان الفرس فتكون القوة المماسية هنا هي قوة الفرس الذي يميل دائماً إلى الانقلابات من المماس غير أن الراكب المذكور يشد العنان بقوة مركزية مساوية للقوة التي يشد بها الفرس عنانه بمعنى أنها تكون مساوية للقوة المبعدة عن المركز المنسوبة للفرس ومتى كانت سرعة الفرس مضاعفة مثني كانت القوة المركزية مضاعفة ربيع وإذا كانت السرعة مضاعفة ثلاث كانت القوة المذكورة مضاعفة تسع مرات وهكذا وما ذكرناه في هذا المعنى مع ما يتعلق به من النسب يلازم فتحرك المقلع الذي سنذكره قريباً

ثم إن الفرس الذي يدور في دائرة بدون مانع يمنع من الدوران لا يمكنه الاستقامة والاعتدال فيها لأن القوة المبعدة عن المركز التي تقوى دائماً لمجزاء جسمه تدفعه دفعا أفقياً إلى خارج تلك الدائرة بل تكاد توقعه فلاجل مقاومة تأثيرها يميل الفرس بأعلى جسمه إلى جهة مركز الدائرة التي يقطعها ويلزم أن يكون هذا الميل متزايداً بقدر مربع سرعته ويعظم ميله متى أسرع في العدو والجري * ولاجل أن يمكنه السير بدون صعوبة عند ميله إلى جهة مركز الدائرة يميل به الراكب دفعة واحدة إلى الطريق المستدير الذي يلزم قطعه (شكل ٢)

وإذا كان الفارس قائماً على فرسه مع الاعتدال والاستقامة فإنه يجبر على الميل بأعلى جسمه إلى جهة مركز الميدان لئلا يسقط بتأثير القوة المبعدة عن المركز ويدل شكل ٢ على ما بين قوة التثاقل والقوة المبعدة عن المركز من التركيب ليحصل التوازن بين الفرس وراكبه

وإذا سارت العربية ورسمت في سيرها قوس دائرة أو سارت سيرا مستديراً لحقتها تأثير القوة المبعدة عن المركز التي تكاد تقلبها فإذا دارت في طريق المنحدر إلى جهة مركز الدوران وهو و حدث في هذا الوضع عن القوة المبعدة عن المركز وقوة التثاقل ما يحدث عن الفرس (شكل ٢) عند دورانه في طريق أ ب و د هـ حول محور و و

ومتى كان طريق **م** أفقيا فلا شيء يتقص ميل القوة المبعدة عن المركز حتى تقلب العربية

فاذا كان طريق **ن** منحذوا بعيدا عن مركز الدوران فان هذا الانحدار ينضم تأثيره الغير الموافق الى تأثير القوة المبعدة عن المركز فيفسأ عن ذلك خطر عظيم في الانقلاب

وفي طرق **فرانس** ضرر عظيم وذلك انها محدبة من منتصفها بحيث يظهر منها انحداران عظيمان جدا في جهتين متقابلتين فاذا تقابل عربتان في بعض الانعطافات فان العربية المتوجهة الى الانحدار الذي يكون فهو مركز الدوران تكون متقوية بهذا الانحدار واما المتوجهة الى الانحدار الخارج فانها لا تكون متقوية بهذا الانحدار بل ربما كانت عرضة للانقلاب

ومما ينبغي نظمه في سلك القواعد المطردة التي يجب العمل بها هو انه في جميع الانعطافات لا يلزم عمل انحدار خارج مطلقا وانما يلزم عمل انحدار الى جهة مركز الدوران بقدر الامكان

فاذا كانت القوة المبعدة عن المركز على نسبة منعكسة من قطر القوس المقطوع فانه ينتج من ذلك انها تكون صغيرة متى كان القطر كبيرا وتكون متزايدة متى كان القطر متناقصا واذا كان في الانعطافات القصيرة جدا ما ليس لقوسه الا قطر صغير جدا كانت القوة المبعدة عن المركز **كبيرة** وبذلك يكون الانقلاب شديد الخطر

وقصارى الامر ان هنا الخطر يتزايد بقدر مربع سرعة العربات وهذا هو الحامل لمهارة العربية والخيلة على كونهم لا يسوقون خيولهم سواق حثيثا في الانعطافات القصيرة بل يمشون على مهل متى ارادوا الدوران ولنبه هنا على ان الميكانيكا يعرف بها مع الضبط والسهولة جميع تأثيرات التحرك المستدير في الصور المهمة المتعلقة بالامن والاطمئنان في النقل والاسفار ويعرف بها ايضا قواعد عمل العربات التي تصنع بموجب قوانين التحرك

فاذا كانت العجلة (شكل ٣) سريعة الحركة في الرمل او الطين فانها ترفع معها شيئا من ذلك تكون سرعته المماسية عين سرعتها وحيث ان ما ترفعه لا يثبت على القضبان ولا على تصاليب العجلة بقوة تساوى القوة المبعدة عن المركز لزم أن يقع عليه تأثير هذا القوة وأن يكون مدفوعا بالسرعة التي اكتسبها ويوضع امام عجلات العربات المزينة لوح معدني عريض مستدير مثل **س س** يعرف بالمانع لانه يمنع جميع قطع الطين الصغيرة المدفوعة بتأثير القوة المماسية

واذا لم تكن تصاليب العجلات متلاصقة بمسامير غائصة الى اتصافها في اطراف تلك التصاليب المماسية وبقضبان من الحديد سائرة لهذه التصاليب فان القوة المبعدة عن المركز تكاد دائما أن تبعد التصاليب بالذكورة عن المركز وتخلعها من المسامير الرفيعة وتحذفها كالرمل والطين اذا عظمت سرعة العجلات ومتى كانت المسامير المثبتة للقضبان على التصاليب داخله قليلا في الخشب فان القوة المبعدة عن المركز تخلعها وتحذفها في اتجاه المسامير الرفيعة الممتدة وبالعجلة فحينئذ مجموع التصاليب والقضبان والمسامير المثبتة لها على التصاليب له قواعد تعلم من نسب القوة المماسية والقوة المبعدة عن المركز وكذلك كثير من العجلات المستعملة في الآلات كما سيأتي

واذا ضرب الصانع بالبلطة او المطرقة ضربا قويا فان حركة الآلة في حالة الضرب تكون على شكل قوس دائرة بخلاف ما اذا كان الضرب ضعيفا فانها تحيد عن تماس القوس الذي تقطعه فلذا كان الدوران مستديرا وكان ضرب الدبوس والبلطة والبالة ونحو ذلك بهذه الكيفية ومن هذا القبيل ايضا المقلع

وذلك ان المقلع كان قبل اختراع اسلحة النار من آلات الرمي المهمة ثم صار الآن لعبة في ايدي الصبيان وكيفية الرمي به أن يوثق بجبل خفيف كجبل **ا ث ب** (شكل ٤) يكون في منتصفه كفة كفة **ث** يوضع فيها حجر ثم يضم طرفاه وهما **أ** و **ب** الى بعضهما ويقبض الانسان عليهما

يد واحدة ثم يحركه فتحرك دوران فاذا استعمل في تحريكه قوة ثابتة فان المقلاع يدور بسرعة ثابتة ويكون حبله مشدودا دائما فيحدث عنه في اليد جهد يدل على القوة المركزية اللازمة لامتساك الحجر θ دائما على بعد واحد من مركز A ومتى ارخى احد طرفي الحبل فان هذه القوة المركزية لاتضاد القوة المبعدة عن المركز وكذلك الحجر لايتحرك فتحرك كما مستديرا بل تدفعه القوة المماسية بدون مانع فيقطع في سيره خطا مستقيما اذا حذف رأسيا

وقد قطعنا النظر في جميع ما ذكرناه عن تأثير التناقل على جسم بجسم A لانه اذا لم تقطع النظر عن هذا التأثير كان حل المسئلة صعبا جدا واذا اقتضى الحال ان الجسم يدور في دائرة محقوفة فانه يتحرك على محيط هذه الدائرة بالقوة الثابتة التي تصير بهذا التحرك قوة مماسة وبها تتعين سرعة سيره وهذه القوة المماسية الدافعة للجسم حتى يخرج عن المماس تعرض لها دائما مقاومة على محيط الدائرة المحقوفة وهذه المقاومة العمودية على المحيط المتجهة بذلك الى جهة المركز هي القوة المركزية المساوية والمضادة مباشرة للقوة المبعدة عن المركز

وقد يستعمل في فن الطوبجية براميل دائرة على محورها ومحتوية على الرصاص المراد صقله فيلزم أن تكون صلابة هذه البراميل مناسبة أولا لجسم الرصاص المطروق فيها وثانيا للبرصاص من القوة المبعدة عن المركز المناسبة لمربع القوة المماسية المستعملة لتدوير الرصاص في البرميل وينبغي أن يضاف الى ذلك كثير من الطناير الدقارة المحتوية على الرصاص المصقول او الاكر الصغيرة المتخذة من النحاس الموضوع في البارود المراد تحييه وانما اقتصرنا على التحرك المستدير للجسم الجبور على أن يتحرك فتحركا مخنيا لان الحبل او القضيب او المحيط الجسم يجبر الجسم على اتباع هذا الخط بواسطة تأثير متجه دائما الى جهة مركز التحرك وهناك امثلة عظيمة تتعلق بالاجسام المتحركة تحرك كك مخنيا بدون

أن تكون ممسكة برابط من الروابط المتوسطة او المحيطات الخارجية فمن ذلك القمر فإنه يتحرك في الفراغ حول الارض بدون عائق وكذلك الارض حول الشمس (شكل ٥)

ويوجد في هذه التحركات من مبداء الامر قوة ط المماسية التي تدفع دائما القمر والكواكب السيارة دفعا مستقيما ثم ان الارض بالنسبة للقمر نقطة بورية لقوة ث المركزية المؤثرة دائما في القوة المبعدة عن المركز للقمر وكذلك الشمس بالنسبة للارض فانها نقطة بورية للقوة المركزية المؤثرة دائما في القوة المبعدة عن المركز للارض

فاذا توازنت القوة المركزية والقوة المماسية وكأنا على نسبة موهقة للتحرك المستدير فان القمر يرسم في سيره دائرة حول الارض وكذلك الارض ترسم في سيرها دائرة حول الشمس غير ان هناك اوضاعا تكون فيها القوة المماسية ضعيفة فيكون القمر حينئذ متباعدًا عن الارض والارض متباعدة عن الشمس وعند تباعدهما يكون اتجاههما المبعدة عن المركز مائلا بالنسبة للاتجاه المركزي وبناء على ذلك تكون القوة المركزية مضادة للقوة المبعدة عن المركز وتقصصها بحيث يؤول امر القوة الاخيرة وهي المبعدة عن المركز الى كونها تفوق قليلا القوة الاولى وهي المركزية فيقرب الكوكب المتحرك حينئذ من مركز تحركه وهذا هو سبب كون القمر يرسم حول الارض والارض ترسم حول الشمس منحنيًا ممتدًا وهو قطع ناقص وتكون الارض نقطة بورية للقطع الناقص الذي يتبعه القمر والشمس نقطة بورية للقطع الناقص الذي يتبعه الارض

والقوة المركزية للارض بالنسبة للقمر هي القوة التي تسمى بقوة التناقل والتجاذب كما سبق وهي القوة التي تهبط بها الكوكب المرمية من اسفل الى اعلى وتجبرها على رسم منحني كمنحنى ا ب ث (شكل ٦) اذا رميت رميا مائلا فاذا كانت قوة التناقل ثابتة ولم يحصل من الهواء مقاومة لتحرك الاجسام المرمية فيه فان الجرا والكلالة او الطيارة

او نحو ذلك يرسم من أول دفعة تحصل له من القوة الاصلية قطعاً بمكانها
مثل أ ب ث

ومقاومة الهواء الحقيقية تنقص بها المسافة المحاطة بالمنحنى وتسطح بها

المسافة الثانية من القطع المكافئ الوهمي ويحدث عنها منحنى أ ه ف
والغرض المهم من تجارب فن الطوبجية هو انه بحسب مجسمات ومجوم
الكل والجب والرصاص ونحو ذلك وكذلك بحسب القوة التي ترمى بها
تلك الاشياء واتجاه الدفعة الاصلية تعين النقط التي يمكن وصول المرمى
اليها على ارتفاعات متنوعة وابعاد مختلفة ولان ذكرهنا من علم
الميكانيكا الا لتطبيقات العظيمة التي تحدث عنها القضايا النظرية التي تخص
فن الطوبجية

وقد ثبت الآن عند الاقرب ان الارض غير ساكنة ولا موضوعة كنقطة
ثابتة في مركز العالم بل تدور بسرعة على نفسها بحيث تكمل دورتها
في ظرف اربع وعشرين ساعة وهي مدة الليل والنهار وعليه فبدوران هذه
الكرة ينتقل سكانها القاطنون على خط الاستواء من المغرب الى المشرق
مع سرعة اكبر من سرعة الماشي مشياً معتاداً باربع مائة مرة

فاذن تكون كل نقطة من نقط الارض مدفوعة بقوة مماسة تكاد تنقلها
بعيداً عن الكرة المذكورة وبقوة مركبة تكاد تجذبها نحو المركز وهذه القوة
المركبة هي المسماة جذب الارض وحيث ان تأثير القوة المماسية واحد تقريباً
في سائر الاجسام الموضوعة بجوار بعضها فان هذه الاجسام المتحركة بتأثير
تلك القوة تكون على حالة بحيث تكاد ان تكون ساكنة

وليكن (شكل ٧) مسقط الارض موازياً لخط الاستواء بحيث يكون
خط الاستواء والموازيات كلهاد واثرون لثلاث نقاط ه ه ه و أ
الموضوعتين احدهما على خط الاستواء وهو ه ه ه والاخرى على مواز
ايا كان موازى أ أ أ وعند نصف قطر ص ص قريباً جداً من قطر ه ه ه

فإذا نزلنا بعمودي $\overline{م ه}$ و $\overline{س ص}$ على $\overline{ه و}$ كان نصف القطر
وهما $\overline{و ه}$ و $\overline{و ه}$ مناسبتين بداهة لخطي $\overline{ه س}$ و $\overline{س ه}$ الدالين على
القوتين المبعدين عن المركز المنسوبتين لنقطتي $\overline{ه ه}$ و $\overline{أ أ}$ المائتين
فأذن تكون القوة المبعدة عن المركز الواقعة على كل نقطة مناسبة لبعدها المحور
عن هذه النقطة وهذا في حالة تحرك الأرض حول محورها

وعلى ذلك تكون القوة المبعدة عن المركز كبيرة مهما أمكن في نقطتي $\overline{ه ه}$ و $\overline{و ه}$
الموضوعتين على خط الاستواء وبهذه القوة ينعدم جزء من تناقل الأجسام
ثم إن تناقل الأجسام في خط الاستواء يكون صغيرا عما إذا كان
في نقطة ما من نقط الأرض وسيأتي قريبا كيفية تحقيق ذلك بالتجربة

ولنفرض أن برج $\overline{ه ف}$ يكون مبنيًا في نقطة $\overline{ه ه}$ فإذا رسمنا من نقطة $\overline{و ه}$
التي هي المركز قوس $\overline{ف ص}$ ومددنا $\overline{ص س}$ عمودا على $\overline{و ف}$
حدث هذا التناسب وهو $\overline{و ه} : \overline{و ف} :: \overline{ه ص} : \overline{ف ص}$
وهذه هي نسبة القوى المماسية *

فإذا افترضنا من $\overline{ف ه}$ التي هي رأس البرج جسما ما فان هذا الجسم يصل
إلى أسفل البرج حين يكون الرأس في نقطة $\overline{ص ه}$ ويكون مدفوعا بالقوة
المماسية التي تجبره على قطع $\overline{ف ص}$ فأذن يلزم أن هذا الجسم حين يكون
أسفل البرج في نقطة $\overline{ص ه}$ لا يقع في هذه النقطة فقط بل يقع أيضا في نقطة $\overline{ز ه}$

على بعد $\overline{ه ز} = \overline{ف ص}$ ولنوضح ذلك بالأرقام فنقول
إن نصف قطر الأرض في خط الاستواء يساوي ٦٣٧٦٤٦٦ مترا
ولنفرض أنه في إحدى المدن التي على خط الاستواء بنى برج ارتفاعه مائة متر
والمطلوب معرفة فاضل سرعة النقطتين المائتين الموضوعتين أحدهما

في أسفل البرج والاخرى في رأسه فيكون نصف قطر المحيط المقطوع باحدى
النقطتين ٦٣٧٦٤٦٦ مترا والمقطوع بالاخرى ٦٣٧٦٥٦٦ مترا
والنسبة المنعكسة لهذين العددين هي نسبة السرعة المتكررة ومما يسهل
مشاهدته ان النقطة العليا تقطع في يوم واحد زيادة عن النقطة السفلى مائة متر
مضروبة في النسبة الحاصلة بين المحيط ونصف القطر ويحدث من ذلك
٦٢٨ مترا وكسور فاذا كان هناك جسم ثقيل وخلي لثقله الاصلى في محل خال
عن الهواء فانه يهبط مائة متر في خمس ثوان بالابتداء من احدى نقط محيط
خط الاستواء وذلك يساوى $\frac{17280}{36}$ جزأ من اليوم فاذا قسم ٦٢٨ مترا
على ١٧٢٨٠ تحصل معنا الكمية التي يقرب بها اعلى البرج من جهة
المشرق اكثر من قرب اسفله اليها مدة سقوط هذا الجسم وسيأتى ان الجسم
الثقيل لا يقع في أسفل البرج على مستقيم رأسى بل يتحول الى شرقيه بعد قدره

$$\frac{628}{17280} = 36 \text{ مليمترا تقريبا}$$

وحيث ان مقاومة الهواء تبطل سقوط الاجسام لزم لسقوطها من ١٠٠ متر
اكثر من خمس ثوان فعلى ذلك يتحول الجسم الثقيل عند سقوطه من اعلى البرج
الى جهة شرقي اسفله بعد اكثر من ٣٦ مليمترا وقد دلت التجربة على ذلك
ومتى دار جسم صلب حول محور احدثت جميع نقطه في زمن واحد دورة
كاملة وكانت سرعتها المتكررة مناسبة للمحيطات وبذلك تكون ايضا مناسبة
لانصاف اقطار الدوائر التي تقطعها هذه النقطة

وفي دائرتين مختلفتين يكون مركزهما في مركز التحرك ويكونان حاملتين
مع الانتظام اجزاء مادية تكون كمية هذه الاجزاء مناسبة لنصف القطر
فاذن يكون فيهما كمية التحرك (اعنى حاصل ضرب الجسم في السرعة)
مناسبة لنصف القطر مضروبا في نصف القطر اعنى لمربع نصف القطر
وينتج من ذلك في الآلات التي يستعملون فيها العجلات المخوفة المحتوية على
قضيبين مستديرين عرضهما واحد كقضيبى **أ ب ث** و **ا ب ث**

(شكل ٨) ان كمية التحرك التي يهايدفع القضيبان المذكوران عندما يتحمان دورانهما في زمن واحد تكون مناسبة لمربع نصف قطر العجلات المذكورة فاذا كانت مجسمات العجلات متساوية كان تدوير الكبيرة اصعب من الصغيرة مثلا اذا كان \overline{AB} اكبر من $\overline{A'B'}$ ثلاث مرات واثقل منه ايضا ثلاث مرات فقي اريد تدوير \overline{AB} دورة كاملة في الزمن الذي يراد فيه تدوير $\overline{A'B'}$ لزم لذلك ضرب ثلاث مرات في نفسها اي تسع مرات بقدرة كمية التحرك فاذا جعلنا $\overline{A'B'}$ اقل من الاقل بثلاث مرات بدون أن يكون كبيرا فانه يكفي أن تضعف هذه الكمية ثلاثا لتبقى السرعة على حالها فتكون الكمية المذكورة اخف من الكمية التي تدفع \overline{AB} لان هذه القوة اكبر منها تسع مرات

وبناء على ذلك اذا كان المطلوب حصر كمية عظيمة من التحرك في مجسم مادي معلوم فالاصوب تقسيم هذه المادة على محيط كبير القطر ومن المهم في كثير من الالات حصر كمية عظيمة مهما امكن من التحرك في مجسم لا يؤثر بثقله على نقط الارتكاز كثيرا فبهذه الوسطة اذا عرض خلل او حدث عارض من عدم تساوى التحركات ونشأ عنه اسراع او بطئ مضر فان العجلة المدفوعة بتحريك دوران ثابت \overline{AB} كتسب او ينعدم منها كمية من التحرك كبيرة بالكفاية من غير أن تتغير سرعتها كثيرا والذي اقول ان العجلة المذكورة تكون بمنزلة المحافظ او المنتظم الذي يؤثر غالبا تأثيرات نافعة ويطلق على محافظ القوى اسم الطيارات

وعوضا عن أن نجعل المحافظ على صورة قضيب متواصل مثل \overline{AB} (شكل ٨) فنحصر غالبا المبادئ المطلوبة توزيعها على قضيب \overline{AB} في ثلاث نقاط او اربعة متساوية البعد عن بعضها كنقط \overline{A} و \overline{B} و \overline{C} (شكل ٩) او \overline{A} و \overline{B} و \overline{C} و \overline{D} (شكل ١٠) وحيث يكون لهذه المادة التي على بعد متوسط من مركز الدوران كمية واحدة من التحرك بالنسبة لسرعتها الثابتة

ولنبرهن على ان نقطة $\overline{و}$ التي هي مركز دوران الطيارات تكون مركز
ثقلها ايضا فنقول ان البجلة بدون ذلك $\overline{تكون}$ دائما مجذوبة من جهة
اكثر من الاخرى فلا يكون محور كهام منتظما ولا منتسقا فلا بد لحصول النقع
من تحقق هذا الشرط وهو أن نأخذ مركز الطيارة ونجعل مركز عمائل
الاثقال التي تتخذ منها تلك الطيارة فهذه هي القاعدة التي جرى بها العمل
في (شكل ٩) و (شكل ١٠)

واما الدعوى النظرية التي سنذكرها فلا بد منها لصناع السفن
والساعاتية وصناع الآلات غير أنه في كثير من المدن يحجز العملة عن اتباعها
فيجوز للمعلم أن يضرب عنها صفعا

وهذه الدعوى هي التي يبرهن بها في الاجسام الصلبة التي تدور حول المحور
كما تقدم في الكرة الارضية على ان القوة المبعدة عن المركز تكون مناسبة
لبعد المحور عن كل نقطة مادية

ولذلك نفرض ان مستوى شكل ١٢ يكون عموديا على هذا المحور المبين
بنقطة $\overline{غ}$ ولتكن النقط المادية المتساوية في الجسم وهي $\overline{م}$ و $\overline{م'}$ الخ و $\overline{م''}$

و $\overline{م'''} \overline{م''''}$ الخ هي التي يتركب منها جسم $\overline{ا ب ش د}$ فتكون ابعاد $\overline{غ م}$
و $\overline{غ م'}$ الخ و $\overline{غ م''}$ و $\overline{غ م'''}$ الخ مناسبة للقوى المبعدة عن المركز وربما كانت
دالة عليها

ولنفرض أن مركز الثقل يكون على محور $\overline{غ}$ ونمساعد $\overline{م}$
و $\overline{م'}$ الخ و $\overline{م''}$ و $\overline{م'''} \overline{م''''}$ الخ على مستقيم كستقيم $\overline{س غ ص}$
المجول محورا لمقادير افعال $\overline{م}$ و $\overline{م'}$ الخ و $\overline{م''}$ و $\overline{م'''}$ الخ فيتحصل

اولا $\overline{م} \times \overline{غ} + \overline{م'} \times \overline{غ} + \dots = \overline{م} \times \overline{غ} + \overline{م''} \times \overline{غ} + \dots$
وثانيا $\overline{م} \times \overline{م} + \overline{م'} \times \overline{م'} + \dots = \overline{م} \times \overline{م} + \overline{م''} \times \overline{م''} + \dots$

اعني انه يكون لقوى $\overline{غ م}$ و $\overline{غ م'} \overline{غ م''}$ الخ

المبعدة عن المركز المقسومة قسما عموديا على مستقيم $\overline{س غ ص}$ وقسما موازيا له محصلة معدومة على اى اتجاه تقسم عليه هذه القوى بالتوازي لمستوى الشكل وحينئذ لا تكون محصلة القوى المذكورة الموازية لهذا المستوى جاذبة للمحور المارة بمركز ثقل الجسم الى جهة $\overline{ص}$ اكثر من الاخرى

ولنفرض الآن ان مركز الدوران وهو $\overline{غ}$ يكون في بعد $\overline{غ غ}$ من مركز ثقل $\overline{غ}$ على محور $\overline{س غ ص}$ الموازي لمحور $\overline{س غ ص}$ فتكون محصلة قوى $\overline{غ م}$ و $\overline{غ م}$ الخ و $\overline{غ م}$ الخ الجديدة المبعدة عن المركز المقسومة بالتوازي الى $\overline{غ غ}$ هي

$\overline{م} \times \overline{م ل} + \overline{م} \times \overline{م ل} + \dots - \overline{م} \times \overline{م ل} - \overline{م} \times \overline{م ل} \text{ الخ}$
ولا تتغير هذه المحصلة اذا طرحنا منها مقدار $\overline{م} \times \overline{م ل} + \overline{م} \times \overline{م ل} + \dots$
وكذلك لا تتغير اذا زدنا عليها مقدار $\overline{م} \times \overline{م ن} + \overline{م} \times \overline{م ن} + \dots$
المساوى له غير انه ينبغي التنبيه على ان $\overline{م ل} - \overline{م ل} = \overline{م ل} - \overline{م ل}$
 $\dots = \overline{م ن} - \overline{م ن} = \overline{م ن} - \overline{م ن} \dots$
فاذن يكون ما نحصل من الجمع والطرح المفروضين هو مجموع مجسمات

$\overline{م} + \overline{م} + \dots + \overline{م} + \overline{م} \dots$ مضروبا في $\overline{غ غ}$
فعلى ذلك اذا دار جسم حول محور $\overline{س غ ص}$ الذى لا يمر اصلا بمركز ثقله وهو $\overline{غ}$ فان محصلة القوى المبعدة عن المركز تتزايد بالنسبة لبعدها عن المركز وتكون باقية على حالها واحدة اذا فرضنا ان سائر اجزاء الجسم تكون كثيفة في مركز $\overline{غ}$

ثم ان تأثير القوة المبعدة عن المركز يكاد يتقل المحور عن موضعه و يجذبه دائما

الى جهة مركز الثقل وهذا ضرر ينبغي اجتنابه في اغلب آلات الدوران لاسيما في الآلات التي تستعمل فيها الطيارات ومن هنا القاعدة المطردة وهي انه يلزم أن يكون مركز ثقل الطيارة موجودا على محور الدوران

ولنعبر ان تأثير القوى المبعدة عن المركز يقوم بالتوازي للمحور ولنفرض
(شكل ١٢) ان مستوى الشكل يكون مستويا للمحور

ونرمز الى هذا المحور بخط س غ ص مع جعل نقطة غ مركز ثقل الجسم ثم نقطع الجسم بمستويات عديدة مثل م م و م م و م م الخ

عمودية على المحور وليكن على مستوى الشكل نقط \bar{m} و \bar{m}' و \bar{m}'' الخ
دالة على مساقط مراكز تلك النقاط المادية المحصورة في كل مستوف تكون محصلة

سائر القوی المبعدة عن المركز مینة بمحصله قوی 2×2 و 2×2

و $M \times M$ الخ ثمانية يلزم لأجل تعيين محصلة هذه القوى تحصيل ح
التي هي محصلة القوى الموضوعة في إحدى جهتي المحور وتحصيل خ
التي هي محصلة القوى الموضوعة في الجهة الأخرى منه فإذا كانت قوتنا

ح و خ موجودتين على عمود واحد على المحور وكان هذا المحور مارة
بمركز ثقل الجسم فان هاتين القوتين يكونان بالضرورة متوازيتين وبناء على ذلك
لا يمكن أن يتحرك المحور في جهة ما بتأثير القوى البعده عن المركز

کافی شکل ۱۲ اذا كان عمودا ح' و خ' المتتآن على محور

س غ ص لا يتسبان لمستقيم واحد فان المحور يكون مجبوراً على الدوران

سُأْثِرَقَوْنِي ح و خ المَضْرُوبَتَيْنِ عَلَى التَّبَاطُفِ فِي بَعْدِي غ ح و ع خ

و يتحصل مقداراً م ح و خ بالنسبة لمركز ثقل غ بضرب قوة م

× م في غ وقوة م × م في غ وقوة م × م في غ وقوة م × م في غ

في غَدٍ وهلم جرا ثم ينظر هل مجموع مقادير القوى المؤثرة في جهة

مساو لمجموع مقادير القوى المؤثرة في الجهة المقابلة لها ام لا
وقد يبرهن بطرق حسابية لاحاجة الى ذكرها هنا على ان مساواة المقادير
الاعتيادية شرط لا بد منه في جعل مقدار اينرسي الجسم المأخوذ بالنسبة لمحور

س غ ص نهاية كبرى او صغرى

واذا اريد أن محاور الطيارات وسائر المحاور المستعملة في آلات الدوران لا يقع
عليها من تأثير القوى المبعدة عن المركز ضغط في اى جهة كانت لزم تنظيمها بحيث

تكون قوتا ح و خ موضوعتين دائماً على مستقيم واحد عمود على
المحور في الزمن الذي يكون فيه هذا المحور ماراً بمركز الثقل
وما يكون للمحاور المستوفية لهذا الشرط من عظيم النفع في تحريك الآلات
يؤيد تسميتها بالمحاور الاصلية

وبعد تعيين الانجاء الكثير الفائدة للملايم لمحاور الطيارات يلزم معرفة السرعة
التي تكون للطيارات عندما يستعمل في تجرّكها قوة معينة ويكون حجمها
وحجمها معينين ايضا

ولا جل مزيد السهولة تفرض أن محاور الدوران عمود على مستوى شكل ١١
وليكن مبينا نقطة و فيدور الجسم حول هذا المحور بواسطة قوة
ف ف على بعد و ف الذي هو بعد المحور المذكور ولنفرض ف ف
في مستوى الشكل المتقدم

فيكون الجهد او مقدار ف ف المعد لتدوير المحور مبينا بكمية
ف ف x و ف

وتكون السرعة المتزوية وهي م التي يأخذها الجسم هي القوس المقطوع
مدة وحدة الزمن على الدائرة التي يكون نصف قطرها مأخوذاً وحدة لها
فتقطع م التي هي النقطة المادية من الجسم في مدة وحدة الزمن قوس م د

$$\overline{A} \times \overline{W} =$$

فتكون \overline{M} التي هي كمية التحرك حينئذ هي $\overline{M} \times \overline{A} \times \overline{W}$ وتكون
الكمية الكلية لتحرك نقط الجسم وهي $\overline{M} \times \overline{W} \times \overline{M} \times \overline{A}$

$$\overline{A} \times \{ \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \dots \}$$

ولاجل قياس التأثير الحاصل من كل منصرف بواسطة كمية التحرك المذكورة

لاجل تدوير المحور يلزم تحويل سائر نقط \overline{M} و \overline{M} الخ الى مستقيم

\overline{F} من احدى جهتي المحور بدون أن يتغير بعدها عن هذا المحور وعلى ذلك

فسائر القوى المماسية التي تدفع \overline{M} و \overline{M} و \overline{M} الخ وهي القوى

المدلول عليها بكميات التحرك المتحصلة معنا سابقا تكون متوازية

ومتجهة الى جهة واحدة وتكون محصلتها وهي \overline{R} بموجب قاعدة مقادير

القوى معلومة من ضرب كل قوة في بعدها عن المحور فاذن يكون

$$\overline{R} \times \overline{W} = \overline{A} \times \{ \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} \times \overline{A} \}$$

او يكون على سبيل الاختصار

$$\overline{R} \times \overline{W} = \overline{A} \times \{ \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \overline{M} \times \overline{W} + \dots \}$$

وتكون قوة \overline{R} باقية على حالتها وكلما تزايد مجموع $\overline{M} \times \overline{W}$

+ $\overline{M} \times \overline{W}$ + $\overline{M} \times \overline{W}$ + $\overline{M} \times \overline{W}$ تناقصت سرعة \overline{A} المنزوية وبالعكس

اي كلما تناقص هذا المجموع تزايدت سرعة \overline{A} المنزوية وبناء على ذلك

يكون المجموع المذكور دالا على مقاومة الجسم لتحرك الدوراني

بواسطة الا ينسب متى اثرن في هذا الجسم قوة معلومة ومن ثم قيل لهذا

المجموع مقدار الا ينسب فاذن يكون مقدار الا ينسب لنقطة مادية هو

محصلها وهو \overline{M} مضروبا في مربع بعدها عن محور الدوران ويكون

مقدار الاينرسی لجسم ما مساويا لمجموع مقادير اينرسی كل جزء من اجزائه الصغيرة جدا وبالجملة فالسرعة المتزوية التي يأخذها الجسم بواسطة قوة ما حول محوره تساوي المقدار البسيط لهذه القوة مقسوما على مقدار اينرسی الجسم وهذه هي السرعة التي قومناها

ولمقادير اينرسی خواص مهمة جدا في علم الميكانيكا لا يمكن ذكرها هنا لان ذلك يستدعي معارف عالية ولن فرض فقط تقطعتين مائيتين كنقطتي

م و م (شكل ١٢) يكون مركز ثقلهما في نقطة غ ونديرهما

حول محور غ ص العمودي على م غ م فيكون مجموع مقادير اينرسی م و م هو

$$م \times غ م + م \times غ م \times م$$
 وليكن الآن محور م غ ص موازيا لمحور س غ ص فيكون مقدار اينرسی بالنسبة لهذا المحور الحديد هو

$$م \times غ م + م \times غ م \times م$$
 فيكون فاضل هذين المقدارين هو
$$م \times غ غ + م \times غ غ \times م$$
 اعني مربع غ غ الذي هو بعد المحور عن مركز الثقل مضروبا في مجموع مجسمي م و م

وليست هذه الخاصية مقصورة على تقطعتين مائيتين بل تجري ايضا في كثير من النقط التي يتركب منها الجسم الذي يمكن أن يكون له صورة ومجسم حيثما اتفق وعلى ذلك فمقدار اينرسی في اتجاه س غ ص المفروض

لمحور الدوران يكون صغيرا مهما امكن متى كان هذا المحور مائتا بنقطة غ التي هي مركز ثقل الجسم فاذا لم يكن مائتا بمركز الثقل المذكور فان مقدار

الايترسى يزداد بكمية مساوية لجسم الجسم مضروباً في مربع بعد المحور
 عن مركز ثقل الجسم ولنجعل $\overline{م ك}$ مقدار ايترسى الجسم الذى
 مجسمه $\overline{م}$ عندما يكون المحور ماراً بمركز الثقل فيكون $\overline{ك د}$ دالاً على
 طول معلوم فاذا رمز بحرف $\overline{د}$ الى بعد مركز الثقل عن اى محور دوران
 كان مقدار الايترسى بالنسبة لهذا المحور $\overline{م} \times (\overline{د} + \overline{ك})$
 وهو مقدار يسهل حسابه بمجرد معرفة مقدار الايترسى المعين بالنسبة
 لمستقيم مواز للمحور وممتد من مركز الثقل
 ويكون بالبداية مقدار ايترسى سائر المحاور الموازية لاتجاه معلوم
 والموجودة كلها على بعد واحد من مركز الثقل كبعد $\overline{ك}$ هو

$$\overline{م} (\overline{د} + \overline{ك})$$

ويمكن أن تقابل بين مقادير ايترسى الجسم المأخوذة بالنسبة لمحاور متنوعة
 مارّة بمركز الثقل فنقول يوجد في هذه المحاور محور مقدار ايترسيه اصغر
 من مقادير ايترسى ما عداها من المحاور ولا مانع من تسميته بمحور الايترسى
 الصغير وهناك محور ثان عمودى على هذا المحور ماراً بمركز الثقل مقدار ايترسيه
 كبير مهما امكن ولا مانع من تسميته بمحور الايترسى الكبير وثم ايضا
 محور ثالث عمودى على الاثنين السابقين لا مانع من تسميته بالمحور المتوسط
 تكون هذه الخاصية وهى ان مقدار ايترسيه يكون في جهة $\overline{ك}$ كبيراً
 مهما امكن وفي الاخرى صغيراً مهما امكن وهذا بالنسبة للمحورين
 الممتدين أولاً في المستوى الحاصل بين هذا المحور والثالث ومحور الايترسى
 الصغير وثانياً في المستوى الحاصل بين المحور الثالث ومحور الايترسى
 الكبير وهذه المحاور الثلاثة الشهيرة هي المعروفة بالمحاور الاصلية للجسم
 وهى التى لوحظ من اجلها فيما سبق انه في اى جهة تكون موازية لمحور
 الجسم او عمودية عليه لا تكون القوى المبعدة عن المركز مؤثرة تأثيراً يتغير به
 وضع المحاور المذكورة

وينتج من ذلك ان الجسم المتحرك دفعه واحدة حول احد محوري دورانه الاصليين يكون ملازما دائما لتحركه حول هذا المحور اذ ليس هنالك قوة مبعده عن المركز تؤثر في جهة ما حتى ينحرف وضع الجسم بالنسبة للمحور المذكور ويؤخذ من ذلك في آلات الدوران التي يلزم أن يكون محورها ثابتا ان احد محاورها لا ينزسي الاصلية يكون محور دوران للاجزاء الدائرة فاذا كان الجسم الذي كثافته واحدة في سائر اجزائه منتهيا بسطح دوران وكان هذا الجسم متماثلا بالنسبة لمحور السطح المذكور ظهر لك بالسهولة عند تدوير الجسم حول هذا المحور ان القوى المبعده عن المركز لا يحصل منها تأثير يغير وضع محور الدوران وحينئذ يكون هذا المحور من محاور الجسم الاصلية

وسياتي عند ذكر آلات الدوران التي هي البكر والمنجنيق والمعطاف ونحوها انه يلزم أن يكون للاجزاء المتحركة صورة سطح دوران يكون محوره محور الدوران اجتنابا لما لا فائدة له من تأثير القوى المبعده عن المركز ثم ان نقط جميع الاجسام التي لها محور تماثل تكون موضوعة مثنى في بعد واحد من المحور على العمود النازل عليه فاذا ادير الجسم حول محور تماثله فان كل نقطتين موضوعتين بهذه المثابة يكونان مدفوعتين بقوتين مبعدين عن المركز متساويتين ومتضادتين فاذن تكون هذه القوى معدومة لبعضها مثنى ولا يحدث عنها تأثير ما على المحور وبناء على ذلك كلما دار جسم حول محور تماثله لم أن يستمر على تحركه حول هذا المحور اذا خلى ونفسه وهذا هو تأثير تحرك الدقامة وما شاكاها مما يدور حول محور تماثله الموضوع وضعا رأسيا وتستمر الدقامة على التحرك مع الانتظام بعد أن تدفع دفعة اولية بواسطة حبل او نحوه او بادارة اسفلها بالايهام والسبابة ثم تخلى ونفسها

وقد نهنا سابقا على أن النجفات تكون متماثلة بالنسبة للمحور الرأسى المار بنقط تعليةها وهذا يمكن دورانها بلا معارض حول هذا المحور بدون

أن تميل الى جهة اكثر من اخرى وهذا التأثير يمكن مشاهدته في النجفات
لا سيما اذا كانت معلقة في قباب مرتفعة

وفي آلات الدوران وهي الخيول او الكراسي المصنوعة من الخشب تكون تلك
الخيول او الكراسي المعدة لركوب الاشخاص الذين يلعبون لعبة الخاتم
موضوعة بالتمائل حول محور الدوران الرأسي وبناء على ذلك اذا حركت
هذه الآلات فانها تستمر على تحركها بدون أن يحصل من اينرسيا جهد
من كلتا جهتي المحور

وقد تنقل قوة M مع سرعة V جسم M المفروض انه لا معارض له
تقلا مستقيما فاذا وقعنا قوة M المذكورة على جسم M المفروض
انه ثابت بالمحور وكانت L هي بعد القوة عن هذا المحور يلزم أن $M \cdot V = L$
وهو مقدار القوة بالنسبة للمحور يكون مساويا $M \cdot (V + V') = L$
مضروبا في مقدار اينرسي الجسم بالنسبة للمحور

واذا فرضنا ان الجسم موضوع على وجه بحيث يدور حول محوره بدون
أن يقع عليه ضغط في جهة ما فان هذا الجسم يتحرك كما لو كان لا معارض له
ويكون لمركز ثقله سرعة تساوي V وهي مبينة بخط DA فاذن يكون
 $V = DA$ و $M \cdot V = M \cdot DA = AM \cdot (V + V')$
وينتج من ذلك أن

$$DA = V + V' + \dots + V' + \frac{V}{D}$$

ويطلق مركز الدوران على نقطة من نقط امتداد اقصر بعد من المحور
عن مركز الثقل في $\frac{V}{D}$ تكون على بعد $D + \frac{V}{D}$
من مركز الثقل عن المحور ومتى اثرت قوة في هذه النقطة تأثيرا عموديا على
هذا المستقيم أي المحور فانها تدبر الجسم بدون أن تدفع المحور الى جهة ما

بإذن تكون القوة المساوية والمقابلة لها معدومة لقوة الدوران الحادثة
عن القوة الاولى بدون أن يحصل منها أدنى ضغط على المحور وهذه هي خاصية
مركز الدوران وليكن $\frac{K}{D} = \frac{K}{D}$ ثم فينتج أن $\frac{K}{D} = \frac{K}{D}$ و $\frac{K}{D} = \frac{K}{D}$
ويعلم من ذلك أنه يمكن نقل المحور بالتوازي لنفسه حتى يمر بمركز الدوران
وحينئذ ينقل مركز الدوران الى الطرف الآخر من D على المحور القديم
وفي هذا النقل المنعكس فائدة جليلة

*(بيان البندول) *

إذا ربطنا في طرف خيط رقيق خفيف جدًا جسمًا ثقيلًا لكنه صغير الحجم
ككلمة من حديد أو رصاص أو بلاتين (وهو الذهب الأبيض) وربطنا
طرفه الآخر في نقطة ثابتة كان للكلمة في حالة السكون وضع يكون فيه الخيط
رأسيا ويكون مركز ثقلها في الاتجاه الرأسى للخيط المذكور وهذا هو
البندول المعروف أيضا بالشاقول (راجع الدرس الرابع من هذا الجزء
شكل ١٨ مكرر) ثم إن أهمية الشاقول المتحرك والشاقول الساكن
واحدة في الاستعمال فإذا أبعدها الشاقول عن الخط الرأسى كان ثابتا
في نقطة θ وممتدا ومما ينبغي التنبيه عليه أنه إذا خلى الجسم نفسه
وقطع النظر عن المقاومات المتنوعة يأخذ ثقل A (شكل ١٣)
في الهبوط بسرعة غير محسوسة تتزايد شيئا فشيئا عندما يقرب هذا الثقل
لمرات بنقط A و A' و A'' الخ من خط θ الرأسى فإذا وصل الى
هذا الخط استمر على سبيله وارتفع من A و A' و A'' الى A أعنى يكون
في ارتفاع نقطة A ومتى وصل الى هذا الحد أخذ في الهبوط ثانيا من A الى A' الخ
كما هبط من A ثم يرتفع ثانيا الى A'' كما ارتفع الى A ثم يقف
في نقطة A ليهبط كالترة الاولى وهكذا بالتوالي الى ما لا نهاية
ويمكن بقواعد الميكانيكا اثبات قوانين التحرك المتردد المعروف بتحريك الارقيع

ويطلق اسم البندول على الشاقول اذا استعمل لاحداث رجات بدلا عن استعماله للدلالة على الخط الرأسى

وفي كل لحظة من هبوط البندول بالابتداء من \bar{A} الى \bar{O} يحدث من جذب الارض دفعة جديدة لهذا البندول ليقترب من مركز الارض وباتحاد هذا الجذب مع القوة المماسية \bar{AO} تسبب تحدث بحلة شديدة لاحداثها بدون تأثير خيط \bar{AO} الذى يحدث منه تأثير قوة مركزية

ولترمز بخط \bar{AO} (شكل ١٤) الى تأثير النفاقل وبمستقيم \bar{AS} الى القوة المماسية المكتسبة من الشاقول عند وصوله الى \bar{A} وليكن \bar{AO} رمزا الى القوة المركزية فيحصل معنا اولان $\bar{AO} = \frac{\bar{AS}}{\bar{AO}}$ وثانيا ان

قوى \bar{AO} و \bar{AS} يتحدان مع قوة \bar{A} المماسية بأن نسط \bar{AO} على \bar{AO} من مماس الدائرة في نقطة \bar{A} ثم نضيف هذا المسقط وهو \bar{AO} الى \bar{AS} اذا كان البندول هابطا او نطرحه منه اذا كان صاعدا ثانيا وحينئذ تحدث معنا القوة المماسية عقب الزمن الذى يكون فيه البندول معدا لقطع قوس يساوى \bar{AS}

وهذا يؤدى الى اننا عند صعود البندول فى ازمته واحدة نطرح الكميات التى اصبناها الى القوة المبعدة عن المركز وحينئذ تكون هذه القوة عند الهبوط والصعود واحدة فى النقط التى على بعد واحد من النقطة المنخفضة عنها وينبنى على ذلك أن هذه القوة اذا انعدمت من جهة انعدمت من الجهة الاخرى فى ارتفاع واحد

وعلى ذلك فالنظريات تثبت مادامت عليه التجربة من تساوى صعود البندول وهبوطه وتماثلهما

وهناك خاصية اخرى عظيمة جدا تتعلق بالبندول وهى ان المدة الكلية للرجتين الصغيرتين تكون واحدة تقريبا وان كان القوس المقطوع فى احدى

هاتين الرجتين ضعف القوس المقطوع في الرجة الاخرى مثني او ثلاث اورباع
وهكذا مهما كانت نسبة القوسين المقطوعين

ولاجل البرهنة على هذه الخاصية نفرض بندولين كيندولي θ و ϕ
متساويين (شكل ١٥) و (شكل ١٦) مختلفي البعد من المستقيم

الرأسي في مبدء الرجة وليكن تأثير التثاقل الميين في هذين الشكلين برمز α

$\alpha =$ حاصل واحد في المدة الاولى فاذا اسقطنا α في α على

قوس اق. و α في α على قوس ان كان α و α
هما القوتان المماسستان

ولمعد خطي اص و اسه الاقبيين الى خطي θ و ϕ

الرأسمين فاذا فرضنا ان مثلث α صغير جدًّا و امكن جعل قوس

α عمودا على α وكذلك على θ فان مثلثي θ و ϕ

و α القامئ الزاوية يكونان متشابهين حيث ان ضلعيهما المتقابلين
عمودان على بعضهما

وقد يبرهن بمثل ما تقدم (شكل ١٦) على ان مثلثي θ و ϕ
القامئ الزاوية يكونان متشابهين فاذن يحدث هذان التناسبان وهما .

$\theta : \alpha :: \alpha : \alpha$

$\theta : \alpha :: \alpha : \alpha$

لكن حيث ان θ و α متساويان وكذلك α و α فانه يحدث

ايضا هذا التناسب وهو $\alpha : \alpha :: \alpha : \alpha$

فاذا فرضنا الآن ان الرجة تكون قليلة الامتداد جدا فان الفاضل بين
اص وقوس اق يكاد يكون معدوما وكذلك فاضل اصه وقوس
ان وعلى ذلك تكون المسافة المقطوعة في الوقت الاول مناسبة تقريبا

لامتداد قوسى اق و ان

و يبرهن ايضا بوجه تقريبي على ان السرعة المناسبة تزداد عقب الوقت الثانى
 والثالث والرابع والخامس وبناء على ذلك تكون المسافة التى يقطعها البندول
 الاول والثانى فى كل من هذه الاوقات مناسبة لنقسي المعدة لسير البندول
 وعلى ذلك متى كانت المسافة الباقية التى لم يقطعها البندول الاول معدومة
 كانت المسافة الباقية التى لم يقطعها البندول الثانى معدومة ايضا وحينئذ
 يصل البندولان فى زمن واحد الى اعظم رجة فاذن يكون للرجات مدة واحدة
 اذا قطع النظر عن النفاضلات الصغيرة جدا

و يكون لهذه الخاصية الاخيرة منفعة عظيمة فى الفنون وعلوم الرصد فى حالة
 ما اذا تحرك البندول وخلقى ونفسه وعارضت مقاومة الهواء بجميع حركاته
 وابطأتم بالتدريج وبذلك تنقص مسافة الرجات لكن لم تزل مدتها واحدة
 فاذا كان البندول ثقيل جدا كالرصاص او البلاطين كانت المقاومة التى
 تعرض لهذا الجسم ضعيفة لا تغير مدة رجاته الا تغييرا قليلا فيكون معظم
 هذه الرجات باقيا تقريبا على مدته الاصلية غير ان تكرر الرجات المستمرة المعرض
 لمقاومات الهواء الصغيرة ينقص بالتدريج مسافة الرجات ومع ذلك كله
 تكون تلك الرجات متساوية تقريبا وزيادة على ذلك ينقص الفاضل الصغير
 الموجود بين المدد المتتالية بحسب مخالفة هذه الرجات للرجة الاصلية

ثم ان الاجسام تكون سريعة الوقوع اذا كان مبدء وقوعها من نقط قريبة
 من مركز الارض وقد علم مما سبق ان المسافتين الرئيسيتين اللتين يقطعهما الجسمان
 الخليان وانفسهما للتثاقل بدون معارض تكونان على نسبة منعكسة من
 مربعى بعديهما عن مركز الارض

وعلى

وعلى ذلك متى كانت اطوال البندولين على نسبة منعكسة من مربع بعد
البندول عن مركز الارض فان رجات هذين البندولين تكون حاصلة في زمن
واحد

وقد دلت الارصاد الفلكية وقياس الارض دلالة هندسية على أن الكرة
الارضية مسطحة من جهة القطبين لان سكان الارض اذا قربوا من القطب
قربوا ايضا من مركز الارض وبموجب ذلك اذا كان الانسان في جهة
القطب فانه يرى البندولين اللذين تحدث رجاتهما في زمن واحد اطول
عما اذا رأهما وهو في خط الاستواء فحينئذ اذا كان مبدء السير من خط
الاستواء لزم ان البندول يتزايد بالتدريج كلما قرب الانسان من القطب
لتكون مدة الرجات واحدة وزيادة على ذلك يمتد طول البندول مبيدنا
في كل مكان ابعد مركز الارض عن النقطة التي يدق فيها ذلك البندول

وبدوران الارض ينعدم من تماثل الاجسام جزء صغير لتتبادل قواها
المبعدة عن المركز وتثبت تلك الاجسام على سطح الكرة وهذه القوة التي
لا وجود لها في القطب تبلغ نهايتها الكبرى في خط الاستواء

وبملاحظة سببي التغير معاتعلم مطابقة العلم للتجربة ولله در المهندس بوردا فانه
لمهارته اخترع بندولا منتظما بواسطته يحصل مع غاية الضبط قياس
ابعاد مركز الارض عن نقط سطحها التي يتألف منها الخط الجغرافي
الذي ينبني على قياسه الطريقة المتريية ثم ان ما وقع بين النتائج الحادثة
في موضوعنا هذا من علم الهندسة والميكانيكا من غريب التوافق والاتحاد
هو من اعظم الشواهد على ما لا يعلم من القوة من حيث الاستعانة ببعضها
على فهم غوامض البعض الآخر من حيث انه يتوصل بها الى صحة الظنيات
التي لا يخلو عنها كل علم وتنظيمها في سلك الطرق المتحد المآل التي لا يوجد فيها
الخطأ الا نادرا بحيث تكون مثلها في القطع بصحتها

وعوضا عن أن نفرض أن التماثل يتغير نفرض أن طول خيط التعليق هو الذي
يتغير ونفرض بندولين غير متساويين \llcorner بندولي \llcorner و \llcorner و \llcorner

(شكل ١٧ و ١٨) فيحدث هذا التناسب وهو

اث : اث :: م : ا

فاذا كان زيادة على ذلك نسبة قوس اق : قوس ان :: م : ا

كان شكلا اثق و اشف متشابهين

ولكن اغ هي المسافة التي تقطعها في زمن ط = ا بواسطة

التناقل نقطة ا المادية المفروض انه لا معارض لها وليكن اغ = م

× اغ فيكون اغ حيثئذ لا على المسافة التي يجبر تأثير التناقل جسم ا

المفروض انه لا معارض له على قطعها في اوقات عدد م (وحرف م يدل على عدد غير محدود)

ولنسقط اع في اغ و اغ في اغ فيحدث من مثلي اغ غ

و اغ غ المتشابهين هذا التناسب وهو

اث : اث :: اغ : اغ :: اق : ان

وعلى ذلك خفاقتا اغ و اغ اللتان قطعهما الپندولان بواسطة تأثير

التناقل المكرر في زمن م بالنسبة للپندول الاول وزمن ا بالنسبة

للتاني تكونان متناسبتين لقوسى اق و ان فيتحرك حيثئذ الپندولان

بالتناسب على قوسى اق و ان بحيث تكون ازمدة الپندول الاول م

حين تكون ازمدة الثاني ا فاذن تكون نسبة الزمنين الكلين اللذين

استغرقهما الپندولان في الوصول من اعلى نقطة الى الخط الرأسى الى بعضهما

كنسبة م : ا متى كانت نسبة طولى الپندول الى بعضهما :: م : ا

بمعنى انه في الحمل الواحد من الارض تكون اطوال الپندولين غير المتساويين

مناسبة لمربعى الزمنين اللذين استغرقهما هذان الپندولان في احداث رجاءهما

واقول من عرف قانون تحولات البندولات هو المهندس الشهير غاليله صاحب الاستكشافات اللطيفة في ميكانيكا المتأخرين وقد أجرى في ذلك عملية عظيمة تتعلق بقياس ارتفاع القباب والقبوات

وقد جرت العادة بانه يعلق في الهياكل والسرايات بأعلى نقطة من القباب والقبوات نجفات ذات ثقل عظيم بالنسبة للعبيل او السلسلة المعلقة هي بها ويكفي في احداث ارتجاج هذه البندولات العظيمة ادنى شئ من الهواء وقد لاحظ المهندس غاليله مدة هذه الارتجاجات فرأى أن المدة التي يرتج فيها بندول النجفة الواحدة عشر مرات مثلاً لا يرتج فيها غيره الا مرة واحدة وحيث ان مربع العشرة اى عشرة مضروبة في مثلها يساوى مائة يكون البندول الاول اطول من الثانى مائة مرة فاذا كان طول البندول الصغير معلوماً فانه يحدث بأخذه مائة مرة طول البندول الكبير وبذلك يعلم الارتفاع الذى يكون لفتح القبة والقبوة فوق النجفة التى لقربها من الارض يسهل قياس ارتفاعها وعلى ذلك يمكن استعمال البندول في قياس الزمن بواسطة تساوى مدة رجائه الصغيرة ويمكن استعماله ايضا في قياس الارتفاعات بواسطة زيادة تلك المدة او نقصانها

وقد عرف طول البندول الذى يدق الثواني الستينية برصدخانه مدينة باريس معرفة صحيحة فكان مقداره من الامتار ٩٩٣٨٢٦٧ و
فعلى ذلك لو انعدمت اصول الاقيسة الفرنسية بجمهورية بمحادثة من حوادث الزمان وتقلبات الدهر حتى صارت خفية على العقول لامكن معرفة طول المتر بمجرد النظر الى البندول الذى يدق الثواني بمدينة باريس

ولو عرف الرومان واليونان مثل هذه الطرق الناشئة من العلوم لبقيت جميع اقيستهم عندنا الى الان ولما بقى من المسائل التى لا بد منها في العلوم والفنون والحرف مسألة بلا حل وبيان

ولنطلب في الكلام على هذا الامر المهم الخالص بالعلوم التى بها يتوصل

الى ضبط اشغال الانسان وان كان الزمن متقلبا غير مضبوط وبسببها تنساط الارصاد والاشغال الوقتية بحركة الزمن المستمرة وقطع المسافات الارضية التي لا تتغير وبذلك تتحقق ثمرات مشروعات الانسان ويتخلد ذكره على عمر الازمان فنقول

ان الساعاتية اخترعوا امر ابداعيا يتعلق بالپندول وهو صناعة الآلات الدالة على الزمن المعروفة بالپندولات

ولنفرض دائرة معدنية محدبة من جهة المركز على هيئة العدسة فلذا سميت بالعدسة ونعلقها في قضيب يكون متجها الى مركزها فاذا حركت حول الطرف الاخر من القضيب المذكور حدث عن ذلك پندول كالذي يستعمله الساعاتية

وكل رجة من رجات هذا الپندول الحاصلة في ازمة متساوية الواقعة للسیر الثابت للپندول او الساعة الدقاقة تكون بمنزلة المحافظ للقوى والمنظم لها ولا تكون هذه الآلة مضبوطة الا اذا كانت لا تتغير ابعاد المادة التي تتركب هي منها حيث ان القضيب المعد لتعليق العدسة يمتد بواسطة تأثير الحرارة وينكمش بواسطة تأثير البرودة وبذلك تكاد مدة رجات الپندول تتغير دائما وقد صنعوا پندولات تعديل وهي پندولات تتعادل فيها تغيرات اطوال الاجزاء المتنوعة المركبة لها

وقد بين انه كلما زادت الحرارة امتدت قضبان النحاس بنسبة معلومة اكثر من قضبان الحديد وكلما نقصت الحرارة انكمشت تلك القضبان بنسبة معلومة اكثر منها ايضا وبموجب ذلك استعملوا للتعليق عوضا عن قضيب واحد عدة قضبان بعضها من الحديد وبعضها من النحاس

ولنفرض قضيبا من الحديد كقضيب أ ب (شكل ١٩) نجعل في نهايته السفلى عارضة افقية كعارضة ش د عليها قضبان رأسيان من النحاس كقضبي ش هـ و د ف وعارضة اخرى افقية بمتصفها طوق يمر منه قضيب أ ب تجمع بين قضبي النحاس المذكورين ويكون

في تقطعي $\overline{ك}$ و $\overline{ل}$ اللتين هما نهايتا العارضة المذكورة قضيبان
من حديد قضيب $\overline{ك م}$ و $\overline{ل ن}$ مجتمعان معا بواسطة عارضة
 $\overline{م ن}$ ومثبتان في عدسة و $\overline{و}$ فيثبت يعلم ان ازدياد الحرارة في هذه الحالة
على قضيب الحديد وهما $\overline{أ ب}$ و $\overline{ك م}$ اللذين على ارتفاع $\overline{أ ع}$
الحقيقي يزيد تباعد نقطة التعليق وهي $\overline{أ}$ عن مركز العدسة زيادة مناسبة
لارتفاع $\overline{أ ع}$ المذكور وأن قضيب النحاس وهما $\overline{ث ه}$ و $\overline{د ف}$
عند امتدادهما بواسطة تأثير الحرارة يرفعان عارضة $\overline{ك ل}$ ويرفعان
ايضا في زمن واحد قضيب الحديد وهما $\overline{ك م}$ و $\overline{ل ن}$ وكذلك
عدسة و $\overline{و}$ المعلقة فيهما فتكون الكمية التي ترتفع بقدرها العدسة بواسطة
تأثير قضيب النحاس مناسبة لطول $\overline{ه ث}$ او $\overline{د ف}$ وينتج من ذلك
انه اذا كان طول $\overline{أ ع}$ و $\overline{ه ث}$ مناسبين لامتداد النحاس في الاول
والحديد في الثاني يكون مركز العدسة منخفضا بامتداد الحديد بقدر الكمية التي
يرتفع بها المركز المذكور بامتداد النحاس وما فرضناه في ازدياد الحرارة يمكن
فرضه ايضا في نقصانها فتكون الكمية التي يرتفع بقدرها مركز العدسة بانكماش
قضيب الحديد مساوية للكمية التي ينخفض بقدرها مركز العدسة بتأثير
انكماش قضيب النحاس

وقد فرضنا في جميع ما ذكرناه أن البندول ليس الا خيطا مجردا عن التناقل
معلقا بنهايته نقطة مادية لها ثقل ما ولكن ليس في الطبيعيات بندولات بهذه
المثابة فاذا استعمل في ذلك سلك لين او قضيب غير لين كان لكل من اجزائه
ثقل معلوم وحجم معلوم وكذلك الجسم المعتبر نقطة مادية له ثلاثة ابعاد تمنع
التباسه بالنقطة المادية المذكورة ولا بد من معرفة القوانين التي تكون
بمقتضاها رجات هذا البندول المعروف بالبندول المركب

ولنعلق في نقطة واحدة من محور واحد بندولين متساويي الجسم احدهما وهو ش وبسيط (شكل ١٤) والاخر وهو ث دهف مركب فتي استقر هذان البندولان صار ساق البندول البسيط رأسيا ومارا بمرکز ثقل البندول المركب

ولندفع هذين البندولين بقوة افقية مؤثرة على بعد كبعد ر عن المحور فيكون تأثير التناقل معدوما بالمحور في الزمن الاول ليكون للبندولين سرعة واحدة منزوية وينبغي أن يكون مرکز دوران البندول المركب متباعدًا عن المحور بكمية ر المساوية لطول البندول البسيط فاذن يكون

$$\frac{r}{d} + \frac{r}{d} = \frac{r}{d}$$

ولنبحث عن التأثير الذي يحدثه التناقل على البندولين عند تباعدهما من المستقيم الرأسى فنقول

لنفرض أن التناقل يؤثر من مبداء الامر على غ (شكل ١٢) الذي هو ساق البندول البسيط المار دائما بنقطة غ التي هي مرکز ثقل

البندول المركب وليكن ول = غ هو الارتفاع الرأسى الذي نقيس به تأثير التناقل في البندولين في زمن يسير كزمن ط ونحلل

ول و غ الى ول و غ تحليل اعموديا على ث و غ فيكون تأثير التناقل الحاصل على مرکز ثقل البندول المركب مبينا بخط

غ وتأثير التناقل الحاصل على البندول البسيط مبينا بخط ول

= غ لكن حيث كانت نقطة و موجودة في مركز دوران البندول

المركب فان قوة غ المنقولة الى ول تدير البندول كما اذا كان

في نقطة و اي كمالو استبدل البندول البسيط بالبندول المركب

فأذن تكون السرعة المنزوية الحادثة من التثاقل واحدة في كل من البندولين البسيط والمركب وعلى ذلك يكون أولا البندولان البسيطان مستمرين بواسطة تأثيرات التثاقل المتوالية على ارتجاجهما بسرعة واحدة وثانياً يكون طول البندول البسيط هو بعد المحور عن مركز الدوران المعروف حينئذ بمركز الارتجاج فأذن متى اعتبر في بندول مركب أن محور التعليق كمحور الدوران فإن مركز الدوران يترج بمركز التعليق ويصيران شيئاً واحداً وقد تقدم أنه متى تقل بالتوازي محور الدوران من ث الى و اتقل مركز الدوران من و الى ث على مستقيم ث غ و فأذن إذا نقل محور تعليق البندول المركب من ث الى و كان مركز ارتججه منقولاً من و الى ث وموجوداً على محور التعليق الأول وقد استعملوا هذه الخاصية في تعيين وتحقيق طول البندول البسيط الذي يحصل رجانه في زمن حصول رجات البندول المركب ثم إن البندولات المركبة وأوضاع مراكز ثقلها ومحاور تعليقها ومراكز ارتجاجها هي من أعظم المهمات في صناعة الساعات الدقاقة وغيرها من الآلات ذات التحرك المتكرر لاسيما تحرك السفن عند ميلها من جانب الى آخر أو من المقدم الى المؤخر وسيأتى في الجزء الثالث من هذا الكتاب عند الكلام على قوة الماء توضيح ذلك بآتم وجه

(بيان معادل آلات البخارية)

في صناعة آلات الدوران التي تختلف فيها شدة القوة كالبخار على حسب تغير النار المستعملة تستعمل البندولات المركبة لتفخ بالتدريج مسلكاً للبخار عندما يحدث منه ضغط يبلغ حداً النهاية بحيث لو تجاوز ذلك لكان خطراً ومثال ذلك كرتان من حديد ملحومتان بقضيين من حديد أيضاً يرتجان على محور أفقي يمر بأسطوانة رأسية فإذا دارت هذه الأسطوانة حدث من دورانها قوة مبعدة عن المركز لكل من البندولين المركبين اللذين يدوران معها

بواسطة هذه القوة ويرتفع كل منهما حتى تكون محصلة هاتين القوتين مارة بمحور التعليق وبذلك تكون معدومة وحيث كانت هاتان الكرتان اللتان مجسمهما واحد الموضوعتان على وجه متماثل بالنسبة للمحور يرتفعان وينخفضان في كل وقت بكمية واحدة فان الطوق الذي يدور بدون مانع حول الاسطوانة يكون معلقا بقضيبين متصلين بساقى الپندول اين فاذن يكون هذا الطوق عرضة تارة للصعود واخرى للهبوط على حسب قرب الكرتين وبعدهما عن المحور وقد يحترق هذا الطوق ذراع الرافعة الذي يفتح او يغلق كثيرا او قليلا المتغذ الذي يخرج منه البخار المتراكم (كما ستقف على ذلك في الجزء الثالث من هذا الكتاب عند ذكر القوى المحركة)

(الدرس الثامن)

(في بيان الرافعة)

قد ذكرنا جميع ما يتعلق بتحويل التحركات الحادثة بواسطة الحبال اللينة جذا التي لا فائدة لها الا مجرد الشد بخلاف القضبان الغير القابلة للانثناء فان لها فائدتين وهما الدفع والشد

وهناك عدة آلات ليس الغرض منها الا ان تستعمل واسطة بين القوة والمقاومة المتجهتين على مستقيم واحد كيد المسحكة (شكل ٢) وكباشة المدفع (شكل ٣) في فن الطوبجية وكخفاف البحارة وسيقان المكابس ونحوها

ولا يشترط في القضيب الغير القابل للانثناء كقضيب \overline{AB} (شكل ١) ان يكون مستقيما بل يكفي ان تكون صورة انحنائه ثابتة لا تتغير فاذا وقعنا على نقطة \overline{B} قوة تشد او تدفع في جهة \overline{BA} او \overline{AB} فان تأثير هذه القوة يكون واحدا دائما كما لو كان القضيب مستقيما

والرافعة قضيب غير قابل للانثناء مستند على نقطة ثابتة تعرف بنقطة الارتكاز وواقع عليه في نقطة ثانية تأثير قوة لاجل ابطال مقاومة حاصلة في نقطة ثالثة وهي على ثلاثة انواع

النوع الاول (شكل ٥) تكون فيه نقطة الارتكاز وهي \overline{A} موجودة

بين قوة $\overline{ح}$ ومقاومة $\overline{ر}$
والنوع الثاني (شكل ٦) تكون فيه مقاومة $\overline{ر}$ موجودة بين قوة $\overline{ح}$ ونقطة الارتكاز وهي $\overline{أ}$

والنوع الثالث (شكل ٧) تكون فيه قوة $\overline{ح}$ موجودة بين مقاومة $\overline{ر}$ ونقطة الارتكاز المذكورة

ولنفرض أن الرافعة المجردة عن التثاقل تكون قضيبا مستقيما كقضيب

$\overline{بأث}$ (شكل ٥) أو $\overline{بثأ}$ (شكل ٦) أو $\overline{أبث}$ (شكل ٧) العمودي على اتجاه القوة والمحصلة

فلا يمكن انعدام جهد قوة $\overline{ح}$ ومقاومة $\overline{ر}$ إلا بنقطة الارتكاز وهي $\overline{أ}$ الثابتة في الآلة دون غيرها فاذن تكون محصلة $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ مارة بنقطة $\overline{أ}$ واذن يكون

$$\overline{ح} \times \overline{أب} = \overline{ر} \times \overline{أث}$$

اعني أن القوة مضروبة في بعدها عن نقطة الارتكاز تكون مساوية للمقاومة مضروبة في بعدها عن نقطة الارتكاز أيضا

فاذا استبدلنا رافعة $\overline{بأث}$ العمودية على اتجاه قوتي $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ برافعة أخرى مائلة منحنية أو مستقيمة كرافعة $\overline{سأث}$ لزم أن تكون المحصلة دائما مارة بنقطة $\overline{أ}$ ومن ذلك يحدث

$$\overline{ح} \times \overline{أب} = \overline{ر} \times \overline{أث}$$

وليس $\overline{أب}$ و $\overline{أث}$ إلا مستقيمين وهميين عمودين على اتجاه قوتي $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ ولا جل اختصار العمليات يمكن أن نفرض دائما أن كل ذراع من الرافعة يكون مستقيما وعمودا على اتجاه القوة الواقعة على طرفه

ولنفرض قوتين متساويتين كقوتي $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ (شكل ٨) عموديتين على $\overline{أب}$ و $\overline{أث}$ المتساويين اللذين هما ذراعا رافعة $\overline{بأث}$ المنكسرة فتكون هاتان القوتان مؤثرتين في جهتين متضادتين بحيث يديران الرافعة حول نقطة الارتكاز وحيث كان التساوي حاصل في كلتا الجهتين وكانت الآلة متوازنة فإن هذا التوازن يبقى على حاله مهما كان مقدار

زاوية $\overline{ب\alpha\theta}$

ولتكن الآن قوة $\overline{ر}$ مساوية ومقابلة لقوة $\overline{ر}$ فتكونان متوازيتين
 وحيث أن قوة $\overline{ر}$ على مقاومة $\overline{ر}$ كتأثير قوة $\overline{ح}$ عليها فإذا ن تكون
 $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ المتساويتان الواقعتان على طرفي ذراعي الرافعة المتساويتين
 وهما $\overline{أب}$ و $\overline{أ\theta}$ لهما شدة واحدة وهما تدور نقطة $\overline{أ}$ الثابتة
 مثلاً إذا اشربنا بمستقيم $\overline{أب}$ لجزار مربوط به فرس يسحب على $\overline{ح}$
 فان تأثير الفرس الواقع على نقطة $\overline{أ}$ يكون واحداً في سائر نقط الدائرة التي
 يقطعها $\overline{أب}$ مادام بعد $\overline{أ}$ عن $\overline{ب}$ ثابتاً على حالة واحدة
 ولنفرض الآن أن قوتين حيثما اتفق كقوتي $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ (شكل ٩)
 يكونان واقعتين على رافعة حيثما اتفق كرافعة $\overline{ب\alpha\theta}$ فيثان $\overline{أ}$ هي
 نقطة الارتكاز ندير $\overline{أب}$ الى $\overline{أ}$ بحيث يؤول $\overline{ب}$ الى $\overline{ح}$
 الموازي لخط $\overline{ش}$ ويلزم أن تكون محصلة قوتي $\overline{ر}$ و $\overline{ح}$ مارة دائماً
 بنقطة $\overline{أ}$ الثابتة ومن هنا يحدث

$$\overline{ر} \times \overline{أ\theta} = \overline{ح} \times \overline{أب} = \overline{أ} \times \overline{ح} \times \overline{أب}$$

وعلى ذلك فهما كان اتجاهها القوة والمحصلة يلزم دائماً أن تكون القوة
 مضروبة في بعدها عن نقطة الارتكاز مساوية للمقاومة مضروبة في بعدها
 عن نقطة الارتكاز ايضاً

(نطبق ما تقدم على تحويل التحركات)

إذا اريد بواسطة الحبال تحويل تحرك الى اتجاهي $\overline{ب}$ و $\overline{ش}$
 المتغيرين فانه يستعمل لذلك رافعة منكسرة كرافعة $\overline{ب\alpha\theta}$
 (شكل ٩) و (شكل ١٠) يربط بها جيلان او سلسلتان او جزيران
 او سلكان معدنيان مثل $\overline{ب}$ و $\overline{ش}$ وتكون نقطة $\overline{أ}$ التي هي
 رأس زاوية $\overline{ب\alpha\theta}$ ثابتة على محور صغير تدور حوله الرافعة وهذه النقطة
 هي نقطة ارتكاز الرافعة المذكورة

فإذا اقتضى الحال تحويل تحركات صغيرة فانه بواسطة شد سلك $\overline{ح}$ (شكل ١٠) تنتقل $\overline{ب}$ الى $\overline{ـ}$ ويكون قوس $\overline{بـ}$ مغايرا قليلا لجزء من مستقيم $\overline{بـح}$ وبناء على ذلك لا يتغير اتجاه سلك $\overline{بـح}$ ولا اتجاه سلك $\overline{شر}$ المشدود بالذراع الثاني من الرافعة كما ان الذراع الاول منها مشدود بالسلك الاول

وهذه هي الكيفية المستعملة في توجيه السلوك المعدنية الواصلة من الجرس الموضوع بقرب الاماكن التي يكون فيها الخدم الى المكان الذي يكون فيه المنادى وتستعمل السلوك والرافعة المنكسرة في الآلات الكبيرة لاجل تحويل التحركات المترددة

ولنفرض ان المطلوب في مجرى المكبس رفع مكبس $\overline{مم}$ (شكل ١٢) وخفضه بواسطة قوة افقية تشده في اتجاه $\overline{بـح}$ فن البديهي انه اذا شد سلك $\overline{بـح}$ في جهة السهم بواسطة الرافعة القائمة الزاوية وهي $\overline{بـاث}$ يرتفع ذراع رافعة $\overline{اـث}$ ويرفع مكبس $\overline{مم}$ واذا اريد أن $\overline{ثـط}$ الذي هو ساق المكبس يكون دائما على رأسي واحد لزم أن يكون دائما مماسا لقوس $\overline{ثـث}$ الصلب المرسوم من نقطة $\overline{آ}$ المأخوذة مركزا

فاذا افلتناسلك $\overline{بـح}$ فان ثقل المكبس يوصل الرافعة الى وضعها الاصلى ثم يأخذ هذا السلك في التأثير ثانيا لاجل رفع المكبس وقد تطلق التحركات المترددة على التحركات التي تحصل بالتعاقب في جهتين ويؤخذ من درجات البندول شاهد عظيم على مثل هذه التحركات

وقد تطبق عملية الرافعة المنكسرة على النشر تطبيقا مفيدا بواسطة علم الميكانيكا

فيلصق منشار $\overline{دـض}$ (شكل ١٣ مكرر) من نقطة $\overline{ل}$ بساق $\overline{دـث}$ ومن نقطة $\overline{ث}$ بذراع $\overline{ثـا}$ من رافعة $\overline{ثـاب}$ مع تاثير قوة $\overline{ح}$ على ساق $\overline{بـح}$ غير القابل للاثناء فاذا شد $\overline{بـح}$ رسم ذراع الرافعة وهو $\overline{اـث}$ قوسا وكان المنشار مشدودا من جهة الرافعة

ومتى دفع **ب ح** حصل تأثير مضاد وكان المنشار مدفوعا بالرافعة
ولهذا كان في علم الميكانيكا ما يماثل بين تحرك النشارين (شكل ١٣)
الذين تكون اعضاؤهما هي **ش ا ب ح ر ض و ش ا ح ر ض**
رافعتين منكسرتين

ويمكن بواسطة الرافعة توازن القوة الكبيرة مع القوة الصغيرة * مثلا اذا كانت
المقاومة اقرب لنقطة الارتكاز من القوة بمائة مرة فقطعت بذلك مسافة
لا تبلغ هذا القدر عند حصول التحرك لزم بمقتضى التعديل أن تكون المقاومة
أكبر من القوة مائة مرة (فاذا كان حاصل ضرب المقاومة في ذراع رافعتها اقل
من حاصل ضرب القوة في ذراع رافعتها كان التحرك حاصل في جهة القوة
وكانت الآلة سائرة الى جهة الامام الا أن سيرها يكون بواسطة جزء من
القوة لم ينعدم بالكلية لاجل توازن المقاومة فاذن يلزم طرح هذا الجزء
متى اريد تحصيل جزء القوة الذي لا بد منه في حصول التحرك)

هذا وقد زعم من لا معرفة له بقواعد علم الميكانيكا مستغرا بهذه النتيجة
انه يمكن احداث القوة بواسطة الآلات ومقتضاه انه يمكن بواسطة قوة صغيرة
ابطال مقاومة متوسطة وحفظ ما يفي من القوة الكافية لتحصيل التأثيرات
العظيمة وذلك لان القوة الصغيرة على زعمه توازن القوة الكبيرة

ويكفي في الوقوف على خطأ هذا القول اعتبار تحرك الرافعة فاذا فرضنا
ان قوتي **ح و ر** (شكل ١٠) متوازيتان بواسطة رافعة **ب ا ث**
ثم زدنا القوة الاولى عن الثانية قليلا فان التوازن ينعدم ويكون التحرك حاصل
حيث ان ذراع الرافعة وهو **ا ب** ياخذ في الدوران في جهة **ب ح**
الذي هو اتجاه القوة الكبيرة والذراع الآخر وهو **ا ث** يدور في جهة
ث ر المقابلة لهذه القوة المقاومة فيقطعان في وقت ما زاويتين متساويتين
كزاويتي **ب ا ر** و **ث ا ث** فاذن يكون قوسا **ب ر** و **ث ث**
الذان قطعتهما نقطتا **ب و ث** مناسبين لطول ذراعي الرافعة
وهما **ا ب و ا ث** (ولنفرض أن هذين الذراعين يكونان عمودين

على اتجاه القوتين المقابلتين لهما)

لكن حيث ان $\overline{ح} : \overline{ر} :: \overline{اث} : \overline{اب}$
 يكون $\overline{ح} : \overline{ر} :: \overline{قوس ث} : \overline{قوس ب}$
 فعلى ذلك تكون قوتا $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ مناسبتين تناسباً متعاكساً للقوسين اللذين
 تقطعهما نقطتا وقوعهما عند فرض اختلال التوازن

وبهذا البرهان يظهر أن القوة الموازنة للمقاومة تكون مجبورة على قطع
 قوس كبير بقدر صغرها بالنسبة للمقاومة فيلزم حينئذ أن القوة في المسافة
 التي قطعها تفقد ما اكتسبته بنفسها لاجل توازن المقاومة فاذن تكون كمية
 التحرك المقيسة بحاصل ضرب كل قوة في المسافة المقطوعة واخذة في جهة
 المقاومة بدون امكان زيادتها فان هذه القاعدة الشهيرة التي ذكرناها عامة
 في جميع الآلات ولا يمكن فيها اصلاً ازدياد كمية التحرك فاذن يثبت استحالة
 احداث القوة

فاذا اخذنا مدة التحركين الحادثين من تقطع $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ وجعلناها
 وحدة (شكل ١٠) فان مسافتيهما وهما $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$ يدلان على
 سرعتيهما ويطلق اسم السرعة المنبهة على السرعة التي تأخذها $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$
 اللتان هما تقطعا وقوع القوة والمقاومة اذا اختل التوازن قليلاً جداً على
 حين غفلة ويعبر في الرافعة عن هذا التساوي وهو $\overline{ح} \times \overline{ب} = \overline{ر}$
 $\times \overline{ث}$ بأن يقال في حالة التوازن ان القوة مضروبة في سرعتها المنبهة
 تكون مساوية للمقاومة مضروبة في سرعتها المنبهة

واذا فرضنا أن ذراع الرافعة وهو $\overline{اب}$ (شكل ١١) مائل بدلاً عن كونه
 عموداً على $\overline{ب ح}$ الذي هو اتجاه القوة وادرننا الرافعة قليلاً بقدر زاوية
 $\overline{بام} = \overline{رام}$ وكان $\overline{ا}$ عموداً على $\overline{ب ح}$ المتد في حيث ان
 نصنع القطرين مناسبان للقوسين يحدث هذا تناسب وهو

$$\overline{اب} : \overline{ار} :: \overline{بم} : \overline{رم}$$

فاذا مددنا من نقطة م مستقيم م ن عودا على ب ح الممتد
حدث من ذلك مثلثا ب م ن و ا ب وهما متشابهان حيث ان
اضلاعهما اعمدة على بعضها ومن ذلك يحدث هذا التناسب وهو
ا ب : ا - :: ب م : ب ن

وذلك يقتضى أن ب ن = م وحيثئذ فهما كانت ب التى هى
نقطة وقوع قوة ح على ذراع ا ب فانه عند اختلال التوازن قليلا
وقياس المسافة التى قطعتها نقطة الوقوع على ب م الذى هو اتجاه القوة
تحدث سرعة واحدة منبهة مقومة على هذا الاتجاه فيئذ يكون التوازن
حاصل متى حدث عن القوة المضروبة فى سرعتها المنبهة المقيسة بالوجه المتقدم
او عن المقاومة المضروبة ايضا فى سرعتها المنبهة المقيسة على الوجه المذكور
حاصل واحد على اى حالة كانت تقطعا وقوع القوة والمقاومة بفرض أن هاتين
القوتين يديران الرافعة فى جهتين متضادتين

وهذه هى القاعدة الشهيرة المعروفة بقاعدة السرعة المنبهة وايست مختصة
بالرافعة بل تجرى ايضا فى سائر الآلات وجميع ما للقوى من التراكيب
الوهمية وقد بنى المهندس لاغرنج الشهير على هذه القاعدة اصول الميكانيكا
التحليلية التى جمعها فى كتابه الشهير الذى هو من اعظم مؤلفات هذا العلم
ثم ان محصلة القوتين المتوازنتين على الرافعة اذا انعدمت بنقطة الارتكاز
تكون متساوية للضغط الحاصل من الرافعة على نقطة الارتكاز المذكورة

فاذن يفتح أولا انه متى كانت القوة والمقاومة متوازنتين ومتجهتين فى جهة
واحدة كان الضغط الحاصل من الرافعة على نقطة الارتكاز مساويا لمجموع
القوة والمقاومة

وثانيا متى كانت القوتان مؤثرتين فى جهتين متضادتين كان الضغط الحاصل
من الرافعة على نقطة الارتكاز مساويا لفاضل هاتين القوتين ومتجهها
الى جهة كبراهما

وعلى ذلك ففي الرافعة التي من النوع الاول (شكل ٥) يكون ضغط $\overline{ر}$ الحاصل على نقطة الارتكاز مساويا لمجموع القوة والمقاومة وفي الرافعة التي من النوع الثاني (شكل ٦) يكون هذا الضغط مساويا للمقاومة ناقصا القوة ومتجهها الى جهة المقاومة وفي الرافعة التي من النوع الثالث (شكل ٧) يكون مساويا للقوة ناقصا المقاومة ومتجهها الى جهة القوة فاذا لم تكن قوتنا $\overline{ب ح}$ و $\overline{ش ر}$ متوازيتين لزم أن نمد اتجاهيهما حتى يتقاطعا في نقطة $\overline{د}$ (شكل ١٤) ثم نرسم على مستقيبي $\overline{ب د}$ و $\overline{د ث}$ متوازي الاضلاع لقوتي $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ وهو $\overline{أ د ث}$ فيكون $\overline{أ د}$ اولاً وتر هذا الشكل ماراً بنقطة الارتكاز وهي $\overline{أ}$ وثانياً يكون هذا الوتر دالاً مقداراً واتجاهاً على الضغط الحاصل على نقطة الارتكاز

(وليكن $\overline{أ د ث}$ هو متوازي الاضلاع الحادث من مد $\overline{أ}$ و $\overline{أ ث}$ الموازيين لخطي $\overline{ش ر}$ و $\overline{ب ح}$ بحيث ان مستقيبي $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ث}$ عمودان على مستقيبي $\overline{ب ح}$ و $\overline{ش ر}$ فان مثلثي $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ث}$ يكونان قائمي الزاوية وزيادة على ذلك يكون كل من زاوية $\overline{ب}$ من المثلث الاول وزاوية $\overline{ث}$ من المثلث الثاني مساويا لزاوية $\overline{ب د ث}$ فتكونان هما ايضاً متساويتين فاذن يكون مثلثا $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ث}$ متشابهين ومن ذلك يحدث هذا التناسب وهو

$$\overline{أ} : \overline{أ ب} :: \overline{أ ث} : \overline{أ}$$

لكن $\overline{أ ث} = \overline{د ب}$ و $\overline{أ ب} = \overline{د ث}$ فيحدث من متوازي الاضلاع للقوى هذا التناسب وهو

$$\overline{ح} : \overline{ر} :: \overline{د ر} : \overline{د ث}$$

$$\overline{ح} : \overline{ر} :: \overline{أ ث} : \overline{أ ب}$$

$$\overline{ح} \times \overline{أ ب} = \overline{ر} \times \overline{أ ث}$$

وحيث أن تكون نقطة $\overline{أ}$ المأخوذة في النقطة التي يتقاطع فيها وتر متوازي

الاضلاع للقوى مع رافعة **ب ا ث** هي في الحقيقة نقطة الارتكاز وفائدة ذلك اظهار الاتحاد بين امرين متباينين

فاذا كان هنالك عددا من القوى مثل **ح و خ و ر و ض و ط** (شكل ١٥) الواقعة على رافعة **ث ب ا د ه ف** ونزلنا عمدة

ا ح و ا خ و ا ر الخ على اتجاه كل من هذه القوى ثم اخذنا أولا لمقادير القوى التي تدير الرافعة في جهة مجموع حواصل ضرب كل قوة في ذراع رافعتها وثانيا مجموع الحواصل المقابلة لمقادير سائر القوى التي تكاد تدير الرافعة في جهة مضادة للمتقدمة **ك** كان التوازن حاصلًا اذا كان هذان المجموعان متساويين وحينئذ يعلم شرط التوازن من هذا التساوي وهو

$$ح \times ا ح + خ \times ا خ = ر \times ا ر + ض \times ض ضه الخ$$
 وحيث انهينا الكلام تفصيلا على ما يتعلق بنظري الرافعة حق أن نتكلم على ما يتعلق بذلك من الاحوال الخصوصية الاصلية وعملياتها فنقول

(بيان الرافعة التي من النوع الاول) *

الرافعة البسيطة المنتظمة هي ما كان ذراعاها متساويين والتوازن فيها مستلزما لتساوي القوة والمقاومة ايضا ومن هذا النوع الميزان فهو كما في شكل ١٦ كناية عن رافعة ذراعاها وهما **ا ب و ا ث** متساويان وتعرف بقب الميزان ونقطة ارتكازها وهي **ا** محمولة على لسان **ل م د** وعلى هذا اللسان محور **د ا د** الافقي الذي يمكن أن يدور حوله قب الميزان وفي كلتا نهائتي هذا القب كفتان مستديرتان (شكل ١٦) او مربعتان (شكل ١٧) مربوطتان بسلاسل او خيوط ولا بد أن يكون ثقل الكفتين واحدا وأن تكونا متشابهتين وابعادهما واحدة وخيوطهما متساوية ومحور ثقلهما مازا بمركز ثقلهما وأن يكون الوضع الاصلى لتوازنهما هو الوضع

الذي يكون فيه هذا المحور رأسيا بحيث اذا وضع في مركز تماثل الكفتين شيء يراد وزنه تكون هاتان الكفتان باقيتين على وضعهما الاصلى ولا يكون الشيء الموزون عرضة للسقوط بسبب ميل احدى الكفتين من جهة اكبر من الاخرى فيوضع في احدى الكفتين ثقل $\overline{ح}$ الذي هو كناية عن قوة $\overline{ح}$ وفي الثانية الشيء المطلوب وزنه الذي هو كناية عن مقاومة $\overline{ر}$ حتى كانت هاتان القوتان متساويتين وكان قب الميزان افقيا فان شرط التوازن يكون

$$\overline{ح} \times \overline{أب} = \overline{ر} \times \overline{أث}$$

فاذا لم يكن $\overline{أب}$ مساويا $\overline{أث}$ بل كان اصغر منه لزم أن تكون $\overline{ح}$ اكبر من $\overline{ر}$ ليكون الحاصلان باقيين على تساويهما فعلى ذلك اذا كان ذراعا الميزان غير متساويين ووضعت الصنجة في جهة اصغرهما فانه يوازنها من البضاعة ما يكون دونها في الثقل وهذا ما يسلكه اهل الغش المخسرون في موازينهم الفاسدة فاذا اردت اظهار غشهم فضع الصنجة موضع البضاعة الموزونة وهي موضع الصنجة فحيث ان القوة الصغيرة في نهاية الذراع الصغير من الرافعة يتعدم التوازن بين الصنجة والموزون

وقد استعملوا في كثير من الفنون والتجارب التي عملها الكيماويون والطبيعيون والمهندسون كيفية لا تتعلق بضبط الميزان في شيء حيث يضعون في احدى الكفتين جسم $\overline{ر}$ الذي يراد وزنه وفي الكفة صنج $\overline{ح}$ التي توازنه ثم يرفعون ذلك الجسم ويضعون بدله اثقالا جديدة تجمع حتى توازن الصنج المذكورة بجسم $\overline{ر}$ فهذه الاثقال الجديدة تدل ضرورة بمجموعها على ثقل جسم $\overline{ر}$ مع الضبط

ولاجل اختبار ما يتعلق بالميزان اختبارا تاما يلزم اعتبار ثقل الكفتين وقب الميزان ولا بد من وجود التوازن من مبداء الامر قبل وضع اى ثقل في الكفتين ولا بد ايضا أن يكون ذراعا الرافعة متحدين في الثقل والطول وأن يكون مركزا ثقلهما على بعد واحد من المستقيم الرأسى الممتد من نقطة الارتكاز او من محور قب الميزان

فإذا كان أب و أث ذراعى الميزان و غ و ش مركزى ثقلهما
يلزم أن يكون س الذى هو ثقل ذراع أب المحصور فى غ متوازنا
مع ص الذى هو ثقل ذراع أث المحصور فى ش فاذن يكون
$$س \times ا غ = ص \times ا ش$$

وإذا كان غ و ش ونقطة الارتكاز وهى أ على مستقيم واحد
كان التوازن حاصلًا دائمًا على أى حالة كان ميل الرافعة وفى هذه الصورة
لا يأخذ الميزان وضعًا مخصوصًا إلا إذا وضع فيه اثنان اجنبية وبالجمله قاذى
زيادة فى الثقل تجذب احد ذراعى الميزان الى اسفل ويحصل من ذلك تحرك
غير محدود

وينبغى مزيدًا للاهتمام بجعل مركزى غ و ش اخفض قليلًا من نقطة
الارتكاز (شكل ١٨) لكن بشرط أن يكونا فى ارتفاع واحد اذا كان
ذراع أب و أث اقصين فاذا اختلف التوازن - يئنذ قليلًا بهبوط
أب مثلاً (شكل ١٩) ورفع أث فان مستقيم أش يقرب
من الافقى بخلاف ا غ فانه يبعد عنه اكثر من بعده وهو فى وضعه الاول
فاذن اذا مددنا مستقيمى س غ غ و ص ش ش الرأسيين من
مركزى غ و ش ثم مددنا ايضا خط غ اش الافقى كان اش
بالضرورة اكبر من ا غ لكن يكون فى هذا الوضع $س \times ا غ$ هو مقدار
س و $ص \times ا ش$ هو مقدار ص = س فاذن يكبر مقدار
اليمن وبذلك يأخذ ذراع أث فى الهبوط حتى يصير وضع رافعة
أث اقصيا وحيث ان هذا الذراع هبط بمرعة معلومة بسبب ما اكتسبه
من التحرك عند وصوله الى الوضع الافقى فان هذا التحرك يكون مستمرًا ويكون
أث نازلًا تحت الافقى بخلاف أب فانه يرتفع فوقه فيحصل بذلك
ارتجاج يصير مستمرًا متى كان لا يحدث من الاحتكاك او مقاومة الهواء ما يمنع

هذا الاستمرار الا أن تأثيرها تين المقاومتين يوقف الموازين المضبوطة ضبطا تاما بعد عدة رجات طويلة المسافة او قصيرتها لكنها تكون محدودة دائما وليكن \bar{O} (شكل ١٨ و ١٩) مركز ثقل قب الميزان فاذا كان التوازن مختلا قليلا فان ثقل $\bar{S} + \bar{ص}$ يأخذ في توصيل \bar{O} الى المستقيم الرأسى بواسطة قوة $= (\bar{S} + \bar{ص})$ مضروبة في قوس $\bar{م}$ و الذى يقطعه مركز \bar{O} من ابتداء مستقيم $\bar{أم}$ الرأسى وهو قوس مناسب لبعده $\bar{او}$ بالنسبة الى زاوية واحدة

واذا اردت أن تعرف عند عمل الميزان هل مركز ثقل القب قريب او بعيد عن نقطة الارتكاز وهى $\bar{آ}$ لزم أن تعد في زمن معلوم رجات هذا القب فان كانت بطيئة جدا وصعبة الحصول $\bar{ك}$ كان المركز قريبا جدا من نقطة الارتكاز وان كانت سريعة جدا كان الامر بالعكس فيلزم تقرب المركز من نقطة الارتكاز بأن نرفع او نخفض مركز ثقل قب الميزان وذلك بحذف شئ من جزئه الاسفل او اضافة شئ اليه

وقب الميزان هو بندول مركب تعلم سرعة رجاته ومدتها بالحسابات المذكورة في الدرس السابق متى تعين مقدار ان يرسى الميزان ووضع مركزه وهو $\bar{و}$

و ثم طريقة سهلة يعرف بها صحة وضع قب الميزان وهى أن تأخذ لسان $\bar{أم}$ المثبت في القب تثبيتا جيدا (شكل ١٦ و ١٧) وتجعله عمودا على رافعة $\bar{ب آ ث}$ فتكون جملة $\bar{أم}$ المسكة من نقطة $\bar{م}$ عند رفع الميزان في وضع رأسى ومتى كان $\bar{ب آ ث}$ اقويا كان اللسان العمودى عليه رأسيا وحينئذ يكفي لصحة الميزان أن يكون اللسان غير مائل الى جهة اليمين ولا الى جهة الشمال عند خلقو كفى الميزان او عند وضع الصنج في احدهما والشئ المراد وزنه فى الاخرى

هذا ومقتضى ما ذكرناه من التفصيل أن الآلات البسيطة لا يمكن أن تبلغ فى الصناعة درجة كمال مالم تتعين القوانين الميكانيكية اللازمة لاجزائها المتنوعة لكي تكون تامة الضبط

والقبان كالميزان فهو رافعة من النوع الاول تستعمل لايقاع التوازن بين ثقل ايا كان وقوة صغيرة تعرف بالرمانة

فتفرض رافعة مستقيمة كرافعة **ب ا ث** يكون ذراعها الصغير وهو **ا ث** مأخوذا وحدة قياس وذراعها الكبير مقسوما الى عدد ما من الوحدة فبحسب وضع الرمانة المرموز اليها بحرف **ح** في نقط التقسيم وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ تكون هذه الرمانة موازنة للثقل المرموز اليه بحرف **ر** فيكون مساويا لثقلها مرة واحدة او ٢ او ٣ او ٤ الخ

فاذا قسمنا كل جزء من اجزاء الذراع المذكور وهو **ا ب** المقسوم سابقا الى اجزاء مساوية للذراع الصغير وهو **ا ث** تقسيما ثانويا بأن نقسم كل جزء من تلك الاجزاء الى عشرة اجزاء متساوية مثلافان كالا من هذه الاجزاء الثانوية يدل في حاصل **ا ب** \times **ح** على عشر حاصل **ا ث** \times **ح** وذلك يستلزم لاجل حصول التوازن أن نزيد ثقل **ر** زيادة تساوي عشر **ح** وكل تقسيم ثانوي مساو لجزء من مائة من **ا ث** يدل ايضا في حاصل **ح** \times **ا ب** = **ا ث** \times **ر** على جزء من مائة من **ح** \times **ا ث** فعلى ذلك اذا قسمنا ذراع **ا ب** الى آحاد وعشرات ومآت ونحو ذلك قسمة مضبوطة امكن تعيين مرات احتواء ثقل **ر** مثلا على ثقل كثقل **ح** وتعيين اعشار هذا الثقل المأخوذ وحدة وكذلك عشر هذا الثقل وواحد من مائة منه وهلم جرا

وما ذكرناه في درجات الميزان يمكن اجراء بعضه في القبان فيلزم أولا أن تكون نقطتا الوقوع وهما **ب** و **ث** موجودتين على مستقيم واحد مع نقطة الارتكاز وهي **ا** وثانيا أن مركز ثقل القبان يكون اخفض قليلا من نقطة **ا** ويكون على خط رأسي مع هذه النقطة اذا كان خط **ا ث** اقويا

فاذا اقتضى الحال الوقوف على ضبط الوزن بالقبان كان التعويل في ذلك على تكرير الوزن بمعنى انه بعد حصول التوازن بين الجسم والرمانة وتعيين النقطة التي حصل فيها التوازن نضع محله صنجا بقدر الارطال المعينة بالقبان

فان حصل التوازن كانت الآلة مضبوطة والافلا وبالجملة فهما كان خلل الآلة المستعملة فان الصنج التي توضع محل الجسم المراد وزنه تقوم مقام زنته حين تتوازن مع الرمانة والفرق الحاصل بين ارطال الصنج والارطال المعينة بالقبان هو خلل تلك الآلة ولا ينبغي أن استعمل هذه الطريقة يسهل به في كثير من الصور ما صعب من العمليات الثابتة بالتجارب والبراهين ونحو ذلك من اليقينيات

ثم ان القبان من الروافع التي من النوع الاول حيث تتوازن فيه مقاومة ايا كانت مع قوة اصغر منها وليست هذه الروافع مقصورة على تحصيل التوازن بل تستعمل ايضا في تحصيل التحركات

وذلك كدفة السفن صغيرة كانت او كبيرة فهي مما نحن بصدده فلنفرض رافعة كرافعة **ث اب** (شكل ٢١) الثابتة من نقطة **ا** على مؤخر

السفينة يكون احد ذراعيها وهو **اب** منغمسا في الماء والثاني وهو **اث** ممسكا من نقطة **ث** بيد الرئيس او غيره او بالآلة ميكانيكية حيث ما اتفق

فاذا كانت السفينة سائرة وكانت دفة **ث اب** موجودة في اتجاه السير فانه لا يعرض لها مقاومة من الماء بخلاف ما اذا دفع الرئيس يد الدفة التي هي

اث الى نقطة **ث** مثلا فانه يعرض لجزء الدفة وهو **ا** مقاومة **س** التي تزداد بازدياد زاوية **ب ا** وتخل قوة **س** المائلة الى قوتين

احدهما قوة **ص** التي في جهة **ا** ولا تأثير لها الاشد الدفة من جهة طولها لتخلعها من رزاتها والثانية قوة **س** العمودية على **اث** التي

تدفع الدفة الى جهة مضادة للسير ويجب ما سبق في الدرس الخامس يكون لقوة **س** تأثيره تدور السفينة ويكون مقداره مساويا **س** × **ع غ**

بفرض أن **ع غ** هو بعد مركز ثقل السفينة وهو **ع غ** عن اتجاه **س** ونجعل **ح** رمزا الى قوة الرئيس الواقعة على نقطة **ث** ونجعل **د**

رمزا الى مركز وقوع **س** فيحدث لاجل توازن الدفة **ح** × **ا ب** = **س** × **ا د**

* (بيان الرافعة التي من النوع الثاني) *

قد سبق أن المقاومة في الرافعة التي من هذا النوع تكون موجودة بين القوة ونقطة الارتكاز فلا تستعمل هذه الرافعة الا في الاحوال التي تكون فيها القوة اصغر من المقاومة

ومن هذه الروافع المدارى والمجاذيف المستعملة لسير السفن الى الامام فتكون القوة واقعة على نقطة $\overline{ن}$ (شكل ٢١) التي هي مقبض المدرة المرموز اليها برمز $\overline{ن و م}$ وشادة للمقبض المذكور من مؤخر السفينة الى مقدمها وتكون نقطة الارتكاز وهي $\overline{م}$ موجودة في الطرف الاخر من المدرة وتكون المقاومة حاصلة من السفينة في $\overline{و}$ التي هي نقطة من نقط حافة السفينة اما بواسطة ثقب في هذه الحافة او مسمار رأسي يعرف بالخرطوم ومن البديهي انه اذا عين مركز مقاومة جزء المدرة المنغمس في الماء كانت القوة مضروبة في بعد هذا المركز عن مقبض المدرة مساوية للمقاومة مضروبة في بعد المركز المذكور عن النقطة التي تكون فيها المدرة مستندة على حافة السفينة لان هذا المركز معتبر كنقطة الارتكاز

ويلزم تصوير الذراع الصغير بثقل ما حتى تكون الرافعة متوازنة تقريبا على نقطة $\overline{و}$ التي نقلت هي اليها بواسطة السفينة وذلك لتلايزداد الشغل على الملاح بالالتكاء على هذا الذراع لاجل موازنة الذراع الكبير

* (بيان الرافعة التي من النوع الثالث) *

حيث ان القوة في هذه الرافعة موجودة بين نقطة الارتكاز والمقاومة فانها بالضرورة تكون اكبر من المقاومة فلا تستعمل هذه الرافعة الا في الاحوال التي تكون فيها القوة اكبر من المقاومة

ومن هذه الروافع الريشة وفرشة الرسم وقلم الجدول فيلزم أن يكون سن الريشة وقلم الجدول سريع الحركة لصغر المقاومة التي تعرض له على الورق ومن هنا يعلم الملائم لامسال هذه الآلات

فتكون \bar{A} التي هي نقطة ارتكاز ريشة \bar{AB} (شكل ٢٢) موجودة على العقدة الاولى من السبابة فتكون المقاومة حينئذ في نقطة \bar{B} من الورق الذي تحصل فيه الكتابة التي هي تأثير الرافعة وتكون القوة مقسومة بين الابهام والسبابة والوسطى الى \bar{M} و \bar{K} و \bar{O} فاذا قلبت اليد (شكل ٢٣) لتنظر سن الريشة ابصرت \bar{M} و \bar{K} و \bar{O} التي هي نقط وقوع الاصابع المذكورة وكلما ازدادت قوة الاعصاب الواقعة على \bar{M} و \bar{K} او \bar{O} لتنقص في النقطتين الاخرين منها كانت الريشة مدفوعة الى جهات متنوعة تلامي رسم سائر انواع الحروف والصور

وفي عملية الكتابة شاهدين على التركيب الحقيقي للآلات البسيطة في الظاهر فانك ترى وقت الكتابة الاصبعين الاخيرين من اليد اليمنى مسنداً للريشة والساعد الايمن والذراع الايسر مسنداً للجسم بتمامه وكل ذراع مع يده يتركب من اثنتين وعشرين رافعة من النوع الاول وكل ساق مع رجله يتركب من ثلاث وعشرين رافعة من ذلك النوع

ثم ان ارباب التآليف الذين لا يرتضون استعمال الآلات المركبة في الفنون ويحترضون على تركها ويميلون الى الاصول الطبيعية يستعملون رافعة اصطناعية متحركة بثلاث قوى متحصلة من مجموع تسعين رافعة موجودة في النوع البشري من اصل الحلقة وهذه الروافع يدفعها او يجذبها بالتعاقب مائة وثمانون طائفة من الاوتار المعروفة بالاعصاب التي منها ما هو مربوط بنقطة الارتكاز من جهة الامام ومنها ما هو مربوط بها من جهة الخلف وحيث كانت كثرة الاوتار والروافع لا توجب اختلالاً ولا تعطيلاً في العمليات التي يباشرها الانسان باعضائه سهل علينا ان نثبت ان هذا التركيب العجيب يلزمه النباهة والاستعداد لاجراء عدة عمليات دقيقة ليست في وسع غيره من سائر الحيوانات التي هي دونه في الاعصاب والروافع بالنظر لتركيبها

وفي الفنون ما هو نظير هذه الامور الطبيعية كالروافع والاوراقان اذ رعة
الاشارات روافع متحركة بواسطة حبال كما أن اذ رعة الانسان تتحرك
بواسطة الاعصاب

فاذا اقتضى الحال تحصيل التوازن بين قوة صغيرة ومقاومة كبيرة لزم
بواسطة استعمال رافعة واحدة وضع نقطة الارتكاز قريبة جداً من نقطة
وقوع المقاومة وربما نشأ عن ذلك في كثير من الاحوال موانع قوية تمنع
من حصول المطلوب مع الصحة والضبط وقد يتدارك هذا الخلل باستعمال
عدة روافع كالتي في شكل ٢٤ وحيث ان قوة ح واقعة على طرف الذراع
الاكبر من رافعة ب ا ث فان طرف الذراع الاكبر وهو ر من
رافعة ثانية كرافعة ش د ه يكون موضوعاً على نقطة ث التي هي
طرف الذراع الاصغر وهو ل من الرافعة الاولى وقس على ذلك رافعة ثالثة
كرافعة ه غ ش وهكذا

ولتكن س و س و س الخ هي المقاومات الحاصلة على
ث و ه و ش التي هي تقاطع الروافع المتواليه ولتكن
ل و ل و ل الخ هي الاذ رعة الكبرى من تلك الروافع و ل و ل
و ل الخ هي اذ رعتها الصغرى فيحصل معنا شرط التوازن وهو في الرافعة

$$\text{الاولى} \quad \frac{\text{ح} \times \text{ل}}{\text{س} \times \text{ل}} = \frac{\text{س} \times \text{ل}}{\text{ل} \times \text{ل}}$$

$$\text{وفي الثانية} \quad \frac{\text{س} \times \text{ل}}{\text{س} \times \text{ل}} = \frac{\text{س} \times \text{ل}}{\text{ل} \times \text{ل}}$$

$$\text{وفي الثالثة} \quad \frac{\text{س} \times \text{ل}}{\text{س} \times \text{ل}} = \frac{\text{س} \times \text{ل}}{\text{ل} \times \text{ل}}$$

فاذا ضربنا أولاً الحدود الاول من هذه المعادلات في بعضها ثم الحدود
الثواني كذلك وطرحنا من الحاصلين الكميات المشتركة وهي س و س
و س الخ فيث ان ر هي القوة الاخيرة اي المقاومة يكون شرط

التوازن على وجه الاختصار هو

$$\overline{ح} \times \overline{ل} \times \overline{ل} \times \overline{ن} \times \overline{الخ} = \overline{ر} \times \overline{ل} \times \overline{ل} \times \overline{ل} \times \overline{الخ}$$

اعني أن القوة مضروبة في الاذرع الكبري من الرافعة تساوي المقاومة مضروبة في الاذرع الصغرى منها

ولنفرض مثلاً أن الذراع الاكبر من الروافع يساوي الذراع الاصغر عشر مرات فاذا اخذنا بالتوالي رافعة واحدة او ٢ او ٣ او ٤ الخ ظهر أن المقاومة مساوية للقوة مضروبة في ١٠ او ١٠٠ او ١٠٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ وعلى ذلك فيمكن في حصول التوازن بين قوة ومقاومة اكبر منها عشرة الاف مرة اربع روافع تكون فيها نقطة الارتكاز اقرب الى المقاومة من القوة عشر مرات فقط

وفي انكثرة يستعملون عدة روافع كالمتقدمة في (شكل ٢٤) في قياس قوة القنن المتخذة من الحديد

وتستعمل ايضا الروافع المتقدمة استعمالا بديعا في اثبات ما يكون للقضبان المعدنية من الامتداد عند تعرضها للحرارة وهذا الامتداد الدقيق جدا الذي لا يدركه النظر يلزم ضربه في عشرة آلاف مع الروافع الاربع المذكورة اذا كان الذراع الاكبر من الرافعة الاخيرة عقرب ميذا لانه يكون حينئذ سريع الحركة فيمكن اذن بواسطة تقسيم القوس الذي يقطعه هذا العقرب الحكم على ما يكون للقضيب المعدني من الامتداد وبهذه الكيفية يمكن أن نعين مع الضبط نسب امتداد الحديد والصلب والنحاس وهي نسب يستفيد منها الساعاتية وتعود عليهم بالمنفعة .

(راجع بندا ولات التعديل المتقدمة في الدرس السابع)

(الدرس التاسع)

(في بيان البكرات والملفات)

البكرة من حيث هي (شكل ١) تتركب من ثلاثة اجزاء احدها قرص مستدير

محيطه ثلم ميزابى عميق من سائر جهاته لاجل ادخال الحبل وثانيها محور يدور عليه القرص وثالثها حالة فحالة أ ب ش د مثلهى جسم يوجد به ثقب م ن الذى يدور فيه القرص وفيه ثقب آخر وهو ط مستدير عمودى على م ن المذكور معد لدخول محور البكرة فيه

وفي البكرة الثابتة (شكل ٢) تكون الحالة ثابتة ومربوطة بنقطة ثابتة فرضا او تحقيقا كنقطة س وكذلك يلزم أن يكون المحور ثابتا والافلابد من أن يكون بعده عن نقطة س لا يتغير وأن تكون قوة ح مؤثرة في احد طرفي ح ا م ب خ ومقاومة خ ثابتة في الطرف الآخر منه فاذا اثرث القوة في المقاومة فانها تشد الحبل حتى يظهر منه جزآن مستقيمان ب خ و أ ح احدهما وهو أ ح واصل من البكرة الى القوة والاخر من البكرة الى المقاومة ويظهر منه ايضا جزء على صورة منحنى أ م ب يلتف على محيط حلق البكرة وهو اقصر خط يمكن رسمه بين نقطتي أ و ب على سطح هذا الحلق وقد سبق ايضا حواص هذا السطح في الدرس الخامس عشر من الجزء الاول من هذا الكتاب

فاذا كانت قوتا ح و خ في مستور رأسي كان هذا المستوى ايضا مستويا لمنحنى أ م ب ولا يمكن أن تكون هاتان القوتان متوازيتين بالنسبة لنقطة س الثابتة الا في صورة ما اذا كانت النقطة موجودة في مستوى القوة والمقاومة الرأسى

وكما ان البكرة الثابتة تستعمل في رفع الدلاء من الآبار وكذلك فيما يستخرج من المعادن تستعمل ايضا في تحصيل القوة والمقاومة ونقطة الارتكاز الموضوعة كلها في مستور رأسي واحد يتجه عليه طرف الحبل المرموز اليه برمز ب خ المربوط به المقاومة التى هى كناية عن ثقل معلق بحبل ب خ براد رفعه

وفي الصورة المستثناة اذا لم يكن $\overline{أ ح}$ وهو اتجاه جزء الحبل المربوط فيه القوة رأسياً يكون ذلك الحبل على صورة منحني يعرف بالسلسلة كما تقدم وقد سبق ايضاح خواصها في الدرس السادس من هذا الجزء

وحيث ان الحبل فيما عدا هذه الصورة يكون ملفوقاً على حلق البكرة فلا بد أن تكون شروط توازن هذا الحبل هي عين الشروط المذكورة في الدرس الرابع المعقود لتوازن الحبل المنثني على السطح والمشدود من طرفيه بالقوى فعلى ذلك

يكون الشد الحاصل للحبل المذكور في جميع نقطه وهي $\overline{أ}$ و $\overline{م}$ و $\overline{ب}$ التي على محيط البكرة باقياً على حالة واحدة فاذا كانت القوة بحيث تخذ واقعة على نقطة $\overline{أ}$ مباشرة والمقاومة واقعة على نقطة $\overline{ب}$ مباشرة ايضاً لزم أن تكون هاتان القوتان متساويتين مهما كان اتجاههما

فاذا لم تكن القوتان المذكورتان واقعيتين مباشرة على هاتين النقطتين بل كانتا واقعيتين على بعد واحد من بعضهما وقطعنا النظر عن ثقل الحبل لزم أن تكونا متساويتين ايضاً بخلاف ما اذا لم تقطع النظر عنه بل اضفناه من جهة الى القوة ومن اخرى الى المقاومة فيلزم أن يكون المجموعان متساويين ليكون التوازن حاصلًا حول محور البكرة

وهذا مما لا بد منه في رفع الاحمال الى ارتفاعات عظيمة وكلما ازداد تأثير القوة هبطت مع الحبل الذي تشده ولاكتسبت من ثقله جزءاً مساوياً بالضبط للجزء المطروح من جهة المقاومة وبناء على ذلك اذا كبرت القوة فانها تحدث للمقاومة تحركاً الى اعلى يعظم شيئاً فشيئاً حتى يكون خطراً

ولا جل فحصيل فاضل واحد بين القوة والمقاومة نستعمل سلسلة تعديل

كسلسلة $\overline{خ ن و}$ المربوط بها حمل $\overline{خ}$ المطلوب رفعه رأسياً ولنفرض أن هذه السلسلة والحبل المربوط به القوة والمقاومة متساويان في الطول الا أن السلسلة تكون ضعفه في الثقل فاذا شدت قوة $\overline{ح}$ الحبل

حتى نقلته الى ح فان جزء اب يزاد بقدر ح ح وجزء ب خ
 ينقص بقدر خ خ وذلك ناشئ عن عدم نقصان شئ من مقاومة خ
 وعن اكتساب قوة ح ضعف ثقل جزء حبل ح ح وحيث ان مقاومة
خ المذكورة ارتفعت بقدر خ خ = ح ح فان جزء سلسلة التعديل
 وهو ن ن الموضوع على سطح افق يرتفع ويصير رأسيا ويثقل من
 جهة المقاومة لكن حيث كان ن ن مساويا في الطول لكل من
ح ح و خ خ كان ضعف كل منهما في الثقل فاذن تكتسب قوة ح
 من جهة ضعف ثقل ح ح وتكتسب مقاومة خ من جهة اخرى
 ضعف هذا الثقل وبناء على ذلك يكون دائما بين القوة والمقاومة فاضل واحد
 وذلك نتيجة مهمة في كثير من الصور

فاذا كان حبل ا ح و ب خ (شكل ٢) متوازيين كانت محصلة
 قوتى ح و خ المتساويتين موازية لاتجاهى ا ح و ب خ
 ومارة بمحور القرص واذا لم تكن قوتنا ح و خ المذكورتان
 (شكل ٤) متوازيتين لزم أن تكون محصلتهما مارة دائما بمحور القرص
 وهو ث وبنقطة التعليق وهى س ولا يمنع ذلك من بقاء هاتين القوتين
 على التساوى واذا مددنا اتجاهى ا ح و ب خ حتى تقاطعا في نقطة
د لزم أن تكون نقط ث و س و د الثلاثة على مستقيم واحد
 ويحدث من هذا المستقيم مع ا ح و ب خ اللذين هما اتجاهها القوة
 والمقاومة زاوية واحدة

وإذا اريد معرفة الضغط الحاصل من قوتي ح و خ على ث الذي هو محور القرص فالتانعين محصلة دش من متوازي الاضلاع وهو دهش ف الذي يدل ضلعا على المتساويان وهما ده و د على القوة والمقاومة وذلك أن وتر دش هو محصلة القوتين المتجهتين

على دس ث اعني الضغط الحاصل على محور القرص وبإضافة هذا الضغط الى ثقل البكرة ينشأ الجهد الكلي الواقع على نقطة الارتكاز وهي س

وحيث كانت القوة في البكرة الثابتة مساوية دائما للمقاومة كان لا يمكن استعمال هذه الآلة الا في تحويل قوة من اتجاه الى آخر بدون أن يتغير مقدارها ولذا كانت البكرات المستعملة في ذلك تسمى باسم يلايمها وهو بكرات الرد لان الغرض منها ليس الاراد القوة من اتجاه الى آخر

فاذا لم تكن قوتنا ح و خ متساويتين فان صغراهما تقدم من كبراهما جزأ بقدرها ويحرك حينئذ قرص البكرة في جهة كبراهما بفاضل القوتين غير أن الضغط الحاصل من القرص او المحور على الجملة يكون مساويا لمحصلة قوتين مفروض مساواة كل منهما للقوة الصغرى وعلى ذلك فيمكن أن يكون تحرك البكرة بطيئا جدا وان كان الضغط الحاصل على المحور عظيما جدا ويمكن في ذلك أن تكون القوة والمقاومة كبيرتين جدا لكن يكون بينهما اختلاف قليل وهذه هي قاعدة الآلة التي اخترعها المهندس الوود لينبت بالتجربة قوانين سقوط الاجسام التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني من هذا الجزء

ولتد نصف قطر ثأ و ثب (شكل ٤) عمودين على اتجاهي

ا ح و ب خ فيكون مستقيم اب عمودا على ثش د

الذى يقسم زاوية $\overline{اثب}$ الى جزئين متساويين فاذن تكون اضلاع
مثلثي $\overline{دهش}$ و $\overline{اثب}$ متقابلة وعمودية على بعضها ومن ذلك
يحدث هذا التناسب وهو

$\overline{ح} = \overline{خ} : \overline{ر} :: \overline{ده} = \overline{دف} : \overline{دش} :: \overline{اث} = \overline{ثب} : \overline{اب}$
وبناء على ذلك تكون في البكرة الثابتة نسبة القوة المساوية للمقاومة الى
ضغط $\overline{ر}$ الحاصل على نقطة الارتكاز كنسبة نصف قطر القرص الى وتر
 $\overline{اب}$ الحاصر لقوس $\overline{اب}$ المحاط بجزء من الحبل الملقوف على القرص

(بيان البكر المتحرك)

اذا ابدلنا في البكر الثابت (شكل ٢ و ٤) النقطة الثابتة بقوة $\overline{ر}$
المساوية للجهد الحادث على هذه النقطة من تأثير $\overline{ح}$ و $\overline{خ}$ كان التوازن
باقيا على حاله بين القوى الثلاثة وهي $\overline{ح}$ و $\overline{خ}$ و $\overline{ر}$ وانما يتغير البكر
الثابت بالبكر المتحرك (شكل ٣ و ٥) فيحدث اذن في البكر المتحرك
من قوتي $\overline{ح}$ و $\overline{خ}$ الواقعتين على طرفي الحبل المار بالقرص ومن قوة
 $\overline{ر}$ الواقعة على الجملة هذان التناسبان وهما

$$\overline{ح} = \overline{خ} : \overline{ر} :: \overline{ده} = \overline{دف} : \overline{دش}$$

$$\text{و } \overline{ح} = \overline{خ} : \overline{ر} :: \overline{ثا} = \overline{ثب} : \overline{اب}$$

وتبدل في العادة احدى قوتي $\overline{ح} = \overline{خ}$ بنقطة ثابتة كنقطة $\overline{خ}$ فتكفي
حينئذ قوة $\overline{ح}$ في موازنة مقاومة $\overline{ر}$ وقد يعبر عن التناسب الاخير بهذه العبارة
فيقال

ان نسبة القوة الى المقاومة في البكر المتحرك كنسبة نصف قطر القرص الى

الوتر الحاصر لقوس \overline{AB} المحاط بجزء من الحبل الملقوف على القرص ولهذه النسبة فائدة وهي أنه بموجبها يستغنى عن تركيب متوازي الاضلاع للقوى لأنها تتعلق باصول هندسية مستعملة كثيرا ومعلومة الحساب في جداول مطبوعة تعرف باسم الجداول اللوغاريتمية والجيبية

ومنى كانت قوتا \overline{H} و \overline{X} متجهتين بالتوازي (شكل ٣) لزم أن تكون مقاومة \overline{R} متجهة مثلها وزيادة على ذلك تكون مساوية لمجموعهما وهو $\overline{H} + \overline{X}$ وهذا هو اعظم تأثير يمكن حصوله من هاتين القوتين بواسطة البكرة المتحركة لاجل شد الجمالة

وكما كانت الزاوية الحادثة من اتجاهي \overline{H} و \overline{B} (شكل ٥) منفرجة نقص وتر \overline{D} ولزم أن تكون مقاومة \overline{R} صغيرة اذا كانت قوة $\overline{H} = \overline{X}$ محدودة ولزم ايضا أن تكون قوة \overline{H} كبيرة اذا كانت \overline{R} محدودة

وقد سبق أنه يلزم عوضا عن استعمال قوتي \overline{H} و \overline{X} للتوازن مع قوة ثالثة كقوة \overline{R} (شكل ٣ و ٥) أن نربط غالبا احد حبلي \overline{H} او \overline{B} في نقطة ثابتة تكون متحملة للجهد الذي تحمله قوة \overline{X} التي يمكن توفيرها

مثلا في صورة ما اذا كان الحبلان متوازيين (شكل ٣) تكون قوتا \overline{H} و \overline{X} متساويتين فيكفي في حصول التوازن بين قوة $\overline{R} = \overline{H}$

$\overline{H} + \overline{X} = 2\overline{H}$ أن نستعمل قوة \overline{H} وحدها فيتوفر حيثئذ النصف من استعمال القوة في تحصيل التوازن وهذا كما رأيت في تحصيل

التوازن دون تحصيل التحرك لان تحصيل التحرك لا وفرفيه

ولنفرض حيثنذ في زمن معلوم أن نقطة $\overline{خ}$ تكون باقية على ثباتها وأن نقطة $\overline{ح}$ تسير بقدر كمية $\overline{ح}$ فينتقل قرص البكرة من $\overline{ام ب}$

الى $\overline{ام -}$ ولا يتغير طول الحبل ويلزم أن يكون $\overline{خ ب م ا ح}$

$= \overline{خ - م ا ح}$ فاذا طرحنا من الحبلين طول $\overline{ام ب}$ و $\overline{ام -}$ المتساويين وطول $\overline{خ -}$ و $\overline{ح ا}$ المشتركين بقي هذا التساوى وهو

$$\overline{ح ح} = \overline{ا ا} + \overline{ب -} = \overline{ا ث}$$

ولكن $\overline{ا ث}$ يساوى الكمية التى تتقدم بها $\overline{ر}$ الى $\overline{ث}$ فاذا لم تكن قوة $\overline{ح}$ الا نصف $\overline{ر}$ لزم أنها تقطع ضعف المسافة التى تقطعها $\overline{ر}$ وحينئذ اذا ضربنا كلاهما تين القوتين فى المسافة التى قطعتهما فى زمن معلوم كان الحاصل واحدا وهو

$$\overline{ح} \times \overline{ح ح} = \overline{ر} \times \overline{ر ر}$$

ثم ان مسافتى $\overline{ح ح}$ و $\overline{ر ر}$ الصغيرتين يدلان على سرعتين المنهتين لقوى $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ وما ذكرناه من التساوى يتضمن قاعدة تتعلق بالسرعة المنبهة وهى جارية فى سائر الآلات بسيطة كانت او مركبة وفى جميع ذلك ترى أنه اذا امكن بواسطة نقط الارتكاز حصول التوازن بين القوى الكبيرة والقوى الصغيرة عند وجود التحرك فان التعديل الحاصل بين القوى والمسافات المقطوعة يكون على وجه بحيث لا ترداد به كليات التحرك اصلا وفى الغالب تختلط البكرة الثابتة بالبكرة المتحركة كما نراه فى شكل ٦

وبهذه الكيفية تعلق المصاييح المعدة للتنوير

وحبل $\overline{ح ا - ح ا ب خ}$ يمر حول بكرة $\overline{ا ث}$ الثابتة ثم يمر حول

بكرة ا ب ث المتحركة التي يعلق بها ثقل ر ثم يربط في نقطة خ الثابتة

وليكن ح هو الشد والجهد الحاصل للحبل المشدود بقوة ح فلاجل أن يكون توازن البكر الثابت باقيا على حالة واحدة يلزم أن يكون ح = ح ثم لاجل بقاء توازن البكرة المتحركة على حالة واحدة يلزم عند مدوتر ا ب في القرص من نقطتي ا و ب اللتين يتقطع فيهما مس الحبل لهذا القرص تحصيل هذا التناسب وهو

$$\frac{ح}{ح} = \frac{ر}{ا ب} :: ا ث : ا ب$$

وهو شرط بسيط

فاذا فرضنا (شكل ٧) أن هناك عدة بكرات متحركة مختلطة ببعضها

كان أولا حبل البكرة الاولى وهو خ ا ب ح ث مربوطا في نقطة خ الثابتة وفي نقطة ث التي هي مركز البكرة الثانية وثانيا يكون حبل البكرة

الثانية وهو خ ا ب ح ث مربوطا في نقطة خ الثابتة وفي نقطة ث التي هي مركز البكرة الثالثة وهلم جرا

فاذا كانت ح و ح و ح الخ هي الشدود الحاصلة بين حبال ب ح و ب ح و ب ح الخ حدثت هذه المعادلات وهي

$$\frac{ا ب}{ا ث} = \frac{ر}{ح}$$

$$\frac{ا ب}{ا ث} = \frac{ح}{ح}$$

$$\frac{\text{أب}}{\text{أث}} = \frac{\text{ح}}{\text{خ}}$$

فأذن يكون

$$\frac{\text{أب} \times \text{أب} \times \text{أب} \times \text{أب} \times \text{أب}}{\text{أث} \times \text{أث} \times \text{أث} \times \text{أث} \times \text{أث}} = \frac{\text{ح} \times \text{ح} \times \text{ح} \times \text{ح} \times \text{ح}}{\text{خ} \times \text{خ} \times \text{خ} \times \text{خ} \times \text{خ}}$$

ولننبه على أنه إذا قسمنا $\overline{\text{ر}}$ على $\overline{\text{ح}}$ ثم ضربنا خارج القسمة في $\overline{\text{ح}}$ تحصل معنا عدد $\overline{\text{ر}}$ وإذا قسمنا هذا العدد على $\overline{\text{ح}}$ و $\overline{\text{ح}}$ ثم ضربناه في $\overline{\text{ح}}$ و $\overline{\text{ح}}$ تحصل معنا هذا العدد بعينه فأذن لا يبقى معنا إلا كون مقاومة $\overline{\text{ر}}$ المقسومة على القوة الأخيرة وهي $\overline{\text{ح}^2}$ تساوى حاصل ضرب سائر النسب في بعضها وهي

$$\frac{\text{أب}}{\text{أث}} \times \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \times \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \times \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \times \frac{\text{أب}}{\text{أث}}$$

وهذه الحسابات كما ترى مختصرة جداً فإذا كان وضع البكرات معلوماً كانت

$$\text{نسب } \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \text{ و } \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \text{ و } \frac{\text{أب}}{\text{أث}} \text{ الخ معلومة أيضاً ويمكن حينئذ أن نعين}$$

القوة التي لا بد منها في موازنة مقاومة معلومة والمقاومة التي لا بد منها في موازنة قوة معينة

ومتى كانت سائر القوى متوازية (شكل ٨) كانت حبال $\overline{\text{أب}}$

و $\overline{\text{أب}}$ و $\overline{\text{أب}}$ الخ اقطاراً لاقراص $\overline{\text{أث}}$ و $\overline{\text{أث}}$

و **أَبَثَّ** الخ فعلى ذلك تكون هذه الحبال ضعف انصاف اقطار

ا **ث** و **أَثَّ** و **أَثَّ** الخ فاذن تكون $\frac{ر}{ح} = ٢ \times ٢ \times ٢$ الخ

بمعنى ان عامل ٢ يتكرر بقدر ما يوجد من البكرات المتحركة

فاذا بحثنا في حالة التحرك عن نسبة المسافات التي قطعتها القوة والمقاومة وجدنا المسافة التي قطعتها مقاومة $\overline{ر}$ نصف المسافة التي قطعتها

قوة $\overline{ح}$ وهي على النصف من المسافة التي قطعتها قوة $\overline{ح}$ وهي ايضا على النصف من المسافة التي قطعتها قوة $\overline{ح}$ وهكذا وحينئذ تكون نسبة مسافتي

$\overline{هـ}$ و $\overline{هـ}$ اللتين قطعتهما قوة $\overline{ح}$ ومقاومة $\overline{ر}$ هي.

$$\frac{\overline{هـ}}{\overline{هـ}} = \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \text{ الخ}$$

وهذه الانصاف تتكرر بقدر ما يوجد من العوامل التي هي

$$\frac{ر}{ح} = ٢ \times ٢ \times ٢ \times ٢ \text{ الخ}$$

وهذه هي النسبة الحاصلة بين المقاومة والقوة ثم اذا ضربنا هذين المقدارين في بعضهما حدث

$$\frac{٥ \times ر}{٢ \times ح} = \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٢} \text{ الخ بقدر ما يوجد من البكرات المتحركة}$$

$$١ = \frac{١}{٢} \text{ ان } ١ \text{ يحدث حينئذ } \frac{٥ \times ر}{٢ \times ح} = ١$$

وذلك يقتضى أن مقاومة $\overline{ر}$ مضروبة في مسافة $\overline{هـ}$ التي قطعتها في زمن ما

تساوى قوة $\overline{ح ٢}$ مضروبة في مسافة $\overline{هـ}$ التي يلزم أن تقطعها في الزمن
المذكور عند عروض الاختلال للتوازن على حين غفلة لاجل تحريك الآلة
(وهذا من شواهد قاعدة السرعة المنبهة) ويستعمل غالبا في الفنون
البكرات التي لها حبال متوازية تقريبا وهي عدة أقراص ثابتة مثل ١ و ٢
و ٣ الخ (شكل ٩) و (شكل ١٠) موضوعة على جمالة ثابتة وعدة
أقراص متحركة مثل ١ و ٢ و ٣ موضوعة على جمالة متحركة
ومثل هذه الجمالات يعرف بالعيار أو البالنك

وحيث أن الحبل يمر بالتوالي على ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥
فاذا كانت حبال $\overline{ب}$ و $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ و $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ الخ
متوازية كان الشد الحادث لكل منها مساويا للمقاومة مقسومة على عدد
الحبال المذكورة وينبغي أن لا نعد آخر اثنتا عشرة حبل $\overline{ح}$ لانه
لما كان تأثيره مقصورا على البكرات الثابت كان لا يغير التوازن في شيء فاذا ن يمكن
إبدال $\overline{ح}$ بمساويتها وهي $\overline{ح}$ المتجهة على امتداد $\overline{ب}$ وحينئذ
يختفي حبل $\overline{ا ح}$

وبناء على ذلك ينبغي أن لا نعد من الحبال إلا ما كان مبدؤه البكرات المتحركة
مباشرة بمعنى أننا نعد لكل بكرة متحركة حبلين إذا كان مبدؤه الحبل الجمالة
الثابتة (شكل ٩) وحبل واحد إذا كان مبدؤه الجمالة المتحركة
(شكل ١٠) وهذه الحبال على العموم متوازية تقريبا وربما اعتبرت
في العمل متوازية بدون خطأ بين فاذا كان هناك عدد غير محدود من
البكرات المتحركة كعدد ∞ فإنه يحصل من الحبال $\overline{ح ٢}$ في الصورة الأولى
و $\overline{٢ ١}$ في الصورة الثانية وهذه الحبال تكون بالسوية حاملة

الاقراص متفرقة عن بعضها بفواصل ثابتة معتبرة كـ الجزء من الحالة
ولكل من النوعين المذكورين منافع ومضار ففي النوع الاول تكون
اقراص كل عيار في مستو واحد مع الحبل الذي يمر بالتوالي من عيار
الى آخر

وفي النوع الثاني يتغير مستوى هذا الحبل لاجل مروره من عيار الى آخر
بحيث ان جميع اجزائه الموجودة في احدى جهتي العيارين وان كانت متوازية
لا تكون موازية لجميع اجزائه الموجودة في الجهة الاخرى ولهذا الخلل
الناشئ عن التوازي مضرة هي ميل الاقراص بالنسبة لمحاورها وذلك
يؤدي الى تغير عينها وربما تغيرت المحاور ايضا بسبب زيادة الاحتكاك
ولا يكون هذا الضرر بينا متى كان العياران على بعد عظيم من بعضهما
بالنسبة لتباعد الاقراص عن بعضها على محور واحد بخلاف ما اذا قربا من
بعضهما فان الخلل الناشئ عن التوازي يزداد ويحدث عنه مقاومات غير
لائقة

وفي هذه الصورة تكون منفعة الاقراص الموضوعة على محور واحد دون
منفعة الاقراص الموضوعة في حالة واحدة على محاور مختلفة
ولكن الاقراص في الصورة الثانية تشغل من المجال اكثر مما تشغله في الصورة
الاولى فاذا كان المطلوب مثلاً رفع اجمال لزم لذلك آلة تكون فيها نقطة تعليق
العيارين مرتفعة عن المحل الذي يرتفع منه الحمل وهذا الار تفاع يكون
بالاقل قدر الطول الكلي للعيارين وربما عظم هذا الطول اذا كانت
كلتا الجمالتين محتوية على ثلاثة اقراص او اربعة وقد يعظم هذا الضرر
لا سيما اذا وصلنا الى اعلى طبقات المنزل وكان المطلوب رفع الاجار اليها * وعلى
الميكانيكي أن يختار من النوعين ما تقتضيه الاحوال
فاذا كان الغرض من العيارات التوصل بها الى ظهور مقاومة كبيرة على
قوة صغيرة وغلبتها لها لزم أن يكون لها حبال كبيرة فبذلك تقطع القوة
مسافة كبيرة حتى تقطع المقاومة مسافة صغيرة وهذا هو التعديل العام الذي
هو كناية عن قاعدة تستنبط من تحريك سائر الآلات

* (بيان التثاقل في البكرات) *

إذا اعتبرنا البكرات اجساماً ثقيلة وأريد تحصيل مقدار الجهد الواقع على نقطة

خ الثابتة (شكل ٥) المتعلق بها البكرة المفروض تحركها في الفراغ

بلا معارض فإنه يلزم اخذ المحصلة العمومية لقوة ح ومقاومة ر

وثقل جبل ح اب خ والبكرة بتمامها فإذا كانت م هي ثقل البكرة

بتمامها و ك ثقل الجبل حدث اربع قوى وهي م و ك و ح و خ

تكون محصلتها مساوية ومضادة لمقاومة ر لاجل حصول التوازن

ثم إذا لاحظنا ما يترحول ث الذي هو محور البكرة وجدنا هذا المحور

يتحمل أولاً جهد ح و خ وثانياً ثقل قرص البكرة وثالثاً ثقل

جبل ح ا و ب خ في صورة ما إذا كانت القوة تؤثر من أعلى إلى أسفل

كما في شكل ٤ وحينئذ إذا كان م هو ثقل القرص الذي يكون مركزه

في ث لزم أن يكون لقوى م و ك و ح و خ محصلة كلية

مارة بمحور ث ومساوية للضغط الحاصل من القرص على المحور

ومما يسهل مشاهدته أن ثقل القرص لا يغير شيئاً من نسب ح و خ

بالنظر للتوازن لكن كلما كان هذا الثقل عظيماً كان متعباً للمحور ونشأ عنه

احتكاكات فيلزم أن يكون ثقل القرص صغيراً مهماً يمكن متى كان الغرض

أن البكرة تؤثر تأثيراً عظيماً ما يمكن

وأما الجبل (شكل ٤) فإنه في صورة ما إذا كان ثقله محملاً على المحور يكون

حل هذا المحور قليلاً بقدر ما يكون ذلك الجبل خفيفاً

وما ذكرناه في هذا الشأن له أهمية عظيمة في استعمال الحبال والبكرات

في جوانب السفن وإذا قطعنا النظر عما يتحصل من الوفرة العظيم في كمية

ما يستعمل من المواد في اقراص البكرات والحبال المارة بها يلزم لغلبة

المقاومة والظهور عليها بقوة اصغر منها أن تكون الجبال والاقراص خفيفة جدا

واذا كان المطلوب عمل اقراص معدنية خفيفة جدا لزم مزيد الاهتمام في تجويفها من بين الخلق والمهور بواسطة تصاليب متفرقة كتصاليب عجلات العربات او فواصل رقيقة تجمع بين الخلق ومركز الدولاب كما في شكل ١٣

فاذا تحركت البكرة (شكل ٥) كان الجزء الاول من القوة وهو ح موازنا لساير المقاومات والجزء الثاني منها وهو خ محتر كالجبل والقرص ومقاومة ر بكمية يدل تأثيرها على جميع ما لم تعدمه مقاومات الآلة

ولكن هذه الكمية تقاس أولا بالمسافة التي قطعها خ وثانيا بمجموع حواصل ضرب ثقل الجبل في المسافة التي قطعها هذا الجبل في جهة طوله وثالثا بمجموع حواصل ضرب ثقل كل جزء من القرص في المسافة التي قطعها هذا الجزء فحينئذ يلزم تعيين هذا الجزء الثالث

واذا قسمنا القرص الى مناطق متساوية العرض وجدنا ثقلها مناسبا بالضبط لانصاف اقطارها فاذا قطعنا قرصين متحدى السمك ومختلفي القطر كان حجم كل منهما مناسبا لمربع قطر يهما واذا قسمنا هاتين الدائرتين (اعني القرصين) الى اجزاء صغيرة مجموعها على نسبة واحدة وفي اوضاع متشابهة كان مربع بعد المحور عن الاجزاء المتقابلة الموجودة في القرصين مناسبا لمربع نصفي قطر يهما فاذا ن يصير حاصل ضرب حجم كل جزء في بعده عن المحور مناسبا لمربع القطر مضروبا في القطر نفسه اعني انه يكون مناسبا لمكعب قطر هذين القرصين وعلى ذلك فتكون كمية التحرك الحادثة في كل من القرصين مناسبة لمكعب قطره وهذا بالنظر الى سرعتهما المتزوية فاذا زادت تلك النسبة كثيرا مع قطر القرصين لزم جعل الاقراص في البكرات الكبيرة صغيرة الحجم ما يمكن وهذه الفائدة يمكن تحصيلها من استعمال الجبال التي ليس لها بالنظر الى قوة مفروضة الا قطر صغير قليلا لمزيد جودتها وبالجملة فيمكن أن يكون عرض

القرص اقل من قطر الحبال لثلاثي تلك الحبال من احتكاكها بجوانب الثقب الذي هو محل القرص في صندوق البكرة فإذا استعملنا من الحبال مالا مقاومة له اصلا عند الانثناء على حلق البكرة فكلما كان قطر القرص صغيرا قل أن توجد قوة معدومة لاجل الظهور على اينرسي هذا القرص عند تحريك القوة للمقاومة غير أن شدة الحبال مقاومة عظيمة يلزم الاهتمام بتقويتها ومعرفة مقدارها وسيأتي أن كلب الذي هو من مشاهير علماء الطبيعة عين المقاومة التي تعرض لتحرك البكرات من شدة الحبال

ثم ان شوحية أ (شكل ١٤) تحمل أولا سطح ح ح الكبير بواسطة حبل الاختبار وهو ث ث الذي يدور مرة من جهتي العين والشمال على ملف ب ب المتحرك وتحمل ثانيا سطح خ خ الصغير بواسطة حبل ث ث الصغير الذي يدور مرتين او ثلاثا على ملف ب ب في جهة مقابلة لجهة ث ث وينبغي الاهتمام بمنع الحبال عن مماسة بعضها ليحصل التأثير على وجه سهل .

وقد يميل ملف ب ب الى الهبوط بسبب التأثير الناشئ أولا عن ثقله الاصلى مع ذراع رافعة يساوى نصف قطر ذلك الملف وثانيا عن ثقل سطح خ خ مع ذراع رافعة يساوى قطر الملف المذكور فيكون حينئذ اضافة نصف ثقل الملف الى ثقل حمل خ خ لاجل تحصيل قوة واحدة تؤثر بواسطة ذراع رافعة يساوى قطر الملف فاذا كان ثقل الملف كبيرا نقص تأثيره بثقل ح ح المربوط في طرف حبل ث ث المار ببكرة الرد وهي ر ر وكل وحدة من ثقل ح ح توازن وحدتين من ثقل الملف

وقبل اختبار حبل ث ث المراد قياس شدة يرتني حتى يكون تقريرا كالحبال المستعملة عادة في الآلات ونمر بحبل ث ث من فوق حلق البكرة ونربط في احد طرفيه ثقلا كافيا ثم يشد اناس طرفه الاخر فيرفعون

هذا الثقل او يخفضونه فبذلك يزول ما يوجب جد من الخلل في شد الحبال الجديدة التي تمنع من حصول التناجج المطلوبة

فاذا احتسنا بهذه الاحتراسات في منع الخلل عرفنا ثقل $\overline{خ}$ الذي لابد منه لهبوط ملف $\overline{ب}$ وللظفر بمقاومة حبل $\overline{ث}$ ورأينا أنه بواسطة شدد عظمية تكون تقريبا القوة اللازمة لثني الحبال على الاسطوانات المختلفة القطر $\overline{أولا}$ على نسبة مطردة بالنظر لشدد ود الحبال ومنعكسة بالنظر لقطر الملفات $\overline{وثانيا}$ تكون على نسبة مطردة بالنظر لمربع قطر الحبال وهذه النسبة تقرب من الصحة بقدر غلظ الحبال

(والمقاومة الحادثة عن شد الحبال مركبة من جزئين احدهما ثابت والاخر آخذ في الزيادة بالنسبة للعمل ولا يمكن أن تكون الكمية الثابتة منسوبة الا الى الدرجات المختلفة التي تكون لشد الحبال والتوائها العارض لها عند عملها ويكون كل من فروع الحبل مشدودا بقوة على حدته ومحافظا على درجة شده عند التواء هذا الحبل لان تلك الفروع المتلاصقة والمتعشقة ببعضها متماسكة بالاحتكاك وعلى ذلك فكل فرع من حبل مربوط به ثقل يكون مشدودا بنسبة تلايم ما يخصه من الثقل وما يعرض له من الالتواء عند ثقل الحبل لكن اذا كانت القوى اللازمة لثني الحبل مناسبة للشدد كانت تلك القوى مناسبة لكمية ثابتة زيادة على الثقل المربوط بالحبل وهذه الكمية الثابتة تتغير مع درجة الشد والالتواء العارضين للحبال عند عملها واما الحبال الجديدة المقنولة ثلاث مرات فتكون فيها تلك الكمية تابعة مع الضبط الكافي لنسبة مربعات اقطار الحبال فاذا استعملت الحبال زمنا طويلا ارتخت فروعها وتناقصت فيها الكمية الثابتة الناشئة عن شدها الاصلية

واذا قابلنا مقاومات القنن بمقاومات الحبال الصغيرة وجدناها اقل مما تدل عليه نسبة المربعات وذلك أن قطر البت المركزي يتزايد في الحبال الغليظة بدون أن تزيد المقاومة بنسبة واحدة عند الانثناء وحينئذ فيمكن في القنن الغليظة أن تكون جميع الفروع مشدودة مع التساوي كالحبال الرفيعة لان الحبال

المشدودة كثيرا هي التي تقاوم كثيرا بخلاف غيرها من الحبال فانها تلين بمجرد ليها من غير جهد

ويلزم تعيين التأثير الذي يعرض لشدة الحبال حين رطوبتها وشم اشغال كثيرة لاسيما ما كان منها متوقفا على شدة الهواء كسير السفن والامطار وامواج البحر وغير ذلك تبطل فيها الحبال وتتغير طبيعتها بحيث تكون على حالة تباين بالكلية حالتها وهي جافة

ويرى بمجرد النظر أن شدة الحبال لاسيما اذا كانت غليظة يزيد زيادة بينة متى كانت مبلولة بالماء وترى في شكل ١٤ صورة الآلة التي تدل على أن هذه الزيادة تقاس بكمية ثابتة مهما كان الجمل الذي تحمله الحبال

وقد عملت تجارب كلب الاولى في الحبال البيضاء وعمل غيرا لقلية منها في الحبال المقطرنة (اى المدهونة بالقطران) فوجد أنه يلزم في هذين النوعين مهما كان الشدة اضافة كمية ثابتة الى المجهودات التي لا بد منها في ثني الحبل المفروض انه ابيض جاف وليس بينهما كبير فرق كما قد يتوهم وذلك لان شدة الحبال المقطرنة لا يفوق على شدة الحبال البيضاء الا بمقدار $\frac{1}{4}$

ومثل هذا الفرق مهم جدا لشهرته في العمليات وقد تستعمل الحبال البيضاء اذا اقتضى الحال استعمالها في البكرات والطناير ولو كانت بذلك عرضة لشدة الهواء فيفتنن تجدها ينشأ عنها في القوى المحركة من توفير اجرة الشغالين يعادل ما يصرف فيها حين تبلى سريرا

وقد دلت التجربة على أن الحبل القديم المقطرن يكون شدة كشد الحبل الجديد المقطرن تقريبا نعم وان كانت خيوط القنب يقل اشتدادها عند البلا الا أن نعرضها للهواء والمطر يجمد القطران فيعادل تأثيرها تأثير الجديدة

وقد ذكر كلب قواعد حسابية سهلة تتعلق بتطبيق ما استنبطه من النتائج على تقويم المقاومة وتقديرها عند انشاء الحبال المتنوعة على الاسطوانات او البكرات المعلومة الاقطار لكون شدودها معلومة ايضا واذا اردت الوقوف على هذا التطبيق فعليك بكتاب هذا العالم الشهير

وقد علمت تجاريب الحبال المقطرنة في فصل الشتاء حين كان ترمومتر يومه مرتفعا عن الانجماد بخمس درجات اوستة فظهر أن الجليد يزيد في شدة هذه الحبال لاسيما اذا كانت عظيمة القطر وقد علمت ايضا تجربة الحبل المقطرن المؤلف من ١٥ فرعا حين كان الترمومتر منخفضا عن الانجماد باربعة درجات فوجد أنه يستلزم قوة اكبر (بسدس تقريبا) مما اذا كان الترمومتر مرتفعا عن الانجماد بست درجات الا أن هذه الزيادة ليست تابعة لنسبة الاجال لان الجزء الثابت من المقاومة في هذه الصورة هو الذي يزيد زيادة بينة

وها هنا تنبيه يتعلق بسائر التجاريب السابقة وهو انه متى كانت الحبال مثقلة باتقال ورفع متف ب ب (شكل ١٤) بأن ادير بقوة الذراع ثم خلى ونفسه فسقط في الحال قل شد الحبل بحيث يكون على الثلث مما في تلك التجاريب وهذا عام في سائر الحبال سواء كانت بيضاء او مقطرنة قديمة او جديدة غير أنه في الغليظة والجديدة يكون اظهر مما في البالية والرفيعة وكذلك يكون اظهر في الملفات الصغيرة من الكبيرة لكن اذا تركنا تلك الحبال ساكنة مدة من الزمن ورفعنا الملف من غير أن نخفضه وجدنا شد الحبل يزيد زيادة بينة لكن لا يصل الى الحد الذي حده له كلب في تجاريبه الا بعد أن يسكن ٥ دقائق او ٦ وعليه ففي التحرك المتكرر الذي تكون فيه القوى معدة لرفع الثقل وخفضه كما في تأثير آلات الدق المعدة لرفع الكبس او الشامردان المستعمل لدق الخوايز في الارض يكون شد الحبل اقل مما في التجاريب المتقدمة ومن هذا القبيل الحبل الذي يمر ببيكرتين متجاورتين * ولكيلا يكون التحرك سريعا يلزم أن تكون القوة المستعملة في الظفر بشد الحبل عند التواته على البكرة الثانية دون القوة المستعملة في ثنيه على البكرة الاولى وان كانت درجتها واحدة بالنظر للشد

ويؤخذ من التنبيه المذكور أن الاجزاء المنتنية تأخذ في الاستقامة مع البطيء وأن الشد كبيرا كان او صغيرا يكون على حسب هذه الاستقامة

وزيادة على ذلك يلزم العمل بمقتضى هذا التنبيه في حساب آلات البحارة البطيئة التحرك ببطأ كافيا والتي بكراتها دائما على مسافات كافية من بعضها ليكون كل جزء من اجزاء الحبل عند مروره من بكر الى آخر مستوفيا للزمن الذى يستكمل فيه شدة وعلى ذلك فلابد في تقويم الآلات غالبا من حساب المقاومات بالنظر للحالة التى تضر بالقوى المحركة

ثم ان الحواصل المكتسبة من الآلة المرسومة في شكل ١٥ تثبت الحواصل المكتسبة من الآلة المرسومة في شكل ١٤

وذلك اتنا وضعنا صقالي $\overline{ط ط}$ و $\overline{ط ط}$ الحاملتين للوحى $\overline{د د}$ و $\overline{د د}$ ووضعنا ايضا لوحى $\overline{م م}$ و $\overline{م م}$ الغليظين في موضع ضيق وجعلنا اعلاهما اقويا واضلحناهما اصلاحا تاما فكان بينهما فرجة طولية

ولم نزل نضع بالتوالى ملفات متنوعة على قاعدتين من البلوط حتى صار محور هذه الملفات (شكل ١٥) عموديا على هاتين القاعدتين اللتين اطرافهما مستديرة وحيث انهما على غاية من التساوى علقنا في طرفي الملف اثقالا قدرها ٢٥ كيلو غراما بخيوط من الدبارة اللينة التى تبلغ دورتها ٤ ميليمترات ونصف ولا يبلغ شدةها جزءا من واحد من ثلاثين من شدة الحبل المركب من ٦ فروع وقد يتحصل ضغط معين على القاعدتين بواسطة عدة خيوط من الدبارة الموزعة على الملفات كل منها يحمل ثقل يبلغ ٢٥ كيلو غراما في طرف كل ملف من تلك الملفات وبواسطة ثقل صغير يعلق بالعقاب في جهتي الملف فختبر القوة التى تحرك هذا الملف تحريكاً مستمرا غير محسوس او تنظفر أولا

بشد حبل $\overline{ث ث}$ وثانيا باحتكاك الاسطوانة

وشد الحبل دائما على نسبة منعكسة من قطر الاسطوانة

واما احتكاك الاسطوانة $\overline{ب ب}$ الحاصل على مستو افقى فهو على نسبة مطردة بالنظر للانضغاطات ومنعكسة بالنظر للتظفر فعلى ذلك كلما كان قطر الاسطوانات التى لها ثقل واحد كبيرا كانت مقاومة الاحتكاك صغيرة

ومثل ذلك واضح غالباً ويكثر في اشغال الزراعة استعمال الاسطوانات التي يداس بها على الاراضى المزروعة لتكسير ما فيها من المدر وتفتيته ودرس الحشائش التي عليها حتى تصير رفيعة ومساوية لحجم الارض ولا بد من تنقيص مقاومة الاحتكاك بقدر الامكان بحيث يمكن للفرس الواحد أن يجتهد دون مشقة اسطوانة طويلة او ثقيلة وهذا جار في انكلترا فترى الانكليز يستعملون اسطوانات مخوفة من الحديد الصب جامعة بين الصلابة والخفة وكبر القطر وحيث انه في الاسطوانات المتساوية الحجم يكون مقدار اينرسي المخوف منها اكبر من مقدار اينرسي المصمتة فان القوة المكتسبة من الاسطوانة تتغير في ادنى النسب واصغرها بالموانع التي يلزم أن تقاومها الاسطوانة وتظفر بها ويجرى مثل ذلك في استعمال العجلات في النقل على اختلاف انواعه

وحيث انتهى الكلام على الاحوال الاصلية المتعلقة بتوازن البكرات المستعمل كل منها على حدته او مع بعضها بطرق مختلفة ناسب أن تقتصر على طرق صناعة هذه الآلات فنقول ان عمل البكرات من اهم فروع الصناعة لاسيما عند البحارة وله كيفية مخصوصة ويطلق اسم البكراتية على صناعات هذه الآلات

ولم نتعرض في كتابنا هذا لذكر البكرات المعدنية التي تصنع اجزاؤها الاصلية بقوالب مخصوصة معينة مع الاهتمام ومصنوعة على منوال الاشياء التي يصنعها النجارون مع الضبط والاحكام ومسبوكة من الحديد والنحاس ومشغولة على حسب قواعد صحيحة مضبوطة بل اقتصرنا على بيان صناعة البكرات المتخذة من الخشب ولذا ذكر ذلك فنقول

تصنع بكرات الخشب بعمل قرصها بالمنشار والمخرطة وصندوقها بالآلات القطع الشبيهة بالآلات النجار وصانع القباقيب وقد يصنع بالآلات اخرى صناعة مفيدة وهو مركب من اربعة وجوه كل اثنين منها موازيان لمستويي التماثل اللذين احدهما مواز لمستويات الاقراص والاخر عمود عليها وقد اخترع برونيل الميكانيكي وهو من علماء القرن ساوية لاجل عمل الوجوه

المذكورة كاجزاء الاسطوانة المستديرة طريقة بديعة في صناعة ذلك وهي أن تثبت على محيط عجلة كبيرة قطعا من الخشب بحجوة تجويفاً مربعاً وملايعة للبكرات المطلوبة في الطول والعرض والسكن وبعد تثبيت تلك القطع على المحيط المذكور تثبيتاً جيداً ندير ذلك المحيط على وجه بحيث يكون تحركه منتظماً ثم نصنع الوجه الخارج لكل قطعة ويكون كل وجه من هذه الوجوه على شكل قوس اسطوانة قائمة مستديرة محورها هو عين محور العجلة وبعد ذلك ندير من الزاويتين القائمتين كل قطعة من قطع الخشب بحيث تصير وجوها الخارجية داخلية بالنسبة للدائرة التي تحملها ثم نحرك العجلة الكبيرة ونصنع وجوه القطع التي صارت خارجية ثم نأخذ هذه القطع ونضعها على عجلة جديدة لها قطر موافق وعند ذلك نصنع في كل صندوق الوجهين اللذين لم يصنعا وتكون صناعتهم على شكل قوسى اسطوانة مستديرة نصف قطرها مباين لنصف قطر الاسطوانة السابقة وتكون ملائمة لصورة الصندوق

فتكون القوة المحركة على طريقة بروينل حادثة من آلة بخارية وقد تكون حادثة من دوران الخيل او من قوة الماء او من قوة الناس والمطلوب لنا هنا هو تفاصيل العجلة وتحركاتها المستدير

وهناك صناعة اخرى لا بد منها وهو عمل الثقوب ذات الوجوه المستوية التي يوضع في كل منها قرص بكرة وهذه الصناعة اذا حصلت بالكيفية المعتادة بالمطرقة والمقراض كانت بطيئة صعبة بخلاف ما اذا كانت بمثقاب تثقب به في طرف من اطراف الاقراص ثقباً اسطوانياً في جهة محل القرص يكون قطره مساوياً بالعرض هذا المحل ثم ننشر بمنشار رفيع جداً داخل في هذا الثقب من جهتي اليمين والשמالي جزأ من الخشب المراد ازالته لاجل عمل محل القرص فانها بهذه الطريقة تكون سهلة

ولامانع من أن نستعمل في ذلك مقراضاً يكون له بواسطة قوة مستمرة تحرك متردد وهذه الطريقة هي التي اختارها العالم هوويرت احد مهندسي البحارة

فلنرض اذن عوضا عن قوة $\overline{ح}$ أولا قوة $\overline{ح}$ المساوية والموازية لها
والمارة بنقطة $\overline{و}$ التي هي مركز الطارة وثانيا قوتين مساويتين $\frac{1}{2} \overline{ح}$
ومتجهتين على وجه بحيث يديران الطارة في جهة واحدة ويؤثران في طرفي
قطرها ولما كان تأثيرها تين القوتين انما هو لاجل دوران الطارة على مركزها
بدون أن يدفع ذلك المركز الى اى جهة كانت لم يدفع ايضا مسندى $\overline{م}$ و $\overline{ن}$
الى اى جهة كانت

فحينئذ يكون ضغطا $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ الحاصلان على مسندى $\overline{م}$ و $\overline{ن}$
حادثين من قوة $\overline{ح}$ المساوية والموازية لقوة $\overline{ح}$ والمؤثرة في نقطة $\overline{و}$
التي هي مركز الطارة تأثيرا يكون على مستقيم واحد مع هذين المسندين
فاذن تحدث هاتان المعادلتان وهما

$$\overline{ح} = \overline{ح} + \overline{ح} \text{ و } \overline{ح} \times \overline{وم} = \overline{ح} \times \overline{ون}$$

$$\text{او } \overline{ح} \times \overline{من} = \overline{ح} \times \overline{وم} \text{ و } \overline{ح} \times \overline{من} = \overline{ح} \times \overline{ون}$$

وبمثل ذلك يبرهن على أن مقاومة $\overline{ر}$ تحدث على مسندى $\overline{م}$ و $\overline{ن}$

ضغطى $\overline{ر}$ و $\overline{ر}$ بحيث تحدث هاتان المعادلتان وهما

$$\overline{ر} = \overline{ر} + \overline{ر} \text{ و } \overline{ر} \times \overline{م} = \overline{ر} \times \overline{ن}$$

$$\text{او } \overline{ر} \times \overline{من} = \overline{ر} \times \overline{م} \text{ و } \overline{ر} \times \overline{من} = \overline{ر} \times \overline{ن}$$

وحرف $\overline{م}$ هنا يدل على النقطة التي يكون فيها اتجاه مقاومة $\overline{ر}$ ساقطا

سقوطا عموديا على محور الاسطوانة

ويؤخذ من هذه المعادلات مباشرة أن

$$\overline{ح} = \frac{\overline{ح} \times \overline{وم}}{\overline{من}} = \frac{\overline{ح} \times \overline{ون}}{\overline{من}} \text{ و } \frac{\overline{ر} \times \overline{م}}{\overline{من}} = \frac{\overline{ر} \times \overline{ن}}{\overline{من}}$$

وهذه مقادير بسيطة سهلة الحساب

فاذا كانت قوتا $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ مارتين بنقطة $\overline{م}$ وقوتا $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$

مارتين بنقطة $\overline{ن}$ سهل تحصيل محصلتها وهي الضغط الكلي الحاصل على مسندى $\overline{م}$ و $\overline{ن}$ من القوة والمقاومة
ثم ان اسهل الصور في هذا المعنى واعما هو ما كانت فيه قوة $\overline{ح}$ موازية لمقاومة $\overline{ر}$ فعلى ذلك تكون $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ و $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ متوازية ايضا وتكون محصلة $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ هي $\overline{ح} + \overline{ر}$ ومحصلة $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ هي $\overline{ح} + \overline{ر}$ وهذه هي الصورة التي يقع فيها على المسندين اعظم ضغط يمكن بالنظر لمقدارين مفروضين للقوة والمقاومة

فاذا لم تكن القوة والمقاومة متوازيتين فان $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ و $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ لا تكون ايضا متوازية ابدا فتكون $\overline{م}$ هي محصلة $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ و $\overline{ن}$ هي محصلة $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ وذلك بواسطة متوازي الاضلاع للقوى

المبينة بمستقييات $\overline{م}$ و $\overline{ن}$ و $\overline{ح}$ و $\overline{ر}$ و $\overline{ن}$ و $\overline{ح}$ وحيث كانت القوة دائما واقعة على مستوى الطارة فان الضغط الحاصل منها للمسندين يبقى على حاله لا يتغير لكن اذا كانت المقاومة حاصلة في طرف الحبل الذي يلف او ينشر تدريجا بحيث يتكون منه حلزون على اسطوانة المنجنيق فان تلك المقاومة تنقل تارة الى احد المسندين واخرى الى الاخر وبذلك يزداد الضغط الحاصل على المسند الاول لينقص الضغط الحاصل على الثاني وهذا بحسب النسب المتقدمة وحينئذ اذا كانت المقاومة مجاورة بالكلية لاحد المسندين فانها تحدث عليه ضغطا يكاد يكون مساويا لقوته الكلية بخلاف الضغط الحاصل على المسند الاخر فانه يكاد يكون معدوما ومتى كانت المقاومة على بعد واحد من المسندين صار الضغطان متساويين

هذا ويلزم عمل المنجنيق على وجه بحيث تكون صلابته كافية لان يقاوم مسنده اعظم ضغط ممكن

ثم ان المنجنيق كغيره من الآلات المتقدمة التي اختبرنا تأثيرها يقطع فيه النظر

عن ثقل الآلة ويقطع النظر أيضا عن قطر الحبل المقروض أنه صغير جدًا
والاوجب أن تكون قوة $\overline{ح}$ ومقاومة $\overline{ر}$ واقعتين على اتجاه محور الحبل وبناء
على ذلك يضاف الى قطري الاسطوانة والطارئة نصف قطر الحبل المستعمل

وبالجملة ففى اثرت قوة $\overline{ح}$ (شكل ٢) على حبل $\overline{أ ب ح}$ الذى له
سمك معين وشدت جميع اجزائه بالسوية فان هذا الحبل يكون مستديرًا وتكون
محصلة سائر الجهودات الحاصلة فى كل جزء على كل فرع من الحبل مارة بمركز
هذا الحبل واذن يمكن أن نعتبر قوة $\overline{ح}$ المحلولة لاجل التأثير فى جميع فروع
الحبل كأنها واقعة على محور الحبل المذكور وحينئذ يكون مقدار هذه القوة
مساويًا $(\overline{ث} + \overline{١١}) \times \overline{ح}$ اعنى أنه يكون مساويًا لنصف قطر
الطارئة زائدًا نصف قطر الحبل مضروبًا فى القوة

فاذا اعتبرنا الآن تأثير حبل $\overline{ر}$ المشدود من احد طرفيه بمقاومة $\overline{ر}$
والملقوف من الطرف الآخر على اسطوانة $\overline{ث}$ ظهر لنا بهذين الامرين
أن تأثير قوة $\overline{ر}$ الحاصل على الاسطوانة هو كناية عن مقدار $(\overline{ث} + \overline{ر})$
 $\times \overline{ر}$ أى نصف قطر الاسطوانة زائدًا نصف قطر الحبل
مضروبًا فى المقاومة المؤثرة فى هذا الحبل

وعلى ذلك ففى المخنيق الذى نصف قطر طارته $\overline{ث أ}$ ونصف قطر اسطوانته
 $\overline{ث ب}$ ونصف قطر حبله المشدود بقوة $\overline{ح}$ المؤثرة فى الطارة $\overline{١١}$
ونصف قطر حبله المشدود بقوة $\overline{ر}$ المؤثرة فى الاسطوانة $\overline{ر ب}$
يكون شرط التوازن هو مساواة حاصل ضرب القوة فى مجموع نصفي قطري
الطارئة والحبل المشدود بهذه القوة لحاصل ضرب المقاومة فى مجموع نصفي
قطري الاسطوانة والحبل الذى يشده هذه المقاومة

فاذا كان المطلوب أن القوة او المقاومة تقطع مسافات كبيرة لم يكف فى ذلك
وضع صف واحد من ادوار الحبال على الطارة بل يلزم لذلك غالبًا وضع صفين
او ثلاثة ولا يخفى أن القوة فى كل صف جديد تكون متباعدة بالتدريج عن
المحور بزيادة واحد وهو قطر الحبل فى كل دور وبذلك يزداد كثيرًا بعد المركز عن

اتجاه القوة ويلزم الاعتناء بضبط العملية عند تقويم النسبة الحاصلة بين المقاومة والقوة في حساب توازن منجنيق واحد او اكثر تقويم مضبوطا ثم ان غلط الحبال لا يغير شيئا من وضع مركز الطارة بالنظر للقوة ولا من نقطة المحور التي يتوهم فيها اسقاط المحصلة لاجل التأثير على المساند فعلى ذلك لا يتغير بغلط الحبال شيء من الضغط الحاصل على المساند

واكن اذا تحرك المنجنيق فان غلط الحبال يضم مقاومته الخصوصية الى سائر المقاومات ويكون كما تقدم على نسبة مطردة بالنظر للشدود البسيطة ومربع قطر الحبال وعلى نسبة منعكسة بالنظر لقطر اسطوانة المنجنيق او طارته او نصف قطرها ويؤخذ من ذلك انه ينبغي في استعمال المنجنيق مزيد الاهتمام بعمل حبال تكون قوتها عظيمة جدا بالنظر لقطر مفروض

ولنلاحظ ما ينشأ عن القوة والمقاومة من التأثير الظاهر الواقع على عمود المنجنيق فنقول انه بواسطة تأثير قوة ج تجبر الاسطوانة او عمود المنجنيق على الدوران في نقطة و (شكل ١) نحو ح ح الذي هو اتجاه تلك القوة وبواسطة تأثير مقاومة ر يجبر ذلك العمود ايضا على الدوران في ر ر نحو ر الذي هو اتجاه تلك المقاومة المقابلة لاجزاء نقطة القوة فاذا لم يكن العمود مركبا من مادة لا تتغير فان هذين التأثيرين المتضادين يؤثران فيه كثيرا او قليلا ويلتوى التواء مناسب المقدارى القوة والمقاومة

وسياتى في الدرس المعهودة للبريمة تفصيل ما يتعلق بتأثير قوة الالتواء بصورة الحزون التي تكاد تجعل الالياف المستقيمة اسطوانات اى اعمدة تستعمل في الآلات وذلك من اهم الاشياء في متانة العمارات ومكثها

(بيان تأثيرات التناقل في المنجنيق) *

وما اسلفناه في شأن تأثيرات التناقل في البكرات يجرى ايضا في شأن التأثيرات الحاصلة على المنجنيق والطارات المضرسة

ومن القوى المعدومة ما يستعمل في الظفر باينرسي الاسطوانة والطاراة ويلزم ان يضاف الى الانضغاطات الواقعة على كل محور وكل نقطة من نقط

الارتكاز الضغط الرأسى الحاصل من ثقل طيارة الاسطوانة والحبال
واما الحبل الذى يلتف من طرف على اسطوانة المنجنيق او المعطاف ويربط
من الطرف الآخر بالمقاومة فانه عند التفافه على الاسطوانة يقطع ثقله
بالتدريج عن أن يكون جزءاً من المقاومة الأصلية ويكون جزءاً من المقاومة
التي تعرض لها من الاسطوانة وبذلك يكاد يتقص في كثير من الصور المقدار
الكلى للمقاومة

ولاجل بقاء هذا المقدار الكلى على حاله دائماً يستعمل في الغالب ثقل معلق
بطرف الحبل مقابل للثقل الذى يشد المقاومة فينفرد الحبل حينئذ من جهة
الثقل بقدر ما يلتف من جهة المقاومة وبالعكس وبالجمله فالحبل يلتف دائماً
على الاسطوانة بهذا القدر وبناء على ذلك تكون النسبة الحاصلة بين القوة
والمقاومة واحدة دائماً حتى صارت سرعة التحركات منتظمة

ثم ان الضغط الحاصل على المحاور ونقطة الارتكاز يعظم بقدر ثقل الاسطوانات
والطارات التي تتركب منها الآلات المستعملة فيلزم اذن أن تكون اثقاليها
صغيرة مهما امكن لكي تنقص بقدر الامكان المقاومات الحادثة من الآلات
وسياً في توضيح ذلك في الكلام على الاجتمكاكات

وتستبدل في الغالب طيارة المنجنيق بذراع رافعة تكون القوة واقعة عليه
فاذا كان هذا الذراع مستقيماً يسمى قضيباً * والمانوية وهى الملوى هى في العادة
رافعة منكسرة بهامقيض تكون يد الانسان عليه كالقوة (شكل ٣)

وفي الغالب يستعمل بدلا عن قرص البكرة لاجل تحريك عمود المنجنيق
طارات ذات مدرجات واخرى ذات طناير فاما ذات المدرجات (شكل ٥)
فيصعد على مدرجاتها الغائرة في بين محيط الطارة وشماله كما يصعد على درج
سلم التسلق ويحصل التحرك اذا كان حاصل ضرب جهد ثقل الصاعد في بعد
مركز الطارة عن الخط الرأسى الممتد من ثقل ذلك الصاعد يزيد على حاصل
ضرب ثقل المقاومة في بعد محور الطارة والاسطوانة عن الخط الرأسى الممتد
من مركز ثقل تلك المقاومة

وقائدة هذه الآلة هي ان الصاعد على المدرجات يكون بعيدا ما امكن عن الخط
الرأسي الممتد من مركز الطارة وبناء على ذلك يعظم تأثيره بقدر الامكان
كلما فرضت الطارة كبيرة

وهناك طارات اخرى عريضة ومجوفة في داخلها مسلك يمر منه الشغالون
المنوطون بتسيير الآلة وفي هذه الصورة كالتى قبلها تقاس النسبة الحاصلة
بين القوة والمقاومة وسياً فى فى الدرس الحادى عشر المختص بالمستويات
المائلة بيان كيفية وقوع قوة الصاعدين بياناً شافياً

ويكثر فى بلاد الانكليز استعمال الطناير التى تقع عليها قوة الانسان بطرق
متنوعة ولنفرض طنبورة او اسطوانة كبيرة القطر على محيطها درجات
صغيرة بارزة مثبتة على بعد واحد من بعضها موضوعة على وجه بحيث
يسهل على من تكون يدها متكئة على قضيب افقى أن يصعد عليها بخطوة بخطوة
بدون احتياج الى مدرج عليه مداً كبيراً ثم ان الاشخاص المعدن لتحريك
الطنبورة يقفون بجانب بعضهم ويقبضون بايديهم على القضيب الافقى المذكور
واما ارجلهم فانهم عند ثقلها يضعونها بالتعاقب على الدرجات المزدوجة
او غير المزدوجة لتدويرها الاسطوانة وهذا الشغل المخترع للمسحجونين
معدود من العقوبات الشديدة ويؤخذ من ذلك أن قوة الناس المؤثرة يمكن
أن تستعمل فى تحصيل امور نافعة فاذا كانت المقاومة واقعة على محيط سهم
الطنبورة كانت نسبة المقاومة الى القوة كنسبة بعد محور الطنبورة عن الخط
الرأسى الممتد من مركز ثقل الشغالين الى نصف قطر سهم الطنبورة المذكورة
والارغات الافقية هي آلة مركبة من اسطوانة افقية كأسطوانة المنجنيق
ومن قضبان او روافع غائرة من احد طرفيها فى ثقوب مصنوعة على محيط
الاسطوانة من جهة طرفيها واما الطرف الاخر من القضبان فانه يقع عليه
تأثير جهد ايدى الشغالين ونسبة القوة الى المقاومة هنا كنسبة نصف قطر
السهم زائداً نصف قطر الحبل الذى تربط به المقاومة الى بعد المحور عن النقطة
التي يقع عليها تأثير ايدى الشغالين

ولا مانع من استعمال الآلة المذكورة في جوانب السفن وتستعمل ايضا في عربات النقل الضيقة الطويلة المعروفة بالكاسيون وفي هذه العربات يوضع سهم آلة الارغات امام العجلات ويكون الحبلان الملتفان على السهم مربوطان من طرفيهما في النهاية الخارجة من العرببة موضوعين فوق البضائع فاذا كان تأثير الجهد حاصل بواسطة قضبان الآلة المذكورة لاجل لف الحبلين كثيرا فانهما يجبران على أن يكونا دائما في مسافة صغيرة وعلى ضم البضائع لبعضهما وحرزهما بحيث لا يمكن وقوعها بالتأثير الناشئ عن الارتجاج

ويكثر استعمال المنجنيق وآلة الارغات في الصناعة قترى ببلاد انكلترا على واجهات المخازن الكبيرة المعدة للتجارة خيوطا رأسية لاجل اسناد الشبايك وترى ايضا فوق واجهة الشباك الزائد عن غيره في الارتفاع بكرة ثابتة دائما في طرف الحلقة التي تكون تارة بارزة من الخائط وتارة ملصوقة به وذلك على حسب ما يراد فاذا كان المطلوب رفع بضائع او تنزيلها فانهم يربطونها في طرف حبل يمر ببكرة ثابتة ويصل الى المخازن فيلتف على سهم المنجنيق المتحرك تارة بالمناويل وتارة بالعجلات وما شابه ذلك ومن المهم استعمال الآلات البسيطة لاسيما المنجنيق في تجارت فرنسا

ثم ان آلة العيار (المعدة لرفع الاحجار) هي من متعلقات المنجنيق والغرض منها امران احدهما رفع الحمل او خفضه وثانيهما وضعه في محل لا يكون على الخط الرأسى المقابل لوضع الحمل الاصلى فيلزم عمل حلقة تدور على السهم الرأسى ويكون في طرفها الاعلى قرص بكرة ثابتة وفي طرفها الاسفل سهم المنجنيق او آلة الارغات المتحركة باحدى الطرق السابقة اعنى القضبان او الطنابير

فاذا اقتضى الحال اخراج ما في السفن من البضائع روضها على الرصيف وكان العيار موضوعا على طرف ذلك الرصيف القريب من السفن فالتسا ندير حلقة العيار الى النقطة التي يكون فيها القرص الثابت في الذراع الاعلى من الحلقة موضوعا رأسيا على قنطرة السفينة (المعروفة عند الملاحين بالكويرته) التي يراد تفريغها وتربط البضاعة في طرف الحبل الذي يمر بالبكرة

الثابتة و يلتف على اسطوانة المنجنيق ثم توجه تأثير القوة المعدة لتحريك هذا المنجنيق الى الجهة اللازمة لرفع الحمل فاذا وصل هذا الحمل الى الارتفاع اللازم ابطلنا دوران المنجنيق وندير الحلقة على سهمه حتى تصل الى النقطة التي يكون فيها الحمل المعلق في تلك الحلقة موضعا رأسيا على الرصيف فينتدئ يقع على القوة تأثير المقاومة ويهبط الحمل بواسطة تأثير ثقله حتى يصل الى الرصيف او العربة التي تكون مسامطة لهذا الحمل ثم ان اغلب العيارات يتحرك بواسطة قوة البشر ومنها ما يتحرك بقوة البخار وقد ذكرنا من هذه الآلات ما هو اكثر استعمالا في الجزء الثالث من رحلتنا الى بلاد ابريطانيا الكبرى (قوة تجارية داخلية) وذكرنا ايضا لتلك الآلات امثلة عديدة مع ما يلزم لها من الاشكال الهندسية وهي قليلة الحجم كثيرة الصلابة لكون جميع اجزائها من الحديد

ولا بد في عمل العيارات مع الضبط أن يكون صانعها له اليد الطولى في الهندسة والميكانيكا حتى يجعل لاجزائها المتنوعة اشكالا وتناسبات تتفع جدا في ضبط الحركات وتلطيفها ولا بد ايضا أن تكون الاجزاء المتحركة من العيار خفيفة بقدر الامكان وأن تكون صلبة على حسب ما تقتضيه الضرورة لان قوة انحراس الاجزاء الثقيلة جدا تستلزم في نظير ما يتعدى منها جهدا يترتب عليه توفيرها وما ذكرناه سابقا من القواعد وما سنذكره منها في هذا الجزء له شواهد واضحة

في صناعة العيار وغيره من سائر الآلات التي هي من قبيل المنجنيق ومن الآلات الشبيهة بالمنجنيق التي ترفع الاثقال المعروفة بالعيوق وهي مركبة من سهم افقي موضوع قريبا من قاعدة المثلث الحادث من عارضة افقية وقائمين مائلين ومن بكرة مثبتة في الرأس الذي يلتصق فيه القائمان ببعضهما وهذا المثلث الذي قاعدته على الارض يكون ممسكا من رأسه بساق ثالث مائل الى جهة تضاد الجهتين الاوليين فاذا كان المطلوب رفع حمل فان هذه الآلة توضع على وجه بحيث يكون الحمل بين سيقان الآلة الثلاثة ويكون احد طرفي الحبل المار بالقرص الثابت ممسكا للعمل والطرف الاخر ملتفا على سهم المنجنيق

المحرك بواسطة القضبان او الروافع و كثيرا ما تستعمل الآلة المذكورة في اشغال الطوبجية وقد تقدمت صورتها (في شكل ٧ من الدرس الرابع من الجزء الاول)

والمعطاف (شكل ٨) هو منجنيق محوره رأسى والقضيب او القضبان المعدة لتحريكه افقية

و يتحقق التوازن في العيوق و الارغاف و المعطاف متى كان حاصل ضرب القوة في طول ذراع الرافعة الواقعة على طرفه هذه القوة مساويا لحاصل ضرب المقاومة في نصف قطر الاسطوانة زائدا نصف قطر الحبل الذي تكون هذه المقاومة مربوطة به

فاذا كان هناك عدة قضبان وعدة قوى واقعة عليها لم يضرب كل قوة في طول ذراع رافعتها واخذ مجموع هذه الحواصل وهذا المجموع هو الذي يكون مساويا لمقدار المقاومة

وليس تأثير تناقل الآلة على نقطتي الارتكاز واحدا في المنجنيق و المعطاف اذ في المعطاف يكون السهم المعروف بالحرس رأسيا وتكون القوة والمقاومة متجهتين اتجاها افقيا فيكون تأثيرهما على نقطتي الارتكاز ضغطا افقيا وينشأ عن تناقل سهم المعطاف وقضبانها ضغطا رأسيا لا على المحيط المستدير المعدة لدخول اصبعي السهم بل على القاعدة الموضوعة تحت ذلك السهم في اتجاه المحور وهذه القاعدة التي هي في العادة مجوفة كالطيلسان الكروي تعرف بالسكرة

ولا يتأتى في المعطاف حسبا هو مشاهد أن يكون الضغط الافقي الواقع على نقطتي الارتكاز ناشئا الا عن تأثير القوة والمقاومة لان ثقل الآلة لا يدخل له في ذلك بالكلية

ويستعمل المعطاف غالبا في الاشغال الداخلية لاجل جراح الاجال جراحا افقيا فتزحلق هذه الاجال على الملفات الاسطوانية المتخذة من الخشب والحديد وقد تترحل على عجلات صغيرة او اكر تجرى في افاريز مجوفة وسبب اختراع

هذه الطريقة الأخيرة انهم ارادوا تقل كتلة عظيمة عليها صورة بطرس الاكبر
في مدينة سنت بترسبورغ

ويستعمل المعطاف ايضا في الفنون الحربية لاسيما في الطوبجية لاجل اجراء
اشغال هذه القوة العسكرية في الترهانات والمعسكرات والمحاصرات
وكذلك يستعمل مع الاهتمام في جوانب السفن لاجل اجراء لوازمها واشغالها
ومعطاف السفن الاكبر (شكل ٧) على صورة سهم رأسي يثقب الكويرتين
ويستقر على سكرجة موضوعة في الكويرية المستعارة ويحيط بهذا السهم
في احدى الكويرات المتوسطة بحرس على شكل مخروط عوضا عن أن يكون
على شكل اسطوانة ولا بد أن يكون على محيط هذا الحرس عدة ادوار من الحبل
المعدلبند المقاومة ويلزم أن نوضح هنا تأثير هذه الصورة المخروطية فنقول

قد سبق أن الخطوط الحلزونية المرسومة على سطح الاسطوانة هي اقصر خطوط
يمكن رسمها بين نقطتين على مثل هذا السطح وعليه فتكون القوى الواقعة
على طرفي الحبل المثنى على صورة خط برمبي حول الاسطوانة في اتجاه هذا
الخط البرمبي شادة بالضرورة للحبل المثنى كور في اتجاه ذلك الخط البرمبي
وفي هذا الوضع تكون القوتان المؤثرتان بمماسة الخط البرمبي مائلتين بالنسبة
لاضلاع الاسطوانة او بالنسبة للمحور غير أن اتجاه القوة والمقاومة يكون
كما سبق في تعريف المنجنيق والمعطاف عموديا على اتجاه الاضلاع ومحور السهم
وحيث لا تؤثر المقاومة الواقعة على الطرف الخالص من الحبل المثنى انثناء
حلزوني على سهم المنجنيق او المعطاف في اتجاه الخط الحلزوني فاذن ينشأ عن تأثير
هذه القوة اختلال الحبل واضطرابه بحيث لا يبقى على الاتجاه الحلزوني الذي
كان عليه وينشأ عن تأثير المحصلة ضغط شديد لجزء الحبل المثنى كما سبق انثناء
حلزوني على محيط السهم بحيث اذا انضم جزء هذا الحبل الى بعضه امتلا الخط
البرمبي شيئا فشيئا حتى يصير المماس لهذا الخط البرمبي في اتجاه المحصلة التي
يحصل فيها الخلل ايضا

وحيث انه يلزم في تحريك المعطاف أن تقطع المقاومة بواسطة هذه الآلة مسافة

كبيرة تساوى طول قنة مثلالها من الامتار عدة مات فاذا تصورنا ان القنة ملتفة مباشرة على جرس المعطاف لزم أن تحدث ادوارا كثيرة على نفسها وبذلك يزداد قطر الجرس وتنقص شدة القوة

ويمكن تدارك هذا الخلل بواسطة حبل غير متناه يعرف بالحبل البرمى وذلك انه يوجد في هذا الحبل على ابعاده عقد معتبرة كنقط منع ووقوف لاجل ربط القنة التي يراد شدّها به فتدير هذا الحبل خمسة ادوارا وستة دورانا حلزونيا على جرس المعطاف وكلما دار المعطاف التفط الحبل البرمى الاسفل وانفرد طرفه الاعلى فاذا كان الجرس اسطوانيا فانه يستمر على التحرك بهذه الكيفية حتى يصل الحبل البرمى في اقرب وقت الى اسفل ذلك الجرس فيشتبك حينئذ بين الجرس و سطح كويرة السفينة او يجبر على الالتفاف من جهة مضادة لجهته ليتحصل صف آخر من الحبل الملقوف على الجهة الاولى ولكن لا تغفل أن صورة جرس المعطاف مخروطية ومخوفة من اسفلها فعلى ذلك يتحصل من تحليل القوى على ما سنذكره في شأن المستوى المائل انه كلما قوى شد الحبل البرمى بتأثير المقاومة قوى ايضا ضغط هذا الحبل لايحل رفع جزء الحبل البرمى المنتفى كما سبق انشاء حلزونيا ويكفي هذا الضغط من زمن الى آخر في رفع سائر الادوار والحزونية ودفعها الى اعلى

وهذا التأثير الاخير ينشأ ايضا عن كون جرس المعطاف بعد أن كان مخروطيا لايسهل به رفع الحبل في سائر الاوقات صار سطح دوران مجوقا من جزءه المتوسط كسطح الجرس الذي اخذ منه اسمه وكلما التف الحبل على هذا الجرس وهبط الى اسفل كان على قطعة مخروطية مخوفة جدا وهذا الميل كما سيأتى في مبحث المستوى المائل يكسب شد الحبل قوة عظيمة حتى يرفع سائر الادوار الحزونية الحادثة على الجرس وينقلها الى الجزء الاعلى من المعطاف وبهذه الطريقة البديعة يجبر الخلل المتقدم

وبالجملة ففي الحالة التي يكون فيها الحبل البرمى عند هبوطه الى اسفل الجرس ملتفا على نفسه مع وجود صورة الجرس يتلاقى الحبل المذكور مع

فإذا فرضنا حينئذ أنه يوجد عتمة منجنوقات او معاطيف مثل أ ب ث
و أ ب ث و أ ب ث الخ (شكل ٩ و ١٠) موضوعة على وجه
بجيث تكون ح هي القوة المؤثرة على حبل المنجنيق الاول ويكون حبل
ب أ ملتصقا من احد طرفيه على اسطوانة المنجنيق الاول ومن الطرف الآخر

على عجلة الثانی ويكون ايضا حبل بَّأ ملحقا على اسطوانة المنجنيق الثاني وعجلة الثالث وهكذا وفرضنا ايضا ان رَ و رَ و رَ الخ هي شذوذ حاصلة لحبال متنوعة لزم أن تكون رَ و رَ و رَ الخ معتبرة على التوائها كقوة المنجنيق الثاني والثالث والرابع الخ فاذن تحصل هذه التناسبات الدالة على حالة التوازن وهي

$$ح : ر :: شب : شا , \frac{شب}{شا} = \frac{ح}{ر}$$

ر : رَ :: شَب : شَأْ و $\frac{شَب}{شَأ} = \frac{ر}{رَ}$

ر : ر :: ثَب : ثَأ ، $\frac{ر}{ر} = \frac{ثَب}{ثَأ}$

فاذا ضربنا الحدود الاول من هذه المتساويات في بعضها والحدود الثانية في بعضها ايضا يتوصل معنا

$$\frac{\text{ح} \times \text{ر} \times \text{ر} \times \text{ر} \times \text{ح}}{\text{ر} \times \text{ر} \times \text{ر} \times \text{ر} \times \text{ح}} = \frac{\text{ش} \times \text{ب} \times \text{ب} \times \text{ب} \times \text{ش}}{\text{ش} \times \text{ا} \times \text{ا} \times \text{ا} \times \text{ش}}$$

واذا قطعنا النظر عن الحدود التي يحجب بعضها بعضا تحصل معنا

$$\frac{\text{ح} \times \text{ش} \times \text{ش} \times \text{ش}}{\text{ر} \times \text{ش} \times \text{ش} \times \text{ش}} = \frac{\text{ح}}{\text{ر}}$$

وعلى ذلك تكون نسبة القوة للمقاومة في عدة منجنيقات او معاطيف كنسبة حاصل ضرب انصاف اقطار سائر الاسهم الى حاصل ضرب انصاف اقطار جميع العجلات

فاذا اردنا أن ندخل في هذا المقدار قطر الحبال لزم أن يكون التوازن حاصلًا متى كان حاصل ضرب القوة في انصاف اقطار العجلات التي كل نصف قطر منها يزيد بقدر نصف قطر الحبل الملقوف على العجلة المقابلة له مساويا لحاصل ضرب المقاومة في انصاف اقطار الاسطوانات التي كل نصف قطر منها يزيد بقدر نصف قطر الحبل الملقوف على الاسطوانة المقابلة له

ثم ان الطريقة الآتية تستعمل غالبًا في تحويل محرك دوران من محور مفروض الى محور مواز له وكيفية استعمالها أن نثبت على كل من محوري ش و و (شكل ١٠) قرصين ش و و ونحيطهما بحبل ا ب غير المتناهي الذي يوجد به فروع صغيرة قريبة جدًا من بعضها ومربوطة في تجويفات مصنوعة في محيط القرصين لتمنعه عن التزحلق فاذا كانت ح هي القوة المحركة للعجلة الكبيرة والمؤثرة في طرف ذراع رافعة ش د كان $\text{ش د} \times \text{ح}$ هو مقدار القوة المذكورة واذا كان ط هو شد الحبال لزم أن عجلة ش ا ب تكون $\text{ش د} \times \text{ح} = \text{ط} \times \text{ش ا}$ فاذاً يكون

$$\text{ط} = \frac{\text{ش د}}{\text{ش ا}} \times \text{ح}$$

واذا كان ر هو المقاومة المؤثرة في طرف ذراع ش د تحصل معنا بلا واسطة شرط التوازن وهو

$$\text{ر} \times \text{ش د} = \text{ط} \times \text{ش ا} \quad \text{فاذاً} \quad \text{ط} = \frac{\text{ش د}}{\text{ش ا}} \times \text{ر}$$

غير أن شد $\overline{ط}$ الحاصل من القوة يكون عين شد $\overline{ط}$ الحاصل من المقاومة

$$\text{وبناء على ذلك تكون } \overline{ح} \times \frac{\text{شد}}{\overline{شأ}} = \overline{ر} \times \frac{\text{شد}}{\overline{شأ}}$$

فاذا فرضنا أن $\overline{شد} = \overline{شد}$ فنحصل $\overline{ح} \times \overline{شأ} = \overline{ر} \times \overline{شأ}$
وهذا من شروط التوازن البسيطة جدًا

ولنفرض في حالة التحرك أن ذراع $\overline{شد}$ الذي تكون قوة $\overline{ح}$ واقعة عليه يحدث دورة في زمن $\overline{ط}$ ثم نتظر كم دورة يحدثها في هذا الزمن ذراع $\overline{شد}$ الذي تكون مقاومة $\overline{ر}$ واقعة عليه

فيدور قرص $\overline{أب}$ دورة كاملة في مدة دورة $\overline{شد}$ وتقطع كل نقطة كنقطة $\overline{أ}$ على الحبل غير المتناهي مسافة تساوي محيط العجلة غير أن كل نقطة من نقط العجلة الصغيرة تكون سريعة الحركة كالحبل غير المتناهي لأن المفروض أن الحبل دائماً لا يتزحلق بطول العجلات فاذن تقطع نقطة $\overline{أ}$ في مدة زمن $\overline{ط}$ على عجلة $\overline{أه}$ مسافة تساوي محيط $\overline{أه}$ وحيث أن طول المحيطات مناسب لطول انصاف الأقطار يكون محيط $\overline{أه}$ الصغير محصوراً في الكبير بقدر انحصار نصف القطر الصغير في الكبير وحينئذ يلزم أن نقطة $\overline{أ}$ تحدث دورات بقدر انحصار $\overline{شأ}$ في $\overline{شأ}$ حتى تقطع على العجلة الصغيرة مسافة تساوي محيط العجلة الكبيرة

فاذا ضربنا عدد الدورات في مقدار المقاومة وهو $\overline{ر} \times \overline{شد}$ فنحصل معنا

$$\overline{ر} \times \overline{شد} \times \frac{\overline{شأ}}{\overline{شأ}} \times \text{محيط } \overline{أه}$$

وهي كمية مساوية بالضبط لقوة $\overline{ح} \times \overline{شد} \times \text{محيط } \overline{أه}$

$$\text{حيث أن } \overline{ح} \times \frac{\text{شد}}{\overline{شأ}} = \overline{ر} \times \frac{\text{شد}}{\overline{شأ}} \text{ يحدث منهم}$$

$$\overline{ح} \times \overline{شد} = \overline{ر} \times \frac{\overline{شأ}}{\overline{شأ}} \times \overline{شد}$$

وبناء على ذلك يحدث

$$ح \times ش د \times محيط ه ا ب = ر \times ش د \times \frac{ش ا}{ش ا} \times محيط ه ا ب$$

وتوجد هنا ايضا المساواة التي تكون دائما بقاوية على حالة واحدة بين كميتي تحرك القوة والمقاومة في تحرك الآلات المتواصل

ويكثر استعمال الآلة التي ذكرناها آنفا في حرفة الخراطة ونستعمل ايضا في الحرف الهينة كسك السكاكين وكذلك في فن الغزل كالقرص الذي به يغزل الخيط

وفي ذلك القرص تكون قوة $ح$ هي رجل الغازل المؤثرة في طرف المانويلا بواسطة دقاسة تتحرك عليها تلك القوة مرة واحدة في كل دورة

ويستعمل غالباً في الورش التي يحتاج فيها الى مجهودات عظيمة سيور عريضة عوضاً عن الحبل غير المتناهي الذي يدبر العجلتين وربما استعملت السلاسل عوضاً عن الحبال

وقد تستعمل السلاسل المسننة التي تكون كلباتها الصغيرة منضمة الى بعضها بحاور او بمسامير بارزة من الجهتين وداخله في ثقب مصنوعة في الطرفين المنتهين من القرص الذي لا يمكن تحريكه بدون السلسلة

ويمكن بواسطة الطارات المضرسية (شكل ١٢) عدم استعمال ما ذكر من الحبال والسيور والسلاسل وتحويل التحرك من طارة الى اخرى مباشرة لانه اذا قابلنا حقيقتين طارقي $ا ب ه$ و $ا ر ه$ متى كانتا متحركتين بوتر $ا ا ر ب$ (شكل ١٠) او كان لهما اضراس متعشقة ببعضها مباشرة (شكل ١٢) وجدنا في كلتا الحالتين ان كل نقطة من نقط $ا ب ه$ و $ا ر ه$ تتحرك بسرعة واحدة الا ان $ا ب ه$ (شكل ١٢) يدور من الشمال الى اليمين و $ا ر ه$ بالعكس اي من اليمين الى الشمال واما الطارات المفردة (شكل ١٠) فتدور في جهة واحدة

وحيث كانت نقطتا $ا$ و $ا$ (شكل ١٠) متحركتين السرعة فان نقطة $ا$ تحدث على $ا ب ه$ دورة كاملة حين تحدث $ا$ على $ا ر ه$

الى جهة تحرك شاه وقوة ن المتجهة الى جهة المقاومة الواقعة
على الطارة الثانية وهي شاه ل لاجل حصول التوازن أن تكون
هاتان القوتان متساويتين بالبداية

ولتكن قوة ح مؤثرة على اه في طرف ذراع رافعة شد ومقاومة
ر مؤثرة على اه في طرف ذراع رافعة شو فيحدث

$$\overline{ح} \times \overline{شد} = \overline{م} \times \overline{شو}$$

$$\overline{ر} \times \overline{شو} = \overline{م} \times \overline{شو}$$

$$\text{فاذن يكون } \overline{ح} \times \overline{شو} = \overline{شد} \times \overline{ر}$$

فعلى ذلك يعلم أولا انه حيث كان شد و شو معلومين فكلما كان

$$\overline{شو} \text{ صغيرا كبر } \overline{ر} = \overline{ح} \times \frac{\overline{شو}}{\overline{شد}} \text{ وثانيا حيث كان } \overline{شد}$$

و شو ملازمين لحالة واحدة فان ح و ر يكونان على نسبة منعكسة
عن نسبة شأ و شا اللذين هما نصف قطرى الطارتين المضرسيتين
فبناء على ذلك اذا كانت الاولى ضعف الثانية او ثلاثة امثالها او اربعة امثالها
كانت مقاومة ر المعادلة لقوة ح ايضا ضعف هذه القوة او ثلاثة امثالها
او اربعة امثالها

وهناك آلة تشبه الطارات المضرسية وهي عجلة العربات

وليست الاجسام الطبيعية منتحية بسطوح مصقولة صقلاتاما وانما هي
منتحية بسطوح خشنة متضرسية بتضاريس بارزة كثيرا وقليل لانه اذا رصدت
الاجسام المصقولة صقلاتاما بالمكربسكوب (وهي النظارة المعظمة) وجدت
بها تضاريس بارزة وتأثير هذه التضاريس يتعين تحرك عجلات العربة

وذلك ان العجلة اذا كانت مصقولة صقلا جيدا وكانت الارض افقية فان
العجلة حين تجذبها القوة الافقية تمس الارض دائما بدون أن يعرض لها ادنى
مقاومة الا أنه بالتناقل تعشق اضراس العجلة بتضاريس الارض فتقف العجلة

وتجبر على الدوران ثانيا حيث انه يعرض لها في كل وقت مقاومة جديدة لعدم
جراً من سرعتها حتى تقف عن الدوران بالسكينة ما لم تتجدد القوة المعدومة
وقد شوهد في عدة اماكن من بلاد الانكليز سكك من الحديد مخرسة
تدحرج عليها عربات ذات عجلات مخرسة ايضا وكلاهما شاهد واضح على
ما اسلفناه من أن السطوح المصقولة كثيرا او قليلا وكذلك السكك المسطحة
والعجلات الاعتيادية لا تخلو عن الخرسنة . .

فاذا فرضنا أن العجلات المخرسة اسطوانية او مخروطية وان محاورها بناء على
ذلك متوازية او متباعدة عن بعضها فان نسبة القوة للمقاومة ليست دائما
عين نسبة لبعاد النقطة التي تماس فيها الاضراس مع الاسهم المتناظرة التي
تصل القوة بالمقاومة

ثم ان صناعة العجلات المخرسة هي من ادق الصناعات وذلك انها تستلزم
مراعاة القواعد الهندسية المضبوطة المتعلقة بتقسيم الدائرة (راجع خواص
الاسطوانات في الدرس الثالث والثامن من الجزء الاول وكذلك خواص
المخروط في الدرس الرابع عشر منه)

فاذا كان المطلوب صناعة عجلات ذات قطر كبير لزم مزيد الالتفات الى القواعد
الهندسية في صناعة الاضراس لانها من الامور المهمة ولا بد ايضا أن تكون
العجلات دائرة على وجه بحيث تنطبق نقط الضرسين المتماسين على بعضها
كانطبق عجلتي العربتين على الارض بدون أن تتزحلق احدهما وتحتك على
الآخرى حتى يكون سيرها على وفق المرام من سرعة او بطئ .

وهناك مؤلفات في علم الميكانيكا تشتمل على حل مثل هذه المسائل حللا تاما
فن اراد ذلك فعليه بها (منها رسالة الالات للمهندس هاشيت وهي
رسالة جلييلة نافعة)

وعوضا عن استعمال عدد قليل من الاضراس الكبيرة البارزة القصيرة كما كان
ذلك سابقا استصوب استعمال عدد كثير منها وجعلها قليلة البروز
والعرض طويلة عن المتقدمة ليكون لها صلابة كافية فيسهل حينئذ رسم صورة

الاضراس ويكفي في ذلك أن يكون جانبها على صورة مستطيل زواياها البارزة منفرجة قليلا وتكون مستديرة استدارة خفيفة في الوجهتين العموديتين على محيط العجلة وهذه الآلة عند تحركها في مبدء الامر تبرى الاجزاء البارزة جدا وان لم يذ كر ذلك في النظريات لكنها بالاستعمال تصير مستحسنة لطيفة واغلب صناعات الآلات والساعات الكبيرة يسلكون هذا المسلك في طاراتهم المضرسة الاعتيادية غير أن استدارة هذه الطارات تكون تامة فيستعمل صناعات الساعات الكبيرة طارات لاضراسها صور متنوعة ومتباينة بالكلمة منها ما هو على شكل محيط اسطوانة (شكل ١٧) ولطارات الجزء او المنع (شكل ١٦) (وهي آلات تدير الى جهة وتمنع الدوران الى اخرى) اضراس مسننة ومائلة الى ذراع الرافعة الذي يمنع العجلة عن الرجوع والتأخر واذا حصل عند التأخر والرجوع ضرر كبير او خطر في التحرك المستدير لزم المبادرة الى آلة المنع ما لم يستعمل لذلك الحاجز المسمى بالزامم الآتى ذكره في الدرس الثالث عشر المتعلق بالاحتكاك

وفي الغالب يستعمل التركيب الآتى وهو أن احدى الطارات المضرسة تستبدل باسطوانة مضرسة منيرة تعرف بالفانوس (شكل ١٥) وتتركب هذه الاسطوانة من عدة قضبان مستديرة ومحاورها على بعد واحد من بعضها وتكون على محيط مستدير ويكون في المسطحين المصنوعين على شكل دائرة ثقبين مربعين تعرف بالعاشق يدخل فيهما اطراف القضبان المربعة المعروفة بالمعشوق وحيث ان الفانوس المذكور ليس الا طارة مضرسة فان نسبة القوة للمقاومة تقوم بمقتضى القاعدة المطردة التي سبق توضيحها

والكرينك وهي نوع من المنجنون (شكل ١٨) آلة يكون محور طارتها المضرسة وهو **ا ب** ثابتا واما قضيبها المستقيم المضرس وهو **هـ** فانه يكون متحركا بواسطة العجلة

ويوجد في الكرينك البسيطة ما نويلة كما نويلة **ث ب** تتحرك بها

طارة آ المضرس المتعشقة بقضيب هـ المضرس وفي هذه الآلة
تكون نسبة القوة الى المقاومة هي $\frac{ح}{ر} = \frac{ثب}{ثا}$ وترى في هذا

التساوى أن $\frac{ثب}{ثا}$ هي نسبة المسافتين المقطوعتين في زمن واحد بالقوة

والمقاومة

واما الكريك المركبة (شكل ١٩) فلها مانويلة تؤثر على الترس الصغير الاول
المتعشق بالعجلة التي على محورها ترس صغير ثان متعشق مباشرة بقضيب الكريك
وبجعل $\overline{د}$ و $\overline{ك}$ رمزين الى نصفي قطري المانويلة والعجلة و $\overline{ز}$ و $\overline{ح}$
رمزين الى نصفي قطري الترسين المذكورين يحدث معنا في هذه الحالة الجديدة
شرط التوازن وهو

$$\overline{ح} \times \overline{د} \times \overline{ر} = \overline{د} \times \overline{ز} \times \overline{ح}$$

مثلا اذا كان $\overline{د}$ ثلاثة امثال $\overline{ز}$ و $\overline{د}$ ثلاثة امثال $\overline{ز}$ تحصل معنا
 $\overline{ح} \times 3 = 3 \times \overline{ح}$ او $\overline{ر} = \overline{ح}$ فاذا تكون قوة $\overline{ح}$
موازنة لقوة اكبر منها ٩ مرات واما في الابعاد التي يقع فيها القضيب المضرس
مباشرة على الترس الصغير الاول فان قوة $\overline{ح}$ لا تكون موازنة للقوة اكبر منها
٣ مرات غير انه اذا اريد تحصيل التحرك يلزم أن قوة $\overline{ح}$ تقطع ٩ مرات
مقدار من المسافة اكثر من المقاومة

* (الدرس الحادي عشر) *

في بيان التوازن على المستويات الثابتة والمستويات المائلة وسكك الحديد
الى مستوياتها مائلة

قد اعتبرنا فيما تقدم نقطة ثابتة في توازن الرافعة ومستقيما الى محور ثابتا في توازن
قرص البكرة والمنجنون وماشا كلهما ولنبحث الان عن توازن القوة المؤثرة
على مستوي ثابت بفرض هذا المستوى مصقولا صقلا جيدا فنقول

لكيلا يحصل ادنى تحرّك من قوة ح ث (شكل ١٠) الدافعة لنقطة ث المادية على مستوى أ ب الثابت يلزم أن تكون هذه القوة عمودية على المستوى المذكور

فإذا كانت القوة المذكورة عمودية على المستوى الثابت فإن النقطة المادية لا تتحرّك في جهة أكثر من أخرى مضادة لها بل تبقى ساكنة حيث أن كل شيء يصير متماثلاً في اتجاه القوة وفي شكل المستوى المعتبر في سائر الجهات وإذا كانت قوة ح ث المذكورة مائلة (شكل ٢) أمكن حلها إلى قوتين أحدهما وهي ش خ متجهة على المستوى المتقدم والآخرى وهي ش ح عمودية على هذا المستوى وحيث أن تأثير هذه القوة الأخيرة منعدم بالمستوى المذكور لم يبق إلا قوة ش خ وحدها فتؤثر في اتجاه ش أ ولا يحصل لها ادنى مقاومة وبذلك لا يمكن حصول التوازن

ولنفرض الآن أن هناك عدة مامن القوى مثل ش ح و ش خ و ش ز الخ (شكل ٣) كلها دافعة لنقطة ث المادية على مستوى أ ب فيلزم جعل كل قوة منها في طرف الأخرى بدون أن يتغير اتجاهها ثم يغلق مضلع القوى بمسّتين آخريدل مقدارا واتجاهها على محصلة هذه القوى فينتدلا يحصل التوازن (شكل ٣) إلا في الصورة التي تكون فيها ش ز أعني محصلة سائر القوى المذكورة عمودية على المستوى الثابت فإذا لم يحصل التوازن فإن نقطة ث المادية (شكل ٤) تتحرّك على طول المستوى الثابت كما لو كانت مدفوعة بقوة ش ر المنفردة المساوية لمسقط محصلة ش ر على المستوى الثابت

ولنفرض بدلا عن النقطة المادية جسم ث هـ (شكل ٥) المدفوع على المستوى الثابت بقوة ح فيلزم أن يكون اتجاه ح ماراً بنقطة ث متى كانت هذه النقطة وحدها مشتركة بين المستوى والجسم لأنه إذا فرضنا أن قوة ح تمر بنقطة أخرى من نقط المستوى الثابت كنقطة ث

واوقعنا هذه القوة في نقطة الجسم وهي $\overline{د}$ القريبة بالكلية من المستوى
الثابت على $\overline{ح}$ $\overline{ث}$ لم يكن هنالك مانع يمنع قوة $\overline{ح}$ من دفع نقطة $\overline{د}$
حتى تماس المستوى فتجذب حيثئذ جسم $\overline{ث ه ف}$ كله فاذن لا يحصل
التوازن

ولا بد أن تكون قوة $\overline{ح ث}$ دائما عمودية على المستوى الثابت حتى
لا تنحل الى قوتين احدهما عمودية بعدمها المستوى والثانية متجهة الى
جهة ذلك المستوى من غير أن يعارضها شيء

فاذا اثرت عدة قوى في الجسم لزم أن تمر محصلتها بنقطة $\overline{ث}$ وأن تكون
دائما عمودية على المستوى الثابت ليبقى الجسم متوازنا دائما .

فاذا فرضنا الآن أن الجسم يمس المستوى في نقطتي $\overline{آ}$ و $\overline{ب}$ (شكل ٦)
لزم أن تكون المحصلة الكلية لسائر القوى المؤثرة في الجسم مفعلة الى قوتين
تتزان بالنقطتين المذكورتين .

وبالجملة فليكن $\overline{ر ر}$ هو المسقط الرأسي (شكل ٦) لمحصلة سائر القوى

وليكن $\overline{أ ب}$ و $\overline{ش ه}$ المساقط الاقضية لوضع نقطتي $\overline{آ}$ و $\overline{ب}$ الثابتين

ونقطة $\overline{ر}$ التي تلاقي فيها المحصلة المستوى الثابت

فيمكن أن نمد أولا من $\overline{ب}$ مستقيما $\overline{ش ه}$ ونحل

قوة $\overline{ر ر}$ الى قوتين موازيتين لقوة $\overline{ر ر}$ احدهما وهي $\overline{ح}$ واقعة على
 $\overline{ب}$ والاخرى وهي $\overline{ب خ}$ واقعة على اى نقطة كانت مثل نقطة $\overline{ث}$ من مستقيم

$\overline{ب ر ث}$ وحيث ان قوة $\overline{ح}$ عمودية على المستوى الثابت ومارة بنقطة $\overline{ب}$
التي يكون فيها الجسم مماسا للمستوى لا يمكن أن يتغير وازن المستوى فلم يبق

حيثئذ الا قوة $\overline{خ}$ التي لا يدور بها الجسم الا اذا لم تكن نقطة $\overline{ث}$ مشتركة بين
هذا الجسم والمستوى الثابت ما لم تكن نقطة $\overline{ث}$ المذكورة موجودة

بين \bar{A} و \bar{B} لانها اذا كانت موجودة خلف واحدة منهما رجا قلبت الجسم الى تلك الجهة

ولنفرض جسما مستندا من نقطه الثلاثة وهي \bar{A} و \bar{B} و \bar{C} (شكل ٧) على مستو ثابت ونصل بين تلك النقط الثلاث بمستقيمات \bar{AB} و \bar{BC} و \bar{CA} فلاجل أن يكون الجسم الواقع عليه تأثير قوة ما كقوة \bar{C} متوازنا يلزم أولا أن تكون هذه القوة عمودية على المستوى الثابت وثانيا أن لا تكون النقطة التي تلاقى فيها تلك القوة المستوى الثابت موضوعة خارج مثلث \bar{ABC} لانه بدون ذلك لاشئ يمنع القوة عن إيقاع الجسم من الجهة التي تكون هي موجودة فيها فاذا كان الجسم المستند على المستوى الثابت عدة نقط بدلا عن نقط الارتكاز الثلاث لزم أن نصل بين كل نقطتين منها بمستقيم بحيث يحدث من ذلك شكل مضلع مغلق انغلاقا تاما خال عن الزاوية الداخلة فينتهذ تكون شروط توازن الجسم المدفوع بالقوة هي أولا $\sum \vec{F} = 0$ كون هذه القوة عمودية على المستوى الثابت وثانيا أن لا يكون اتجاهها الممتد الى المستوى الثابت خارجا عن المضلع المذكور

واذا اعتبرنا ثاقلا الاجسام عند اقترانها ببعضها وعند حساب مواد الالات كانت صور التوازن المتنوعة على غاية من الوضوح

وما ذكرناه في شأن الاجسام الموضوعة على المستويات يجري كله في الاجسام الموضوعة على سطوح اياما كان شكلها سواء كانت تلك الاجسام مركبة من اجزاء مستقيمة او منحنية ويلزم دائما أن تكون محصلة القوى المؤثرة في الجسم منخلة الى قوى مارة بنقط الارتكاز وعمودية على السطح الثابت وكذلك يلزم أن لا تكون هذه المحصلة مارة من خارج المضلع الخالي عن الزوايا الداخلة الحادث من المستقيمات الواصلة بين نقط الارتكاز

وفي الفنون عمليات كثيرة تجارية على حسب تلك القواعد * مثلا يلزم لاجل

توازن قلم النقش عند دفعه باليد على اى سطح كان أن يوجه عموديا على هذا السطح حتى لا يتزحلق وأن يكون دفع القوة في اتجاه رأسه الى سنه والواقع او تزحلق

فاذا كان الجسم مدفوعا على مستو ثابت وكان مستندا عليه باكثر من ثلاث نقط لزم أن نراجع في هذه المسئلة القواعد المقررة في شأن هذا الجسم وما مائله لنعلم القوانين التي يحصل بها تدارك الضغط الواقع من الجسم في كل نقطة من نقط تلاقيه مع المستوى الثابت

وذلك لان هناك صورة شهيرة تبين فيها مقدار هذا الضغط بلا واسطة وهى التي يتكون فيها من جميع نقط التماس على المستوى الثابت شكل منتظم وتكون فيها القوة الدافعة للجسم على ذلك المستوى متجهة الى جهة بحيث تمر مركز هذا الشكل واذا فرضنا أن الجسم متماثل بالنسبة للمستويات التي تمر على التناظر بمجاور تماثل المضاع او الشبكي المنتظم الحادث من نقط التماس كان الضغط الواقع على كل من هذه النقط واحدا فعلى ذلك يكون الضغط الواقع على كل جزء من اجزاء سطح التماس مساويا للقوة الدافعة للجسم على المستوى الثابت مقسومة على عدد هذه النقط

ويكثر في الفنون استعمال عدة عظيمة من الاجسام الموضوعة على المستويات الثابتة في نقط موضوعة وضعا مرتبا على حسب ما تقتضيه قواعد التماثل المذكورة آنفا

وقد يستند الانسان وغيره من الحيوانات ذوات الارجل ثقل اجسامهم على ارجلهم المتماثلة التي مستوى تماثلها هو عين مستوى الجسم فعلى ذلك يكون الضغط الواقع على كل رجل واحدا * وفي الامور الصناعية يجعل لاغلب الاشياء المستعملة ثلاث نقط او اربع من نقط الارتكاز ويطلق على اجزاء الجسم التي تباشر الارض اسم الارجل لعلاقة المشابهة بينها وبين الارجل الحقيقية لانها في الغالب تكون على صورة رجل الانسان او غيره من الحيوانات وذوات الارجل الثلاث هي كاسمها آلة مركبة من ثلاث ارجل فاذا كانت

صورتها مستوفية لشروط التماثل المتقدمة كان الضغط الحاصل لكل رجل على المستوى مساويا لثالث القوة التي تدفع ذات الارجل الثلاث دفعا عموديا على المستوى المذكور والتختات والاسرة لهما ارجل اربع وهى مستوفية لشروط التماثل المتقدمة وبناء على ذلك يقع على كل رجل من تلك الارجل الاربع ربيع الضغط الواقع عموديا على المستوى الثابت باى قوة كانت وهنالك اشياء تحملها مستويات ثابتة على خطوط متواصلة منتظمة فى صورة ما اذا استوفى الجسم شروط التماثل يكون الضغط الواقع على جميع نقط هذه الخطوط واحدا وعليه فيكون الضغط الواقع على كل واحدة منها على نسبة منعكسة عن نسبة طولها الكلى

ويستعمل فى القنون غالباً سطوح الدوران فتوضع على مستوى م ن الثابت (شكل ٨) وتكون مماسة لهذا المستوى على شكل دائرة

ا ب ث الموازية له فاذا كانت القوة التي تضغط السطح على المستوى تضغط هذا السطح ايضا على محوره كان بالضرورة الضغط الواقع على جميع نقط دائرة التماس واحدا هذا ولم تتوغل فى بيان تطبيق هذه العمليات على الصناعة

ولنفرض أن جسم ب ث ف (شكل ٩) الموضوع على مستويين ثابتين كستوى ا و يكون مماسا لهما فى نقطتي ب و ث فلاجل أن يكون هذا الجسم الواقع عليه تاثير قوة ا ح متوازنا يلزم بالضرورة أولا أن نحلل هذه القوة الى قوتين متجهتين على حسب مستقيمي ح م و ح ن المارين بنقطتي الارتكاز وهما ب و ث وثانيا أن يكون

ح م عمودا على مستوى ا و ح ن عمودا على مستوى و فاذا توفرت الشروط انعدمت قوة ح م بمستوى ا الثابت وقوة ح ن بمستوى و الثابت وبذلك يحصل التوازن

ولا يمكن حصول التوازن فيما عدا ذلك لان المقاومة الحاصلة من كل مستو متجهة على العمود الواصل بين نقطتي ارتكاز الجسم على هذا المستوى فيلزم

اذن ان تكون المقاومتان المتجهتان بهذه المثابة موازيتين للقوة لكن لاجل توازن ثلاث قوى يلزم أن تكون من مبدأ الامر متقابلة في نقطة واحدة وعلى ذلك فلا بد في سائر احوال الجسم المدفوع بقوة على المستويين المماسين له في نقطة واحدة من أن يكون المستقيم الذي تؤثر فيه هذه القوة والعمودان القائمان على كل من نقط التماس مارة كلها بنقطة واحدة وحينئذ يعرف الضغط الواقع على كل مستو من متوازي الاضلاع الحادث من هذه الخطوط الثلاثة بأن يؤخذ على الاول منها وتر مساو للقوة

وفي صورة ما اذا كان الجسم مماسا لثلاثة مستويات في نقطة واحدة يلزم أن تكون القوة المذكورة دائما موازنة للقوى الواقعة في النقط المتقدمة على الخطوط العمودية على هذه المستويات والدالة على المقاومات المؤثرة في المستويات وليس بلازم أن تكون سائر اتجاهات المقاومات متقابلة في نقطة واحدة

ولنفرض جسم $\overline{م ب}$ (شكل ١٠) الواقع عليه تأثير قوتين $\overline{ح}$ و $\overline{خ}$ اللتين يتقابلان في نقطة $\overline{ا}$ ويكونان متوازيتين حول نقطة الارتكاز وهي $\overline{ث}$ على مستوى $\overline{س ص}$ الثابت ونفرض ايضا بدون أن يتغير وضع نقطة الارتكاز المذكورة أن وضع $\overline{ث ا}$ مختل قليلا بأن ندير $\overline{ث ا}$ حول نقطة $\overline{ث}$ فاذا مددنا عمودى

$\overline{ث د}$ و $\overline{ث ه}$ على $\overline{ا ح}$ و $\overline{ا خ}$ امكن اعتبار $\overline{د ث ه}$ كرافعة منكسرة وبموجب ما تقرّر في شأن الرافعة تكون مسافة $\overline{د ا}$ التي تقطعها نقطة $\overline{د}$ ومسافة $\overline{ه ا}$ التي تقطعها نقطة $\overline{ه}$ عند اختلال الجسم قليلا مناسبتين لقوتى $\overline{ح}$ و $\overline{خ}$ المقابلتين لهما بمعنى انه يحدث

$\overline{ح} : \overline{خ} :: \overline{ه د} : \overline{د ا}$ ويحدث من ذلك $\overline{ح} \times \overline{د ا} = \overline{خ} \times \overline{ه د}$ ويمكن في هذه الصورة استعمال قاعدة السرعة المنبهة

وحيث كانت جميع الاجسام مدفوعة دائما بقوة التثاقل لزم أن تكون الاجسام
الموضوعة على المستويات مستوفية للشروط السابقة حتى تبقى على توازنها
فاذا فرضنا أن اى قوة تحرك الجسم الموضوع على مستو ثابت ولا تمسكه بحيث
يبقى على توازنه لزم أن يكون هذا المستوى عمودا على اتجاه التثاقل اعنى على
الخط الرأسى

ويلزم حيثئذ أن يكون هذا المستوى الثابت افقيا ليكون الجسم الموضوع
عليه متوازنا من غير أن يكون هنالك قوة تحركه او تمسكه وهذا هو السبب فى كثرة
استعمال المستويات الثابتة الافقية فى الفنون فمن ذلك تخشيبات المنازل
الفرنجية المستعملة عندهم بدلا عن البلاط فانها تجعل افقية ليكون ما يوضع
عليها من الامتعة متوازنا وكذلك الانسان فانه لا يتزحلق ولا يسقط من
جهة الى اخرى ويمثل هذا السبب جعلوا مستويات التختات والرفوف
افقية ايضا

فاذا كانت محصلة ثقل الجسم مارة دائما بمركز ثقله لزم أن تكون مستوفية لجميع
شروط التوازن ليكون الجسم الخلى لتثاقله والموضوع على مستوا فاقى باقيا
على توازنه

وينتج من ذلك اولا انه اذا كان الجسم الموضوع على المستوى لايمسه
الا فى نقطة واحدة لزم أن يكون الخط الرأسى الممتد من هذه النقطة مارا بمركز
ثقل هذا الجسم

وثانيا انه اذا كان الجسم الثقيل يمس المستوى الثابت فى نقطتين يلزم أن يكون الخط
الرأسى الممتد من مركز ثقل هذا الجسم مارا بالمستقيم الواصل بين نقطتي تماس
الجسم مع هذا المستوى الثابت

وثالثا انه اذا كان الجسم الثقيل يمس المستوى الثابت فى اكثر من نقطتين يلزم أن
الخط الرأسى الممتد من مركز ثقل هذا الجسم لايمس المستوى الثابت
فى نقطة واحدة موضوعة خارج المضلع الخالى عن الزوايا الداخلة الحادث من
المستقيمات التى يصل كل واحد منها بين نقطتين من نقط تلاقي الجسم مع المستوى

الثابت المذكور

ولنرجع الى موضوعنا وهو ما اذا كان الجسم مستندا على نقطة واحدة ومتوازنا فنقول مما يسهل علينا مشاهدته أن كل جسم كروي مثل أ ب ث (شكل ١١) متجانس المادة تثبت له هذه الخاصية وهي انه اذا وضع على مستواقي كان متوازنا فيه بالضرورة لان مركز ثقل هذا الجسم يتحد بمركز شكله ويكون كل نصف قطر مثل غ ح ث عمودا على مستوى م ن الافقي الذي يمر الكرة في نقطة ث فاذا كان مستقيما غ ح ث العمودي على مستوى م ن الافقي رأسيا وحيث تكون قوة غ ح المكافئة لتأثير ثقل هذا الجسم على م ن مستوفية لسا والشرط التي لا بد منها في التوازن

ولنأخذ جسما مثل أ ب ث (شكل ١٢) له صورة كالمسحقة يكون حادثا من دوران قطع ناقص حول محوره الكبير فاذا وضع هذا الجسم على مستواقي بحيث يكون المحور الكبير وهو أ ب افقيا كان التوازن حاصلًا لان غ الذي هو مركز ثقل هذا الجسم المتجانس المادة فرضا يتحد بمركز شكله كما في الجسم الكروي ويكون خط ح غ ث الرأسى الممتد من المركز مارا بنقطة ث التي يكون فيها الجسم مماسا للمستوى الافقي ويحصل التوازن ايضا اذا وضع جسم أ ب ث على وجه بحيث يكون المحور الكبير وهو أ غ ب (شكل ١٣) رأسيا لان محصلة ثقل هذا الجسم اذا كانت مارة بمركز غ كانت مارة ايضا بنقطة أ

ولكن هنالك فرق ظاهر بين حالتى التوازن وهوانه اذا تغير وضع هذا الجسم قليلا (شكل ١٢) تتحرك فورا حتى يصل الى الوضع الذي يحصل فيه التوازن واذا تغير وضع الجسم (شكل ١٣) قليلا تباعد عنه شيئا فشيئا حتى يسقط

وقد يكون التوازن الاول ثابتا والثاني غير ثابت ويكفى بالثابت وغير الثابت

عن القوة التي تقرب بها الاجسام او تبعد من اوضاع توازنها عند تحوّلها عن تلك الاوضاع

(ويمكن بواسطة ما سلفنا من نتائج حل هذه المسئلة وهي أن تفرض جسمين بجسمي ا ب ث و ا ب ث (شكل ١٦) توازنهما غير ثابت

وموضوعين على مستوى م ن بحيث يكون خطا ا غ و ا غ رأسيين والمطلوب تحصيل الشروط التي لا بد منها في توازن هذين الجسمين المتخرفين عن وضع توازنهما وان كانا مستنديين على بعضهما في نقطة د فلاجل مزيد السهولة تفرض أن هذين الجسمين متساويان بالكلية وأن ميلهما واحد وليكن ح رمز الثقلهما

فيكون كل منهما ماسا للآخر على مستور رأسي ويحدث من كل منهما على الآخر ضغط واحد كضغط س = س وليكن الان غ ه و غ ه

هما الرأسيان النازلان من نقطتي غ و غ اللتين هما مركزا ثقل هذين الجسمين ولتكن ث و ث هما قنطارتا لاقيهما مع مستوى م ن

فيكون مقدار ح بالنسبة الى جسم ب ث د هو ح × ث ه وبالنسبة الى جسم ر ث د هو ح × ث ه وهذان المقداران

متساويان لكن حيث ان س و س هما كناية عن الضغط الحاصل من كل من الجسمين على الآخر فاذا اقنا من نقطتي الارتكاز وهما

ث و ث عمودي ث س و ث س على هذين الجسمين حدث س × ث س = س × ث س وهو المقدار المتحصل من هذا

الضغط

وحينئذ يلزم أن يتحصل في حالة التوازن

$$\underline{\underline{ح}} \times \underline{\underline{ث ه}} = \underline{\underline{س}} \times \underline{\underline{ث س}} = \underline{\underline{ح}} \times \underline{\underline{ث ه}} = \underline{\underline{س}} \times \underline{\underline{ث س}}$$

فاذا كانت الاجسام ثلاثة فان حل المسئلة يكون على الوجه السابق بأن نجعل مقدار ح × ث ه الذي هو مقدار كل جسم منها متوازنا مع

الضغط الحاصل من كل من الثلاثة على الآخرين
ويحل العساكر هذه المسئلة بوجه آخر على وذلك انهم يضمنون ثلاث بنادق
الى بعضها فاذا توازن كل منها على ش التي هي زاوية الكعب لم يكن توازنه
ثابتا بخلاف ما اذا تقاطعت السبع بحيث يحصل من طرف كل منها ضغط
على الآخرين فان التوازن يكون ثابتا وحساب الضغط الحاصل من كل
بنادقة على الآخرين ليكون التوازن حاصل في هذا الوضع هو على غاية من
السهولة

ولنختبر قياس القوة التي توصل الجسم المقروض الى حالة التوازن او تبعده
عنها بأن نبدأ بالوضع الاول فنقول اذا فرض أن محور AB الكبير يميل
قليلا كما في (شكل ١٤) بحيث لا يكون مماسا للمستوى الافقي في نقطة

C وانما يكون مماسا له في نقطة D فلا يكون حينئذ MC ث

اتجاه محصلة ثقل الجسم بل يكون اتجاها هو CH غ د

فاذا اثرت الان قوة $H = C$ في جسم AB وادارته حول
نقطة الارتكاز وهي D بواسطة ذراع رافعة يساوي DD فان المقدار

الذي به يخفض ثقل الجسم جزء CH و يرفع جزء CD غ ب ث غ
يساوي $H \times CD$ لكن حيث كان CH الذي هو ثقل الجسم باقيا على
حالة واحدة فكما تباعد الجسم المذكور عن الوضع الاصلى كبر CD وكما كبر
مقدار $H \times CD$ فان الجسم حينئذ يعود مع الشدة الى وضعه الاصلى فاذا
خلي ونفسه وصل بطبيعته الى الوضع الذي يكون فيه متوازنا وهذا التوازن
هو المعروف بالتوازن الثابت

فاذا انما مستقيم CH و الرأسى حتى يصل الى مستقيم CH غ ب

الذي هو رأسي في وضع التوازن ثم مددنا خط CH غ ب الافقي حدث DE

$= CH \times DE$ فعلى ذلك يكون $CH \times DE$ مساويا للمقدار الذي

ياخذه الجسم وضعه الاصلى واذا فرضنا أن زاوية CH غ ب صغيرة

جدا امكن أن نعتبر أن $\overline{غ غ}$ مساو للقوس المرسوم بنصف القطر و

$\overline{و غ}$ بين $\overline{و غ ث}$ و $\overline{و غ د}$ من نقطة و المعتبرة مركزا
ثم ان نقطة $\overline{و}$ هي التي تعرف عند المهندسين بنقطة مركز انتصاب الجسم
بجسم $\overline{ا ث ب}$ فعلى ذلك اذا كان التوازن ثابتا كان مركز الانتصاب
فوق مركز الثقل دائما وفي صورة ما اذا كان لميل الخط الرأسى الجديد وهو
 $\overline{و د}$ على الخط الرأسى الاصلى وهو $\overline{و ث}$ درجة ثابتة يكون قوس

$\overline{غ غ}$ مناسباً لنصف القطر فاذا كان $\overline{ح} \times \overline{غ غ}$
مناسباً ايضا لنصف قطر $\overline{غ و}$ ومساويا لبعدها مركز الثقل ولمركز الانتصاب
وحيث نؤخذ من هذا البعد قياس ثبات الاجسام

ولنتكلم على الوضع الثانى فنقول اذا فرضنا ان بعد وضع جسم $\overline{ا ث ب}$
على $\overline{ا}$ التي هي طرف محوره الاكبر انحرف عن وضع توازنه قليلا كما في
(شكل ١٥) الذي فيه نقطة $\overline{د}$ الجديدة هي نقطة تلاقي الجسم مع
المستوى الافقى فاذا ممددنا خط $\overline{غ د}$ الرأسى فانه يقع خارج تقطى
 $\overline{ا و د}$ ويحدث معنا لقياس القوة التي بها يجذب ثقل $\overline{ح}$ الجسم

حتى يسقط هذا المقدار وهو $\overline{ح} \times \overline{د د} = \overline{ح} \times \overline{غ غ}$

وفي هذه الصورة كالتى قبلها اذا كانت زاوية $\overline{غ و غ}$ صغيرة جدا اسكن
أن نعتبر أن $\overline{غ غ}$ قوس مركزه نقطة $\overline{و}$ فيكون حينئذ نصف قطر

$\overline{و غ}$ مناسباً لبعدها $\overline{غ غ} = \overline{د د}$ بالنظر لميل محور $\overline{ا ب}$
بالنسبة للخط الرأسى

ونقطة $\overline{و}$ المعروفة بمركز الانتصاب في هذه الصورة تكون تحت مركز الثقل
لا فوقه

وبالجملة فبعدها عن مركز الثقل يستعمل لقياس عدم ثبات الاجسام الثابتة
كما استعمل في الصورة السابقة (شكل ١٤) في قياس ثبات جسم

$\overline{ا ث ب}$ الموضوع على مستوى $\overline{م ن}$

فاذا اتحد مركز الانتصاب وهو $و$ بمركز الثقل وهو $غ$ لزم اتحد خطى $ود$ و $غ$ الرأسين ببعضهما الا انه في هذه الصورة يكون الخط الرأسى المار بمركز الثقل المذكور مارا ايضا بنقطة الارتكاز وهي $د$ وينعدم بعد $د$ وعليه فيكون مقدار $ح \times د = ٠$ فاذن لا يكون هنالك جهد يتحرك به الجسم فيبقى متوازنا

وبالجملة ففى اتحد مركز الانتصاب بمركز الثقل كان التوازن باقيا على حاله بعد انحراف الجسم ويسمى التوازن في هذه الحالة بالتوازن الموافق فاذا كان مركز الانتصاب فوق مركز الثقل فان الجسم اذا اختل وضع توازنه يعود الى وضعه الاول فيكون التوازن حينئذ ثابتا واما اذا كان تحته فان الجسم اذا اختل وضع توازنه يبعد عن هذا الوضع شيئا فشيئا ويكون التوازن حينئذ غير ثابت

وفي جميع هذه الاحوال يكون قياس الثبات او غير الثبات معلوما من حاصل ضرب ثقل الجسم في بعد مركز الثقل عن مركز الانتصاب المعبر هنا مركز الانحناء قوس $آد$ المرسوم على الجسم بين $آ$ و $د$

وبذلك تكون خواص ثبات الاجسام المتحركة على المستويات الثابتة من قبيل خواص انحناء السطوح (كما تقدم في الدرس الخامس عشر من الجزء الاول) واذا كان الابداء من نقطة ثابتة كان انحناء الجسم متماثلا بالنسبة لاتجاهين عمودين على بعضهما وكان ثبات الجسم على مستواين متماثلا ايضا بالنسبة لاتجاهين عمودين على بعضهما وكان احدهما من الاتجاهين هو اتجاه الثبات الاكبر والاخر اتجاه الثبات الاصغر وكان الثباتان المتوسطان متساويين متى كانا مأخوذين بالنسبة لمحورين افقيين ويحدث بينهما وبين اتجاه الثبات الاكبر زاويتان مساويتان للزاويتين الواقعتين بينهما وبين اتجاه الثبات الاصغر وهلم جرا

ويؤخذ من هذه المسئلة النظرية المتعلقة بثبات الاجسام المنحرفة قليلا عن وضع توازنها تطبيقات مهمة تتعلق بجميعة الاهالى وثروتهم وشرف الدولة

وقوة شوكتها من ذلك السفن التي يكون توازنها ثابتا على البحر فانها تسير
امنة لاجل جلب ادوات الصناعة والذب عن الوطن بخلاف ما اذا كان
توازنها غير ثابت فانها ربما اقلبت وصار عاليها سافلها وغاصت في قاع البحر
بمن فيها من الملاحين والعساكر ولنظرية ثبات السفن مزيد تعلق بالقواعد
التي ذكرناها آنفا غير أن كمالها يتوقف على قواعد اخرى مبنية على قوة السوائل
(راجع بحث القوت في الحركة في الجزء الثالث من هذا الكتاب)

ولما اتينا الكلام على توازن الجسم فوق المستوى الافقي وجب أن نشرع
في الكلام على توازنه فوق المستوى المائل المعروف في اصطلاحهم بالمستوى
الذي ليس افقيا ولا رأسيا فنقول

يقاس ميل هذا المستوى بالزاوية الحادثة منه مع المستوى الافقي وبموجب
الهندسة (كما في الدرس السابع من الجزء الاول) يتوصل الى قياس تلك
الزاوية الحادثة من المستويين المذكورين بقياس الزاوية الحادثة من خطين
مستقيمين احدهما على المستوى الافقي والثاني على المستوى المائل وكلاهما
ممتد من نقطة واحدة امتدادا عموديا على تقاطع المستويين

ولنجعل خط مرن الافقي كناية عن المستوى الافقي (شكل ١٧)
ومستقيم اث كناية عن المستوى المائل وهذان الخطان يحدث عنهما
زاوية مماثلة للزاوية الحادثة بين المستويين المذكورين

ولنضع جسما ايا كان بجسم س على ثفا فان لم يكن هناك قوة اجنبية
تمسكه امكن حل ثقله وهو غ ح الى قوتي غ غ و غ ح اللتين
احدهما موازية للمستوى المائل والاخرى عمودية عليه وينعدم تأثير القوة
النائية اذا لم يقع عمود غ ح خارج المضلع الحادث من وصل نقط التماس
بعضها بواسطة خطوط مستقيمة فيمكن حينئذ ان يطبق على تلك القوة سائر
ما ذكر في شأن التوازن الثابت وغير الثابت والموافق المتعلق بالاجسام المستندة
على المستويات الافقية

واما قوة $\overline{غ غ}$ فحيث انها مؤثرة بالتوازي لمستوى $\overline{ث أ}$ لا يحصل لها مقاومة مامن هذا المستوى فان لم تكن هناك قوة اجنبية تعارضها زحلت الجسم على طول المستوى المائل
ثم ان نسبة المسافة التي يقطعها هذا الجسم على المستوى الى المسافة التي كان يقطعها في زمن واحد عند سقوطه بلا معارض على $\overline{غ غ}$ كنسبة قوة $\overline{غ غ}$ الجاذبة للجسم بالتوازي لمستوى $\overline{ث أ}$ الى قوة $\overline{غ غ}$ الجاذبة له جذبا رأسيا

واما ان تحرك الجسم بواسطة قوة $\overline{غ غ}$ او كان ممسكا بقوة $\overline{غ غ}$ المساوية لها والجاذبة له في جهة مقابلة لجهتها فانه متى اريد حصول التوازن يلزم ان يكون عمود $\overline{غ غ}$ واقعا على النقطة التي يكون فيها الجسم مماسا لمستوى $\overline{ث أ}$ المائل اذا لم يكن هناك الا نقطة تماس واحدة فاذا كان هناك عدة نقط لزم أن يقع ذلك العمود في المضلع الخالي عن الزوايا الداخلة الحادث من وصل كل نقطتين من النقط التي يكون فيها الجسم مماسا للمستوى المائل وهذه القضية النظرية لها فائدة عظيمة في تطبيقها على ثبات العربات الساكنة او المتحركة

واذا كان جسم بجسم $\overline{غ غ}$ (شكل ١٨) متوازنا على مستوى $\overline{ث أ}$ المائل بواسطة قوة واحدة كقوة $\overline{غ غ}$ الموازية لهذا المستوى لزم اقولا عند تحليل $\overline{غ غ}$ الذي هو ثقل الجسم الى قوة $\overline{غ غ}$ و $\overline{غ غ}$ أن قوة $\overline{غ غ}$ المؤثرة بالعرض في $\overline{ث أ}$ تأثيرا عموديا تجعل ذلك الجسم المجرد عن التثاقل بالعرض متوازنا على $\overline{ث أ}$ وثانيا أن قوة $\overline{غ غ}$ تمر بمركز الثقل وهو $\overline{غ غ}$ فيحدث اذن هذا التناسب وهو

$$\text{قوة } \overline{خ} : \text{قوة } \overline{ح} :: \overline{غ غ} : \overline{غ غ}$$

فاذا مددنا $\overline{ن و}$ عمودا على مستوى $\overline{م ن}$ الافقي كان مثلثا $\overline{ان و}$ و $\overline{ح غ غ}$ متشابهين ويحدث من ذلك هذا التناسب وهو

$$\overline{او} : \overline{ن و} :: \overline{غ ح} : \overline{غ غ} = \overline{غ غ}$$

اعنى أن نسبة نقل الجسم الى قوة $\overline{غ غ}$ الموازنة له كنسبة $\overline{او}$ الذى هو طول المستوى المائل الى $\overline{ن و}$ الذى هو ارتفاعه

واذا كانت قوة $\overline{غ غ}$ (شكل ١٩) اقلية لزم أن تكون $\overline{غ ح}$ التى هى

محصلة قوى $\overline{غ غ}$ و $\overline{ع ح}$ مارة بنقطة $\overline{ح}$ التى يماس الجسم

فيها المستوى فيحدث من ذلك هذا التناسب وهو $\overline{غ ح} : \overline{غ غ}$

$= \overline{ح ح} :: \overline{م ن} : \overline{ن و}$ اعنى أن نسبة ثقل الجسم الى القوة

الموازنة له تكون كنسبة قاعدة المستوى المائل الى ارتفاعه وهذه القضايا

السهلة يكثر استعمالها في علم الميكانيكا

ولنختم هذا الدرس بنبذة مختصرة ملخصة من رحلاتنا الى ابريطانيا الكبرى

تتعلق بالقوة التجارية والطرق السلطانية اتينا فيها بما لا بد منه في سكك الحديد

ذات الاخاديد والمستويات المائلة المستعملة في ابريطانيا الكبرى لانه لا مانع

من ان هذه السكك والمستويات المائلة تكون عظيمة الجدوى في المعامل

المعدة للصناعة بمملكة فرانس فنقول

ان صناعة سكك الحديد ذات الاخاديد منحصرة في صورتين متباينتين تباينا

كلياً احدهما أن يكون النقل حاصل على اتجاه واحد والثانية أن يكون

على اتجاهين متقابلين

واسهل ان فى الصورة الاولى أن ترفع الاحمال المعدة للنقل رفعا رأسيا بواسطة

الآلات حتى تصل الى رأس السكة المائلة وهو رأس لا يتجاوز العربات بل

تأخذ في الهبوط عند الوصول اليه

فاذا كان المطلوب هبوطها لاجل توصيل احمالها الى النهرات او الخجان

او السكك الكبيرة سواء كانت المسافة كبيرة ارض صغيرة فانه بواسطة السكك

المطروقة ذات الاخاديد يسهل النقل مع حصول الفائدة والكيفية الناجحة

في ذلك أن يعطى ما يلزم من الاخشاب للتجارة وللعمارات الداخلية التى تكون

في الاماكن المرتفعة البعيدة جدًا عن النهر حتى يتأتى بواسطة السكك ذات الاخاديد من غير احتياج الى كثرة الرياح الطيبة وصول تلك الاخشاب الى الخليجان وعمومها فيها وهذا من الاغراض المهمة جدًا في القوة والتجارة البحرية وفي كثير من فروع الصناعة الفرنسية

ثم ان اتفق الانحدارات واكثرها ملائمة للسكك ذات الاخاديد هو ما لا يمنع العربات الموسوقة من اخذ تحرك منتظم بواسطة تأثيراتها الا غير فاذا سار القرس في هذا الانحدار وكان يجزّ قطاراً من العربات لم يحتاج في ذلك الا الى القوة اللازمة للظفر بآئرسى المجسمات التي يتقلها وبالموانع الصغيرة التي تحدث عما يكون في مسكة الحديد من الخشونة والتضاريس الهينة الخفيفة

وينبغي أن يكون عدد العربات الموسوقة التي يجزّها القرس مساوياً لعدد العربات الكثيرة الفارغة التي يصعد بها على تلك السكة وعلى ذلك فكلما كبر ميل السكة قل هبوط القرس بالعربات في كل مرة من سيره ويؤخذ من ذلك أن هنالك انحدارات اتفق مما عداها من سائر الانحدارات وهو ما استعملت فيه قوة القرس كلها صعوداً وهبوطاً بدون تلف لشيء وكلما ثقلت العربة الموسوقة لم أن يكون الميل الذي تبتدئ فيه بالهبوط بنفسها قليلاً وأن يكون عدد العربات الفارغة التي يصعد بها القرس الى هذا الميل كثيراً وحينئذ فاستعمال العربات الكبيرة في هذه الصورة أكثر نفعاً واتم فائدة كعربات ضواحي مدينة

نوكاستل التي كل واحدة منها تحمل ٢٠٥٠ كيلوغرام ويزن ثقلها ١٠٥٠٠ كيلوغرام فهي اولى من عربات ضواحي مدينة جلاسغوف التي لا تحمل كل واحدة منها الا ٦٠٠ كيلوغرام ولا يزن ثقلها الا ٣٠٠ كيلوغرام

وصندوق هذه العربات (اي عربات نوكاستل) على شكل هرم ناقص مربع مجوف ومكشوف من اعلاه وهرض قاعدته السفلى ٦ د ١ وطولها ٢ وطول قاعدته العليا من ٨ د ٢ الى ٣ و عرض كل ضلع من اضلاعه

المائلة على الافق بقدر ٤٥° تقريباً يبلغ ٦ ر ١^م ويوجد في عمق العربية طاقة معدة لتفريغ وسقها وهي موضوعة في طرف العربية المقابل للسفن التي يراد وسقها وعليها قدمان من الحديد لاجل سدها يدوران بواسطة لواب وينزلان على الواجهة المائلة التي تكون في مقدم العربية فيستبكان هنالك برزتين او سمارين معوجين فاذا اردنا غلق تلك الطاقة ادخلنا شوحيه صغيرة في حلقتي الرزتين فاذا اخر جناها وخلصنا قديم الحديد انفتحت بسبب تأثير وسقها واهبط ذلك الوسط بين عجلاتها الاربع

وهناك طاقات في مقدم العربية ومؤخرها معدة لربط حبل الشد بها اذا اريد ذلك وقطر عجلات حديد الصب يبلغ ٦ او ٧ دسيمترات وعرضها الافقى ١٥ او ١٦ سنتيمترا وبها انشاء داخل دائماً في سكة الحديد وعرض السكة ١٤ او ١٥ دسيمترا

ولنذكر الآن جملة من خواص السكة ذات الاخاديد الشهيرة التي توصل الى شواطئ نهر الوار بقرب سوندرلند فنقول

ان معدن الفحم الذي هو مبدأ تلك السكة بعيد عن المكان الذي ينزل منه الى السفن بقدر ١٠ كيلومتر تقريباً ولا يوجد في سائر امتداد هذه الارض التي تقطعها العربية انحدارات عظيمة وانما كان هنالك تلال تعارض العربات قليلاً فاحدثوا بها مسلكاً لاجل المرور وهذه السكة توصل الى ساحل منحدر يكتنف نهر الوار بواسطة جسر افقي متجه الى الطبقة الاولى من مخزن متسع مبني في اعلى هذا الساحل وطول هذا المخزن تقريباً ٥٠^م وعرضه من ٢٥^م

الى ٣٠^م ويرتفع ارتفاعه عن الاستواء المتوسط من مياه النهر باربعين متراً فاكثروا هو مركب من ثلاثة اجزاء طويلة متفرقة عن بعضها بصفين من الاعمدة وكل من سطوح الطبقة الاولى الثلاثة يتصل به سكة من الحديد وكل سطح منها ممتد من اول المخزن الى آخره وابواب المخزن على بعد واحد من بعفتها مفتوحة

بين مساند الحديد الموجودة بهذه السكة فإذا اتت العربات موسوقة بالمعدن
دخات في الطبقة الاولى منه ثم تذهب الى المسطحات المستديرة المنعطفة التي
كل مركز من مراكزها على سكة من سكك الحديد الثلاثة فتمال ميلا خفيفا نحو
الربع على تلك المسطحات المستديرة ثم يجزها العرجي على السكك الطولية من
هذه الطبقة حتى تصير مسامتة لاحد الابواب لاجل تفريغ الفحم المطلوب
في اى مكان من الارض وكل جزء من الاجزاء الثلاثة الطولية من تلك الارض
محتو على سكة جديدة من الحديد مبدؤها اول المخزن ونهايتها نهر الوار ومن
هذه السكك الثلاثة سكان يجتمعان عند انقصالهما عن المخزن ويصيران سكة
واحدة وبعد ذلك يختلطان بالثالثة ويصير الجميع سكة واحدة ثم تنقسم هذه
السكة الى فرعين يختلطان ببعضهما قبل انتهائهما وبعد أن فصل العربات
الموسوقة الى مبدأ الانحدار تمر على قنطرة يباع انفراجها مائة متر وهى
مؤسسة على مجرى عميق ثم تجتاز صخرة يبلغ امتدادها اربعين مترا تقريبا
وسكة الحديد في ذلك كله مركبة من قضبان مسجرة فى عدة اخشاب كالشبابيك
طولها عشرون مترا

والقنطرة المذكورة متخذة من الخشب ومؤسسة كما تقدم على المجرى وجامعة
بين الصلابة والخفة وهى كناية عن صوار مغروسة فى الارض غرسا رأسيا ومن
عوارض ومساند مائلة لتكون صلبة متينة وسطحها مركب من قطع طولية
مغطاة باخشاب السفن القديمة الغير المستعملة

فإذا كانت احدى العربات صاعدة والاخرى هابطة تلاقيا فى منتصف السكة
وهذا اذا لم يكن هناك الا سكة واحدة واما اذا كان هناك سكان فان احدهما
تسلك سكة غير التى تملكها الاخرى حتى لا يتعارضا ثم تسلك كل واحدة منهما
السكة التى تركتها الاخرى

ويتخلل المسافة التى بين السكتين ملفات محورها الافقى عمود على اتجاه السكة
وبهذه الملفات حبل معد لحفظ العربات عند الهبوط واشدها عند الصعود
وفى اسفل الطريق تصل العربات الى سطح فوق المكان الذى تكون به السفن

المطلوب وسقها فخما ومنتصف سكة الحديد ثلاث فرجات وهي افواه اقناع من حديد مائلة بقدر ٤٥° تقريبا

والجزء الاسفل من القمع يتحرك حول لولب افقى يضمه الى الجزء الاعلى منه واما اثنا آت الجزء المتحرك فهي متعشقة باثنا آت الجزء الثابت وبذلك لا يسقط القمع الى جهة اليمين ولا الى جهة الشمال ولا جل غلق الجزء الثابت من القمع يستعمل خارج رأسى فيرفع او ينخفض اذا اريد ذلك بتأثير الرافعة وذلك انه يوجد في كل من طرفي القمع عيارات تؤثر من اعلى دريزين من الخشب قريب من سمت الخارج واما الحبل المعد لحفظ كل عيار فهو ملتف على اسطوانة منجنون موضوع على الدرزين به يرتفع الجزء المتحرك من القمع او ينخفض وبهذه الكيفية يوضع دائما الطرف الاسفل من الجزء المتحرك على بعد ملائم للفرجة التي يوسق منها السفن سواء ارتفعت السفينة بالمدا او انخفضت بالجزر

*(بيان المستويات المائلة) *

تطلق هذه المستويات على اجزاء السكة ذات الانحدار العظيم المحتاج الى اعانة الآلات لاجل صعود العربات او هبوطها وصناعة هذه المستويات مشابهة لصناعة الاجزاء الاخرى من سكة الحديد ذات الانحدار

ولندكرلك هنا طريقة ميكانيكية يعرف بها صعود العربات على المستويات المائلة الموجودة بضواحي مدينة نو كاستل ببلاد انكلتره فنقول

يوجد في اعلى المستوى المائل مكان صغير من كبر من حاطين احدهما عن يمين السكة والاخرى عن شمالها وعليهما سقف وفي داخلهما تحت هذا السقف طارة كبيرة من الخشب افقية موضوعة على شواح متعزضة وبها حلق ملتف عليه حبل ليس مفرط في الطول بل بقدر المسافة التي تقطعها العرب في الموسوعة عند هبوطها ويوجد تحت هذا الحبل على محيط الطارة الخارج المعروف بالزمام وهو اقرب شها بزمام طواحين القملنك الذي يمكن للانسان وحده أن يحركه بواسطة رافعة وهذا الخارج مربوط على ارتفاع لائق بسلاسل رأسية معلقة بشواحي المكان المذكور ومتى وصلت العرب في الموسوعة الى مبدأ الانحدار وجد العرب بج

هناك عربا أخرى فارغة قريبة منه جدا فيفك حيثند طرف حبل الشد الذي كان اعده لصعود هذه العربا الفارغة ثم يفوت الجمالة التي بهذا الطرف من يد الحديد الثابتة خلف العربا الموسوقة المطلوب هبوطها وقبل تقيم هذه الاعمال تأتي عربا فارغة من المحل الذي هو مبدأ السير الى اسفل الانحدار فيجد العربي هناك عربا موسوقة فيفكها ويربط بها فرسه ثم يربط حبل الشد في العربا الفارغة ويسير . . .

فاذا انقضى هذا العمل دفع العربي بيده عربته الموسوقة فتأخذ في الهبوط على الانحدار فعند ذلك يصعد فورامع النشاط على احدى جهات هذه العربا قابضا على المرافعة المجهزة زماما لاحدى العجلات و يوجد في اصغر اطراف هذه المرافعة قوس دائرة من الخشب نصف قطره كنصف قطر العجلة التي يحتك عليها هذا القوس عند ارادة بطي سير العربا ومنع مرعتها فاذا وصل العربي الى اسفل الانحدار نادى باعلى صوته الوقوف الوقوف فعند ذلك يترك المنوط بالزمام الاكبر هذا الزمام تحت المكان المتقدم ذكره ويجري ذلك في كل عربتين احدهما فارغة والاخرى موسوقة .

وعلى ما ذكرناه من القواعد يلزم أن الفرس المعد لجر العربات على سكة الحديد يبذل جميع قوته عند صعود عدة عربات فان كانت صورة الارض تقتضى تغير الانحدارات وتتوَعها لزم أن تعمل على وجه بحيث يكون ملائما لهذه العدة وعلى ذلك فلا بد أن تكون سكة الحديد ذات الاخاديد مركبة من خطوط مستقيمة يتألف منها مضلع مستوا ومن خطوط منحنية متحدة الانحدار في جميع طولها وحينئذ يمكن بواسطة التجارب الصحيحة أن تعين درجات الميل المتنوعة التي يلزم أن يكون السير بحسبها .

ولاجل عدم ضياع الزمن بلا فائدة في ربط الخيل وحملها يلزم أن يكون لكل فرع ثابت الانحدار من سكة الحديد طول يكفي في تغير الخيل ولا بد أن يكون عدد الخيل المعدة للنقل على نسبة منعكسة من عدد العربات الفارغة التي تصعد هي بها ومن الزمن التي تستغرقه مدة التغير المذكور في حالتي الذهاب والاياب فهذه

الكيفية تقطع العربات المتعددة جميع فروع السكة في وقت واحد ولا تحتاج الخيل ولا العرجية الى التانى للسابق او اللاحق ويلزم مزيد الاهتمام وفرط الاعتناء في عمل سكة الحديد بحيث لا يحصل عند الصعود عليها هبوط الا اذا كان المحل يقتضى ذلك وطريق اجتناب هذا الهبوط الحاصل عند الصعود أن نقيم في الوديان الضيقة العميقة تخشيبات صلبة خفيفة على شكل القناطر الحقيقية ويصنع على سطحها الافق سكة الحديد ذات الاخاذيد

ويسهل عمل تلك السكك على قناطر معلقة بسلاسل من حديد (وقد ذكر المهندس استوانسون ان المجارى الضيقة العميقة المتقاطعة فيما يصنعها من سكك الحديد يمكن اجتيازها بواسطة مربع من الخشب توضع عليه العربات فيسير بها الى جهة الامام بواسطة البكرات على طول المستوى المائل المركب من سلاسل او قضبان من الحديد ممتدة من احد شاطئى المجرى الى الآخر) واذا كانت الارض مرتفعة قليلا فانه يمكن عند اقتضاء الحال عمل سكك افقية او احداث اما كن لتغيير الخيل يكون انحدارها ثابتا وذلك اما بواسطة الحفر والردم بطريق مضبوطة لاجل اختصار طول الطريق واما بواسطة عمل انعطافات وتعاريج كثيرة يتحقق فيها شرط التصرف الاصغر في عمل السكة لتعلم فائدة النقل قبل حصوله ويجرى في هذه الصورة القواعد المقررة في غيرها من سائر انواع السكك

وهناك صورة تخص سكك الحديد ذات الاخاذيد المعدة للنقل في اتجاه واحد دائما وهى انه بواسطة المستوى المائل يمكن رفع الاجال فوراً الى الارتفاع المطلوب الذى يعقبه هبوطها الى المحل المراد وصولها اليه على اقصر انحدار فاذا كانت كمية النقل الكمية واحدة في الذهاب والاياب لزم عمل الانحدارات على وجه بحيث تكون مساعدة للجهتين ويشترط في ذلك شرط لا بد من تحقيقه هنا وهو أن نخفض النقط العليا ونلطف المستويات المائلة من غير أن يكون ذلك سببا في طول سكة الحديد طولاً مفرطاً ولا في كثرة المصاريف وقد جرت

العادة بعمل سكتين متجاورتين من ذوات الاخاديد احدهما للذهاب
والاخرى للاياب

ولنشرع الآن في الكلام على صناعة سكك الحديد ذات الاخاديد فنقول انها
تقسم باعتبار اخاديدها الى قسمين احدهما الترام وى او البلات وى وهو
ما تكون فيه الاخاديد مسطحة ومركبة من قضبان من حديد الصب اى الزهر
وفوقها انشاء بارز على طواها من خارج وتحتها حرف بارز يكسب القضيب قوة
كافية لحمل ثقل عجل العربات من غير أن يعرض له كسر وذلك أن هذه العجلات
الاسطوانية تقف على الاخدود والقسم الثانى الادج وى وهو ما تكون
فيه الاخاديد مجوفة ومركبة من قضبان متلاصقة غليظة ومستديرة من
اعلاها لانه يوجد في عجلات العربات حلق كحلق البكر يشبك به القضيب
من طرفه المستدير فاما الاخاديد المسطحة فينشأ عنها مضرة عظيمة وهى ازدياد
الاحتكاك لزيادة مفرطة عند ملاقة الارض لان ما يتعلق بالعجلة من التراب
والرمل والحصى يتساقط ويقف في الاخدود المسطح واما الاخاديد المجوفة
فلا توجد فيها هذه المضرة فهى لعدم الممانع قابلية لحمل الاثقال الكبيرة ومقدمة
على غيرها في الاشغال الجسيمة وعليها جرى العمل في بلاد غالة واما في ضواحي
مدينة نو كاستل فيستعمل فيها المسطحة كالمجوفة وقضبان الاخاديد المجوفة
تتخذ من الحديد المطرق وعرض كل قضيب ٤ سنتيمتر وسمكه الرأسى الذى هو
اكبر من العرض دائماً يكون مناسباً لما يوضع عليه من الاجال وليست فائدة
الاخاديد المجوفة هو مجرد تقليل الاحتكاك بل يضاف الى ذلك ايضا مقاومتها
للاجال العظيمة وليس ذلك موجوداً في المسطحة نظر الصورتها ولاكون موادها
اقرب للتللف من الاولى

وقد ذكر المهندس استوانسون ان السكة ذات الاخاديد المجوفة التى تحمل
عربة بيرميلين تكون زنة حديد هاستين كيلوغراماً عن كل متر من
الاخدود المزدوج بعد انقضاء عمله ويكفى ايضا ما دون ذلك غير أن السكة
السلطانية يلزم أن تكون صلبة اخاديدها بقدر الحاجة حتى لا تحتاج الى ترميم

يؤدى الى زيادة اجرة العملة عن مقدارها الاول
ويكفى على ما ذكره المهندس غلواس أن يكون طول كل قضيب من قضبان
الاخاديد المسطحة ٢٠ ر^م وأن تكون زنة كل قضيبين مع مسنديهما من
٤٠ كيلو غراما الى ٥٠ ويكفى ايضا في السكك ذات الاخاديد المجوفة
المعدة لسير العربات الكبيرة أن تكون زنة كل قضيبين مع مسنديهما من ٤٠
كيلو غراما الى ٥٠ واما في المسطحة المعدة للنقل في عربات صغيرة تجرها
الخيول فيكفى أن تكون زنتهما مع المسدين ٢٥ كيلو غراما ويكفى ١٨
فيما اذا كانت تلك العربات يجرها العر بجية

(وما ذكره هذا المهندس في تحديد طول القضبان يختلف باختلاف الاماكن
وانواع النقل وقد ذكر ايضا في رسالته المشحونة بالفوائد التي الفها في سكك
الحديد ما يفيد أن طول كل قضيب من قضبان سكك الحديد المجوفة ٨٩
سنترا وعرضه ٣٣ ملترا وأن تلك القضبان تمر بعوارض من الخشب
او حديد الزهر ثابتة او محمولة على بسطات من البناء وأن طول كل قضيب من
قضبان السكك المسطحة ٢ ر^م وعرضه ٨ ر^م في الجزء الذي يجرى
عليه العجلة وسكن هذا الجزء يساوى ١٥ ر^م وارتفاع الانثناء ٥٤ ر^م
وسمكه المتوسط ١ ر^م)

ثم ان احكام وضع هذه الاخاديد ومئاتها مما لا بد منه في السكك ذات الاخاديد
اذ يدون احكام وضعها ورداء محالها ينشأ عن الجهد الواقع عليها من عجلات
العربات الموسوقة أن بعض المساندي غوص فيها بمقدار ٢ سنتر فقط فيكون
انحدار احد قضبان الاخدود في هذه الحالة بمقدار واحد من ستين فيلزم حينئذ
لاجل جر العربات حيث تكون السكة افقية تضييف القوة المستعملة

وقد كانت سكك الحديد ذات الاخاديد سابقا خالية عن الثمرة الحقيقية مع أنها
كانت قابلة لأن يحصل عنها كثير من الفوائد وذلك لان هذا النوع من السكك

كان متجاوزا الحد في الصعوبة (فان طبيعة الارض ورخاوتها عماله تأثير عظيم في صلابة هذه السكك) فقد صرفت مبالغ جسيمة في عمل مساند من الحجارة اللينة مع انها اذا وضعت على سطح الارض تكون عرضة لتنوع الحرارة والرطوبة

فلاجل جبر هذا الخلل اقتضى الحال أن تسند الاخاديد بالواح غليظة من الحديد الصب اى الزهر وتسمى اطراف اجزاء هذه الاخاديد على اطراف تلك الالواح

والظاهر أن منافع استعمال الحديد الزهر دون منافع استعمال الحديد المطرق فان الاخاديد المتخذة من الحديد المطرق ليست كالاخاديد المتخذة من الحديد الزهر في كونها عرضة للكسر عند وثوب العرب وملاقاتها لحصاة او حجر صغير يكون على الاخذود وقد شوهد منذ اكثر من ثمان سنوات سكة من الحديد المطرق معدة لاشغال تد الفيل باقليم كبرلند وشوهد بها ايضا سكان من الحديد الزهر فكانت الاولى حسنة الاستعمال من جميع الوجوه وكانت في المصاريف دون السكتين الاخرين وقد جربوا مثل ذلك في ايقوسيا غير مرة فكانت النتيجة واحدة

وهانحن نبين عرض السكة المزدوجة ذات الاخاديد على مقتضى ما حسب به المهندسون استوائسون في بعض مؤلفاته فتقول

الفرجة التي بين الاخدودين من ٣ الى ٦

المسافة التي بين السكتين ٢

جوانب المسالك الضيقة والمجاري والدروات وغير ذلك من ١٥ الى ٣

فيكون مجموع ذلك ١

ويمكن بواسطة وضع الاساس من الحجارة الصغيرة وسترها بالحصى عمل فرجة بين كل اخدودين واما السكة الضيقة المعدة للعر بجية فانه يمكن تثبيتها بالحصى اورغوة المعادن او بالقعم المعدني او نحو ذلك على حسب طبيعة الاماكن

وهنا النوع ثالث من سكك الحديد وهو ما تكون فيه الاخاديد مسطحة بدون انثناء ولا بروز في بعض اجزائها وملصوقة بمنتصف السكة الاعتيادية او المبلطة فوق سطح تلك السكة ومثل هذا النوع لا يلائم الا المحال المستديرة من الحارات والازقة وغيرها من طرق المدينة السلطانية التي تتلاقى فيها العربات على اختلاف انواعها وعظمتها في اتجاهات مختلفة وقد استعملت هذه السكك ذات الاخاديد بمدينة غلاسغوف في المستوى الاعظم ميلا الذي يوصل الى حوض خليج فورت اكليد على ميناء دونداس وهذا المستوى يمكن أن تصعد عليه الفرس الجيدة بنحو ثلاثة براميل وأن تجتز عليه في مدة النهار نحو برميل ونصف

وقد اشتهر استعمال ما ذكرناه من الاخاديد المسطحة في السكك الكبيرة لاسيما في المستويات العظيمة الميل ولا بد في استعمالها من تغيير الخليل عند الوصول الى تلك المستويات او تفريغ شئ من العربات لاجل عبور الجسور حتى يسهل النقل عليها كالسكة الاقفية الاعتيادية

وترى في شكل ٢٠ الرموز اليه بهذه الاحرف وهي (ا) (ب) (ث) اجزاء موضوعا مجذاما اثناات اخدود الحديد وتجد في شكل ٢١ سكة مزدوجة ذات اخاديد مع عجلات العربات ومحاورها وفي شكل ٢٢ سكة مزدوجة ذات اخاديد تقطعها سكة اخرى

(الدرس الثاني عشر)

في بيان البريمة والالتواء والخيال والخابور وسائر الآلات التي من هذا القبيل

ينبغي لمن اراد أن يعرف هذا الدرس حق المعرفة أن يراجع الدرس الثاني عشر من الهندسة في الجزء الاول من هذا الكتاب لتعلقه بالخطوط والسطوح الخلزونية

ولابد أن نورد هنا على وجه الاجمال ما للخطوط والسطوح من الخواص الهندسية تذكرها سابق فنقول ان الخط البرمي والخلزون الاسطوانى

هو كناية عن خط منحني مرسوم على محيط اسطوانة بحيث يحدث عنه في جميع امتداده مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة فاذا كانت الاسطوانة موضوعة على وجه بحيث تكون اضلاعها رأسية حدث عن الخط البرمى في جميع امتداده مع احد اضلاع الاسطوانة للرأسية زاوية واحدة ثابتة الميل

فاذا فرضنا أن هناك خطا مستقيما له ميل ثابت ويحول على طول الخط البرمى ويحدث عنه مع هذا الخط المنحني زاوية واحدة دائما فانه يحدث عنه سطح حلزوني ويكون المستوى المماس لهذا السطح الحلزوني ماثلا بالنسبة للرأسى في سائر نقط الخط البرمى

واذا اريد هبوط جسم او صعوده على طول الخط البرمى فانه يارتكاز هذا الجسم على السطح الحلزوني يتحرك كتحركه في طول المستوى المائل على خط مستقيم ميله كميل الخط البرمى وهذا المستوى في الميل كغيره من المستويات المماسية للسطح الحلزوني

وليكن أم و ب (شكل ١) كناية عن افراد الاسطوانة التي تصنع عليها بريمة مثلثية (شكل ٢) او مربعة (شكل ٣) فينفرد كل دور من الخيوط (شكل ١) على خط مستقيم طوله وهو $\overline{ب ب} = \overline{ش ش}$ $\overline{د د} = \overline{خ خ}$ ثابت

فاذا كان جسم من الاجسام الثقيلة عرضة للصعود والهبوط على احد هذه الخطوط كخط م م مثلا وكان ذلك الجسم متوازنا بواسطة قوة افقية كقوة ح حدث هذا التناسب وهو نسبة قوة ح الى ثقل الجسم كنسبة م و الذي هو ارتفاع خطوة البريمة الى نسبة م و الذي يساوى محيط الاسطوانة المرسوم عليها خيط البريمة

وحيث تقررت هذه المبادئ وجب أن نشرع في الكلام على كيفية استعمال البريمة فنقول ان البريمة توضع في بيتها البرمى الذي يوجد في داخله ما يوجد فيها من الاسطوانة والخيوط فتارة يثبت في البيت المذكور طارة ذات مماسك

لتدور به كما تدور طارة المنجنون وتارة يثبت فيه رافعة او اكثر يكون لها شبه
بقضبان المنجنون والمعطاف

وكانوا سابقا يكتفون بجعل رأس بيت البريمة مربعا ويعشقونه ببعضه بواسطة
مفتاح تجويفه مربع كتجويف البيت لاجل ادارته الى احدى الجهتين
(اي جهتي اليمين والشمال)

وهناك بريعات وبيوت بريعات تدور الى جهة اليمين (شكل ٢ و ٣)
(كما سبق في الدرس الثاني عشر من الهندسة) وهي اكثر استعمالا من غيرها
ويوجد ايضا بريعات وبيوت بريعات تدور الى جهة الشمال فلا يمكن تعشيق
بريمة دائرية الى جهة بيت بريمة دائرية الى جهة اخرى تقابلها

وتم نوعان من البريمات وبيوتها احدهما بيت البريمة الثابت الوضع وهو
ما تقدم فيه البريمة تارة وتأتاخر اخرى بدورانها في ذلك البيت الذي لا يتقدم
ولا يتأخر لثباته وتكون القوة حينئذ ثابتة في احد طرفي البريمة وهذا الطرف
الذي جرت العادة بجعله مربعا يسمى رأس البريمة

وثانيهما البريمة الثابتة الوضع وهو ما تكون فيه البريمة مجبورة على الدوران
بدون تقدم ولا تأخر وانما بيتها هو الذي يتحرك بطولها

وفي هذين النوعين تكون القوة والمقاومة الموازنة لها على نسبة منعكسة من
المسافتين اللتين تقطعهما هاتان القوتان في زمن واحد كما في توازن المستوى
المائل الذي ينسب اليه توازن البريمة

ولكن اذا دارت القوة دورا كاملا حول المحور فانها تقطع محيطا نصف قطره هو
بعد المحور عن هذه القوة وحيث ان المقاومة مؤثرة بالتوازي للمحور فانها
تقطع في زمن واحد خطوة بريمة فاذن تكون القوة مضروبة في المحيط الذي
تقطعه حول محور البريمة مساوية للمقاومة مضروبة في خطوة البريمة
وعلى ذلك كلما كانت خطوة البريمة صغيرة وكان ذراع الرافعة الذي تؤثر القوة
في نهايته طويلا يمكن حصول التوازن بين قوة مفروضة ومقاومة كبيرة
فاذا لم تكن البريمات وبيوتها محكمة الصناعة لزم أن يكون في بعض اجزائها

فراغ بين البريمة وبينها وأن تطوى أو تفرد الخيوط المجوقة في البعض الآخر لاجل حصول التحرك فيلزم أن تكون الآلات المستعملة لصناعة البريمات من حيث صورها وتحرركاتها على غاية من الضبط والاحكام وإذا وقع على البريمة جهد قوة لاجل ابطال مقاومة حدث من هذا التأثير عليها وعلى بيتها نوعان

فالنوع الاول منهما يتلف خيوط البريمة بواسطة قوة الضغط الحاصل بالتوازي للمعور وهي قوة مساوية للمقاومة الحادثة من البريمة سواء كان ذلك في حالة الدفع أو في حالة الجذب وهذه القوة تحمل الى عدة اجزاء يمكن اعتبارها كنقط تماس بين البريمة وبينها وجزء المقاومة المنقول الى كل من هذه النقط يكون على نسبة منعكسة من سطح الخيوط المعلوم مقداره في صورة ما إذا كان عموديا على المحور وهذا السطح مناسب لبروز الخيوط في سائر طولها إلا أن هذا البروز لا يمكن زيادته بدون أن تكون الخيوط عرضة للكسر بادي اصطدام فان كان جانب هذه الخيوط مثلثا فاللائق عادة أن يكون من المثلثات المتساوية الاضلاع وان كان مستطيلا لزم أن يكون عرض كل خيط بقدر يمكنه بمعنى انه يكون مربعا ثم ان نوعي البريمات السابقين يمتازان عن بعضهما بكون خيوط البريمة في النوع الاول مثلثة (شكل ٢) وفي الثاني مربعة (شكل ٣)

وتصنع البريمات من الخشب اذا كان كل من المجهودات الواقعة عليها والمقاومات التي تظفر بها تلك المجهودات متوسطا بين الشدة والضعف غير أنه ينبغي لذلك انتخاب نوع من الخشب كاليقس والزان وخشب الكمثرى مما تكون اجزأه متحدة اتحادا كافيا في سائر طولها ومثل هذه البريمات يسهل اشلام اطرافها وذلك ضرر عظيم لا يقع في البريمات المصنوعة من المعادن وللبريمات المعدنية منفعة عظيمة وهي قابليتها لأن تحمل اى مقاومة كانت مع صغر حجمها

هذا ويشق علينا أن نورد في استعمال الآلات جميع عمليات البريمة على وجه التفصيل وانما نقول ان الغرض الاصلى منها احداث الضغط الشديد

كافي البريمة التي يستعملها مجلد الكتب لضغط اوراقها
وكذلك البريمات الرافعة فان الغرض الاصلى منها ايضا هو احداث الضغط
المذكور ويوت هذه البريمات ثابتة وممتدة على شكل الهرم الناقص المربع
الذى تكون قاعدته على الارض واما البريمات فهي متحركة بذراع او ذراعين
من الرافعة (راجع شكل ٤)

واذا كان المطلوب تضم جسمين صلبين الى بعضهما والصاقهما الصاقا تاما لزم
تجهما بمسمار او نحو (شكل ٥) مما يكون له رأس بارز لاجل الامساك
وبعض ادوار من خيوط البريمة وهو المسمار المعروف بالقلووز
فاذا ادخلنا المسمار في الثقب تقدم من الجسمين المطلوب ضمهما وصار بمنزلة البريمة
التي في داخل بيتها ثم يغلق هذا البيت بفتح مربع شبيه بالفتح الذى تقدم
ذكره في هذا الدرس ويمكن بهذه الكيفية ضم عدة عظيمة من قطع الاخشاب
المهمة سواء كانت من اخشاب الاشغال البرية او البحرية
وتم بريمات خيوطها مرنة منفصلة عن بعضها كبعض يايات العربات المعروفة
بيايات القبض (انظر الدرس الرابع والخامس عشر)

ولا مانع من أن نعتبر البريمة كاسطوانة مخرسة معدة لايصال الحركة الى
الطارات المخرسة وهو ما يعرف بالبريمة غير المتناهية
وتستعمل هذه البريمة في كثير من الآلات كالآلة المعدة لتحريك السفود
وربما التبت بالمنجنون والمعطاف وما شاكلهما
ويمكن ضم البريمة الى الطارة المخرسة ولصقتها بها بواسطة التعشيق كما في شكل ٦
وبهذه الوسطة تنتقل الحركة من محور ش الموازى لمستوى المسقط الى
محور آخر عمودى على هذا المستوى تدل عليه نقطة و

ولتكن ف هي القوة الواقعة على مانوية ش ح في طرف ذراع
رافعة ش و ف هي القوة المنقولة بالبريمة غير المتناهية من م الى
الطارة المخرسة التي نصف قطرها يساوى م و و هي المقاومة المؤثرة
في طرف ذراع رافعة و هـ يحدث

أولا $F = \frac{\text{محيط مقطوع بالمانوية}}{\text{خطوة البريمة}} \times F \text{ وثانيا } R = \frac{2}{5} \times F$

فاذن يكون $R = \frac{2}{5} \times \frac{\text{محيط مقطوع بالمانوية}}{\text{خطوة البريمة}} \times F$

ومن هذا التساوى تؤخذ النسبة بين القوة والمقاومة والنوع الثاني من نوعي التأثير الواقع على البريمة ويبتها من القوة والمقاومة هو ما يحدث عنه التواء البريمة ويبتها ولاجل الوقوف على حقيقة تفرض عدة منشورات متساوية كالإلياف النباتية التي يتركب من مجموعها شجرة اسطوانية وتقرض أن المطلوب التواء هذه الاسطوانة فتوقع على نهايتها قوتى F و F (شكل ٧) العموديتين على اتجاه الإلياف والدائرتين في جهتين متقابلتين فإذا لم تكن الاسطوانة صلبة جدا و \llcorner كان لا يوجد في الإلياف صلابة تامة فإنه يقع عليها تأثيرهاتين القوتين فتدور إحدى قاعدتيها من اليمين إلى الشمال والآخرى بالعكس وتقرض أيضا أن مقاومة الاسطوانة المذكورة واحدة في جميع طولها وزيادة على ذلك تقرض عدة قطاعات متنوعة باصلة من مستويات موازية للقاعدتين وأنها على بعد واحد من بعضها فيكون دوران القطاع الأقل بالنسبة للثاني في زاوية يكون فيها دوران الثاني بالنسبة للثالث والثالث بالنسبة للرابع وهكذا وعلى ذلك فالنقط التي يتكون منها في مبدأ الأمر ليف قائم على كل قاعدة يتكون منها أيضا خط حلزوني بواسطة ما يكون للقوتين المؤثرتين في جهتين متقابلتين من التأثير الواقع على نقط مختلفة من طول الشجرة الاسطوانية ويعرف هذا التعاكس بالتواء فإذا لم \llcorner كن الإلياف متلاصقة بل ترحلت عن بعضها أو كان لا يسكها إلا الاحتكاك كان التواء الاسطوانة المتكونة من مجموع الإلياف كالتواء الذي يحدث في صناعة الخبال

فان قيل ما مقدار المقاومة التي تعرض للتواء من الاسطوانات المختلفة التطر المتجانسة المادة فالجواب اثنا تقرض حل هذه المسئلة اسطوانتين

رفيعتين جدًا متساويتين في الرفع والاولى أن يقال متحذتين في السمك الصغير جدًا ومختلفتين في القطر مع اتحادهما في الطول وتوقع عليهما في مستوى قواعدهما قوى مماسة لهما تديرهما الى جهات متضادة فيحصل بذلك التواءهما ويلزم اتحاد القوة في زاوية واحدة من الزوايا الحادثة من التواء الالياف المتجهة على اضلاع الاسطوانتين ليحصل الالتواء في الالياف التي حجمها واحد ويكون عدد تلك الالياف مناسبة لمحيط القواعد فيلزم اذن استعمال القوى المناسبة لمحيط القواعد وانصاف اقطار الاسطوانتين ليحصل التواء هاتين الاسطوانتين المجوفتين الرفيعتين جدًا بحيث لا يحدث عن اليافهما واتجاهاتهما الاصلية الا زاوية واحدة

فاذا فرضنا عمودا اسطوانيا غير مجوف وتوهمنا انه مقسوم الى اسطوانات مجوفة متحدة السمك والمركز وفرضنا أن التواءها واحد بحيث تكون كل نقطة من نقطتها الموجودة في القطاع العمودي على المحور باقية على وضعها الاصلى سهل عليك بعد حصول الالتواء أن تعزف أن الزاوية الحادثة من الالياف مع اتجاهاتها الاصلية مناسبة لبعدها هذه الالياف عن المحور وبهذا الالتواء يحدث عن كل ليف لاجل حل التواءه جهد مناسب لنصف قطر الاسطوانة المحتوية على هذا الليف وهذا الجهد ناشئ عنه بالنسبة للمحور بواسطة ذراع رافعة مساو لنصف القطر المذكور فبناء على ذلك تكون القوة التي يلزم استعمالها في التواء كل ليف مناسبة لمربع بعدها عن المحور وينتج من ذلك أن القوة الكلية التي يلزم أن يكون للاسطوانات بهادرجة من الالتواء مأخوذة وحدة تكون مناسبة لمجموع مقادير اينرسي قواعدهما بالنسبة للمحور بمعنى انها تكون مناسبة لمسطح قاعدة الاسطوانة مضروبا في مربع نصف القطر فاذا كانت انصاف الاقطار هي

الخ	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
كانت اعداد										
الخ	١٠٠٠٠	٦٥٦٣	٤٠٩٦	٢٤٠١	١٢٩٦	٦٢٥	٣٥٦	٨١	١٦	١

دالة على نسبة القوى التي بها يمكن محصيل درجة واحدة من الالتواء

لاسطوانات

لاسطوانات متنوعة لها طول معلوم بين القوى التي تؤثر فيها لاجل التوائها
 وإذا فرضنا اسطوانتين مختلفتين في نصف قطريهما المرموز اليهما برمزى
 ر و ر (شكل ٨ و ٩) وواقعا على احدهما قوتا ف و ف
 المتساويتان وعلى الاخرى قوتا م و م المتساويتان ايضا لاجل
 حصول الالتواء فيهما فيث ان بعدى هاتين القوتين وهما م غ و م خ
 متساويتان حين يكون

ف : ف :: مسطح م د ضه : مسطح م ن ض : \times ر : ر
 تكون زاويتا الالتواء وهما م د و م ن متساويتين لان و . و
 هما مركزا القاعدتين فاذن يحدث هذا التناسب وهو
 م : م ن :: ر : ر

فاذا جعلنا م ن = م ولوينا الاسطوانة الغليظة حتى توصل ليف
 خ م الى خ ن حدث من هذا الليف مع اتجاهه الاصلى وهو م خ
 الزاوية التي تحدث من ليف غ م مع اتجاهه الاصلى وهو م غ ولتكن
 ف هي القوة التي لا بد منها في التواء الاسطوانة الكبيرة على اتجاه خ ن
 فيتحصل هذا التناسب وهو

ف : ف :: م ن : م ن :: ر : ر ويؤخذ من ذلك ان
 ف = ف \times ر

ولكن ف = ف \times مسطح م د ضه \times مسطح م ن ض : \times ر

فاذن يكون ف = ف \times مسطح م د ضه \times مسطح م ن ض : \times ر

فاذا كان ميل غ م كفى في انحلال او انفصال الياف الاسطوانة
 الصغيرة من بعضها تحصل على الاسطوانة تأثير واحد من ميل خ ن الحادث

من قوة **ف** فاذن تكون قوتا **ف و** الحادث عنهما انفصال
الاسطوانتين المختلفتي القطر من بعضهما مناسبتين لمسطح القاعدتين مضروبا
في نصف قطرهما وهذا الحاصل في غاية الاختصار
ومتى عرفت المقاومة التي تقبلها الشجرة الاسطوانية في بعد معين سهل عليك
دائما بواسطة النسب المتقدمة حساب المقاومة التي يقبلها ما مائلها من
الاسطوانات الاخرى في ابعاد اخرى ولا يخفى ما لمثل هذا الحاصل من الاهمية
في تعيين ما يلزم من الابعاد لاعمدة الآلات كاعمدة المنجنون والمعطاف والسهم
الذي يستعمل في نقل قوة الآلات الادروليكية والبخارية وغيرها وليس لقوة
التواء الاخشاب حالة واحدة بل تتغير على حسب حالة الجق وطبيعة كل نوع
من الاعمدة الاسطوانية ففي زمن الرطوبة تقاوم الاخشاب الالتواء مقاومة
عظيمة بخلاف وقت القيق واليبوسة فان القوى بتأثيرها تجبرها على الالتواء
ومثل هذا الامر المخالف لما يتصوره الانسان قد ثبت بتجاريب عديدة علمت
في شأن التواء الاخشاب تركاها هنا خوف الاطالة

*(بيان التواء الحبال) *

لابأس أن نورد في هذا المقام ما يشهد لذلك من العمليات المهمة الحادثة
من خواص الحلزونات فنقول
قد سبق لك في الدرس الثاني عشر من الجزء الاول أن كلا من الخيوط التي
يتركب منها الحبل يكون بواسطة الالتواء منثنيا انثناء حلزونيّا وأن محور
هذه الحلزونيّات هو عين محور الحبل اعني الخط الذي يكون في جميع طوله
على بعد واحد من محيط الحبل المفروض مستقيما وبجميع الخيوط التي على بعد
واحد من هذا المحور لها طول واحد بين القطاعين العموديين على المحور
بخلاف الخيوط المختلفة البعد من المحور فليس لها طول واحد بل يزداد بازدياد
البعد عن ذلك المحور ولا جل الوقوف على حقيقة ذلك نفرض أن **ا ب ث د**
و ا ب ث د و **ا ب ث د** الخ (شكل ١٠) مستطيلات
تكون فيها اطوال **ا د** و **ا د** و **ا د** بالنسبة الى ارتفاع **ا ب**

المساوي لارتفاع الخطوة المشتركة بين الخيوط الحلزونية كناية عن طول محيطات
الطبقات المختلفة من الخيوط التي هي اجزاء الحبل فاذا مددنا من نقطة **ب**
خطوط **ب د** و **ب د** و **ب د** الخ المائلة كانت هذه الخطوط
كناية عن طول اجزاء الخيط الحادث منه دور **ك** كامل حلزوني على المحيطات
الموجودة في الالتصاقات وهي **د و د** و **د و د** الخ وهذه الخطوط
المائلة كلها غير متساوية وتزيد في الطول عن بعضها بازدياد بعدها عن خط
ا ب العمودي على **ا د** واذا اخذت من مبدأ الامر عدة خيوط متوازية
ولويتها كلها دفعة واحدة جاريا في ذلك على الطريقة القديمة مع منعها عن
التزحلق على بعضها لزم انطواء الخيط المركزي وهو **ا ب** وامتداد خيط
المحيط الخارج وهو **ب د** بحيث يصير جزا الخيط المتحدان في الطول بين
قطاعي **ا د** و **ب ث** كناية عن **ا ب** و **ب د** هـ لاجل حصول
التوازن بين الخيوط التي يتركب منها الحبل المصنوع بموجب الطريقة القديمة
وابقاء ذلك الحبل على صورته يلزم اولاً انطواء بعض اجزاء الخيوط الداخلة
وثانياً امتداد جميع الخيوط الخارجة وماجاورها وثالثاً موازنة مقاومة المدة
لمقاومة الانطواء

ولنفرض حبلاً مصنوعاً بهذه المثابة يكون مشدوداً بقوتين واقعيتين على طرفيه
فيكون قوتاهما فيه كناية عن مده وحيث ان الالياف المركزية منطوية
فانستعمله من القوى حينئذ تعود به تلك الالياف الى حالتها الاصلية وهذه
القوى لا تعرض لها مقاومة من الخيوط فلذا كانت تتقوى بالانطواء فلا يبقى
حينئذ ما يقاوم مد الحبل الا الالياف الخارجة وماجاورها

فعلى ذلك ليس في صناعة الحبال بموجب الطريقة القديمة ما يقاوم المدة
والا تقطاع الاجزاء واحداً من خيوط كل حبل وذلك لعدم استواء هذه الخيوط
في المقاومة فانها اذا لم تقبل من المدة ادرجة معينة فان الخيوط الموجودة
خارج الحبل تصل الى تلك الدرجة بواسطة تأثير قوى جديدة وتقطع قبل أن
تبلغ الخيوط الداخلة النهاية في المقاومة واذا انقطعت الخيوط الاولى الخارجة

انقطعت حينئذ الطبقة البعيدة عن المركز وسرى ذلك الى ما بعدها حتى يصل الى مركز الحبل

وبمعرفة المقاومات المتوالية تعرف الفائدة المترتبة على جعل الخيوط التي يتركب منها الحبل ممتدة بالسوية عند صناعة هذا الحبل وبهذه الطريقة تكون سائر الخيوط مقاومة للمدد دفعة واحدة ويؤخذ من ذلك أن هذا التأثير يشهد بقدر غلظ الحبل حيث أن هناك فرقا كبيرا بين مد الخيوط الخارجة والخيوط الداخلة

وهذه القاعدة هي التي جرى عليها الانكليزي في عمل الآلات الحديدية المعدة لصناعة الحبال ونحن أول من اشتهر هذه الآلات بمملكة فرانس ثم سلك مهرة المهندسين الفرنسيين في صناعتها طرقا متنوعة اخترعوها فترتب على ذلك نتائج عظيمة لها اهمية في فن البحارة الفرنسيين

فمن ذلك ما صنعه كل من المهندس البارون آير و هو بريت في مينتى بريست ورشوفورت من الآلات التي بواسطتها كانت الحبال المصنوعة اقوى وامتن من الحبال القديمة فبذلك صارت ادوات السفن خفيفة ويجعل القوة في تلك الحبال واحدة يمكن تنقيص اقطارها فتقص ابعاد البكرات المعدة لتحريكها واستعمالها وبذلك تصير صواري السفن خفيفة جدا هذا وعمانؤمله أن مينات التجارة الفرنسية تأثر في صناعة الحبال الطرق الحديدية المذكورة وترجيحها لانها جامعة بين فائدتى الوفرة والمتانة

*(بيان الحابور) *

الحابور منشور مثلثي يؤثر بصلعه القاطع وهو هـ فـ (شكل ١١)
ليفصل بين جسمين او جزئين من جسم واحد ويعرف هذا الضلع بجهد الحابور
القاطع واما واجهة ا ب ثـد المقابلة للعد المذكور فتعرف برأس الحابور
ويطلق اسم الجبهتين على واجهتي ا د هـ فـ و ب ثـ هـ فـ اللتين
على عيني الحد القاطع وشماله

و يستعمل الخابور في كثير من الفنون لقطع الاجسام او شقها فان السكاكين
الفرنجية والمقاريض والسيوف والبيلطخوابير مستعملة دائما في زمن
السلم والحرب وكذلك الفارات والشفرات او الكوازم والمعازق والمجارف
والفاسات ونحوها وبالجملة فالخابور من اهم الآلات المعدة للشغل

وليكن خابور ا ب ث (شكل ١٢) هو الذي يدفع بواسطة قوة ح
نقطة ه المسكة بقوة واحدة كقوة غ ونقطة ف المسكة بقوة

واحدة كقوة ك والمطلوب الان معرفة شروط التوازن في ذلك فيقال
على اى وجه كانت قوة ح متى لم تكن قوتا غ و ك عموديتين
بالتناظر على ضلعي الخابور وهما ا ث و ب ث فان نقطتي ه و ف
يتزحلقان على طول هذين الضلعين وبذلك يحتل التوازن فان كان يكون أولا

قوة غ عمودية على ا ث وقوة ك عمودية على ب ث وثانيا
يلزم لاجل حصول التوازن بين قوتي ح و غ و ك الثلاثة
المؤثرة في خابور ا ب ث أن تكون مجتمعة في نقطة واحدة كنقطة و
وأن تعتبر احداها محصلة للآخرين فاذا رسمنا على و غ و و ك
و و ح الممتدة شكل و د ح غ المتوازي الاضلاع فحصل معنا
هذا التناسب وهو

قوة ح : قوة غ : قوة ك :: و ح : و د : و غ = و د ح
وهذا هو شرط توازن الخابور

وحيث ان اضلاع مثلث و د ح الثلاثة عمودية بالتناظر على اضلاع مثلث
ا ب ث الثلاثة يحدث ان هذا التناسب وهو

قوة ح : قوة غ : قوة ك :: ا ب : ا ث : ب ث
فاذا كان ضلعا الخابور وهما ا ث و ب ث متساويين (شكل ١٣)

لزم أن تكون مقاومة $غ$ و $ك$ المناسبة لهذين الضلعين متساويتين
 أيضا كما هو الواقع في أغلب العمليات وعليه فاضلاع $ك$ و $ك$ و $ك$ و $ك$
 والسيوف من حيث هي متماثلة وحينئذ تكون نسبة القوة للمقاومة الحاصلة
 لاجل دفع كل ضلع كنسبة عرض رأس الخابور الى طول الضلع
 وكلما كانت الخواير حادة كانت اضلاعها طويلة بشرط بقاء رأس الخابور
 على حالة واحدة وكان أيضا الرأس ضيقا بشرط بقاء الاضلاع على حالة واحدة
 فلذا كان يمكن حصول التوازن بين قوة مفروضة ومقاومة كبيرة بقدر ما يكون
 الخابور حادا وكان أيضا $ك$ في ابطال مقاومة مفروضة قوة صغيرة
 بقدر ما يكون الخابور حادا

واذا وقع على نقطة $هـ$ او $ف$ قوتان بدلا عن قوة $هـ$ او $ف$
 لزم أن تكون محصلة هاتين القوتين عمودية على احدى واجهتي $ا$
 و $ب$ المتقابلتين وحل هذه المسئلة الجديدة على غاية من السهولة
 وذلك بأن نصل بين $هـ$ و $ف$ (شكل ١٣) اللتين هما نقطتا وقوع
 مقاومة $هـ$ و $ف$ بمستقيم $هـ$ و $ف$ ثم نسقط $هـ$ و
 و $ف$ على هذا المستقيم بعمودي $غ$ و $ك$ فيكون
 $هـ$ و $ف$ هما القوتان المبعدتان لنقطتي $هـ$ و $ف$ عن
 بعضهما

ومتى كان ضلعا $ا$ و $ب$ متساويين (شكل ١٣) كانت مقاومة $هـ$ و
 و $ف$ متساويتين أيضا ويحدث من خط $هـ$ و $ف$ واتجاهي $هـ$ و
 و $ف$ زاوية واحدة فاذن تكون مقاومة $هـ$ و $ف$
 الجانبين متساويتين

واذا فرضنا زيادة على كون قوة $ح$ (شكل ١١) عمودية على الحد
 القاطع وهو $هـ$ و $ف$ أن الخابور تدفعه قوة $خ$ الموازية لهذا الحد

فان ذلك الخابور من حيث وقوع تأثير قوة ح عليه يغوص ومن حيث وقوع تأثير قوة خ عليه يتحرك في جهة الحد القاطع وبهذا تعرف القضية النظرية المتعلقة بالاجسام المتواصلة الاجزاء المتنوعة توأصلا تاما وان لم تثبت لها هذه الخاصية بالنظر لنفسها وطبيعتها فيلزم أن تعتبر تضاريسها الصغيرة جدا التي لا تدرك غالبا بمجرد النظر كالخوابير الصغيرة البارزة الغائصة في سطح تلك الاجسام . . .

فاذا ضغط الخابور على جسم يقبل الضغط كثيرا او قليلا فان هذا الجسم يقع عليه تأثير الضغط وترداد المقاومة كثيرا حيث بها تكثرت نقاط تماس الخابور بالجسم المذكور

واذا زجلق الخابور الغير المصقول على الجسم صار كما ذكرنا كل تضريس من تضاريس سطحه بمنزلة خابور مستقر يغوص في ذلك الجسم مع حصول القائدة التي تحصل من القوة للمقاومة سواء كانت صورة هذه التضاريس حادة كثيرا او قليلا فاذا تكون القوة المستعملة في ذلك مع القائدة كفاية عن قوة عمودية على اتجاه الحد القاطع تدفع الخابور وقد دلت التجربة على اهمية هذه الفائدة العظيمة في كثير من اشغال الفنون

ويتضح ما ذكرناه بالا آلة المنتظمة التضاريس انتظاما تاما بواسطة الصناعة وهي المنشاوبان تفرض لوحا معدنيا كلوح أ ب ث د (شكل ١٦)

يكون ضلعه وهو ث د مصنوعا على وجه بحيث تكون زواياه

وهي أ و أ و أ الخ متساوية ونستعمل بالتعاقب قوتي خ و ر المتساويتين لاجل شد المنشار ودفعه على جسم م ن واما القوة الثالثة

وهي قوة ح التي هي في الغالب كفاية عن ثقل المنشار فان تأثيرها يكون على اتجاه عمودي وهذا المنشار كفاية عن الخابور المركب الذي يستعمل في نشر الاخشاب والمعادن وكثير من الاجسام الاخرى

واذا اريد قطع هذه الاخشاب او المعادن بمنشار ثابت واقع عليه تأثير ثقل

عظيم جداً كمنشار **أ ب ث د** (شكل ١٦) استحال تقسيها وتعذر
 مالم يتوصل الى ذلك ببذل مجهودات خفيفة بأن يحرك الجسم تحركاً متردداً
 يضاهي تحرك المنشار
 وليست صورة الزوايا البارزة المسماة بأسنان المنشار المرموز اليها بحروف
أ و آ و آ متحدة بل تتنوع في كل منشار بحسب طبيعة الاجسام
 وصلابتها

فاذا كان المراد نشر اجسام صلبة جداً وجب الاهتمام بجعل الاسنان صغيرة
 ومتقاربة من بعضها وجعل كل واحدة منها معدة لأن ترفع في كل حركة من
 حركات المنشار جزءاً صغيراً من الجسم الصلب واما اذا كان المطلوب نشر اجسام
 دون ذلك في الطلابة فانه يلزم جعل ابعاد الاسنان كبيرة وجعل صورتها على
 شكل منحن كما في شكل ١٧ عوضاً عما هو الغالب من جعلها على شكل مثلث
 مستو وليس للمنشار المعدة لنشر الحجر والرخام (شكل ١٥) اسنان
 اصطناعية بل هو كتابة عن صفحة من فولاذ تشد وتدفع على الكتلة التي يلزم
 نشرها ويقوم مقام الاسنان رمل معدني احرفه الحادة تعمل عمل الخواير*
 ويستعمل في نشر حجر الصوان السنفرة بدلا عن الرمل ولا يشترط أن تكون
 صفحة المنشار شديدة الصلابة وربما كانت من الحديد الخام وعلى ذلك يمكن
 ادخال الرمل او السنفرة الى حد المنشار القاطع بوجه مستحسن
 ولا يقتصر في الخواير المضرسية على جعل حدها القاطع مستقيماً بل قد يكون
 مستديراً وقد يكون على شكل منحنيات متنوعة

ومحيط المناشير المستديرة (شكل ١٨) ملوئ بالاسنان فهي بذلك شبيهة
 بالمناشير المعدة لنشر الاجسام الصلبة جداً (شكل ١٦) وبالمناشير المعدة
 لنشر الاجسام التي دونها في الصلابة (شكل ١٧) ولا بد في صناعتها من
 مزيد النشاط والمهارة في سقاية المعادن المتخذة هي منها وليس هذا محله وفي
 العادة تصنع المناشير الصغيرة المستديرة من صفحة من الفولاذ مركبة على
 محور من الحديد

واما المناشير المستقيمة فينشأ عنها ضرر دون غيرها من الآلات التي تتحركها متردد وذلك انها في حالة رجوعها يكون زمن تلك الحركة خاليا عن الفائدة بخلاف المناشير المستديرة المستقيمة التأثير في جهة واحدة فان زمن الحركة فيها لا يخلو عن الفائدة

ويشترط في المناشير المستديرة أن تكون شديدة السرعة في الدفع حتى تعظم فائدة تأثيرها وإيلا حظ حينئذ انه يكفي ضغط الجسم المراد نشره قليلا على المنشار حتى يحصل النشر مع غاية السرعة والسهولة ثم ان محاور المناشير المستديرة تكون موضوعة بالتوازي للسطح الافقي من التازجة ومعشقة بها بحيث يكون مستوى المنشار عمودا على مستويها فاذا المر يد عمل منشورات تكون جميع واجهاتها عمودية على بعضها فان قطع الخشب المطلوب نشرها توضع على وجه بحيث تكون احدى واجهتيها وهي المجهزة للنشر متحركة على مستوى التازجة والاخرى متحركة مع مماسها الدليل ثابت مواز لمستوى الطارة على بعد لا تقو وبتقديم قطعة الخشب المراد عملها يظهر بالبداهة أن مستوى المنشار يرسم فيها قطاعا موازيا للواجهة المستوية المستندة على الدليل فاذا تم عمل هذه الواجهة طبقت على الدليل وصارت واسطة في عمل واجهة اخرى من القطع المراد نشرها وتتوصل بهذه الطريقة الى عمل منشورات مربعة او مستطيلة معلومة السمك ولا يخلو هذا العمل عن الفائدة التامة اذا اقتضى الحال عمل عدة منشورات متحدة الجسم

ولامانع من استعمال المناشير المستديرة في الترسانات البحرية والطوبجية وسائر ورش الصناعات مع الفائدة وقد استعملت هذه المناشير في مملكة فرنسا وكنت اول من نقلها اليها من مملكة الانكليز

ولابأس أن نذكر هنا على سبيل الاختصار المناشير الكبيرة المستديرة المعدة لنشر اخشاب الطبق كخشب الكابلي فنقول المنشلة الكبيرة المستديرة عبارة عن طارة قطرها ستة امتار تقريباً متركبة من تصاليب رفيعة جداً في الجهة العمودية على مستوى المحور وعريضة جداً في جهة هذا المحور مبتدأة منه

واحدة في تناقص عرضها شيئاً فشيئاً كلما قربت من محيط الطارة وهذا المحيط
محاط بعدة قسي من صفائح الفولاذ مخرسة يتكون من تواصلها المنشار
المذكور ثم ان تلك الطارة تتحرك بواسطة آلة بخارية وتكون كتلة خشب الكابلي
مثلاً المطلوب نشرها مثبتة على عربة تكون سرعتها المتزايدة مناسبة لسرعة
الطارة وكلما دارت هذه الطارة غاصت في الكتلة وفصلت عنها جزءاً من سمكها
يلغ ٢ ملية تقريباً وينثنى هذا الجزء قليلاً بمجرد انفصاله بحيث يكون
على شكل محدب حادث من سطح دوران مركب من صفائح معدنية او الواح
خفيفة مثبتة على تصاليب الطارة وبهذه الطريقة تنشر اجزاء الطبقة التي
عرضها لا ياترونصف تقريباً واعظم مناسير هذا النوع هو منشار المهندس
برونيل الذي صنعه في معامله التي في باترسي قرياً من مدينة لندرة
وكثير من الآلات ما هو في الحقيقة مناسير وذلك كالمناجل والمقاصل والمبارد
وكيفية عمل المناجل والمقاصل (شكل ١٩ و ٢٠) أن يصنع محيطها
وهو **ا ب ث** على وجه بحيث يكون له تضاريس واسنان هي كناية عن
خوابير متقاربة من بعضها بالكلية ويحدث من حدها القاطع مع المحيط
زاوية واحدة في سائر جهاتها فكل قبضة من الزرع المحصود او الحشيش
اليابس قابلت الالة تقطع من سمكها بواسطة الاسنان المذكورة فاذا كان
التحرك سريعاً جداً اخذت المقاومة في التناقص بحيث تقطع العيدان النباتية
وهي **ب** بدون تكسر والاوجب أن يبذل في قطعها قوة عظيمة بتحريك
الالة عمودياً على محورها ولا يخفى ما في هذه الحالة من المشابهة البينة بين تأثير
المخجل والمقصل والمنشار المستدير

وقد صنعوا من هذا القبيل سيوفاً حدها القاطع ذو اسنان وتضاريس وهي
اسلحة قذيفة عظيمة التأثير لا تلايم الا اهل التبرير والخشونة
وما يسمى عند اهل المشرق بالسكاكرية له تأثير كيتاً ثير المنشار المستدير فترى
الرجل من اهل آسيا بدلاً عن كونه يطعن بها عمودياً على حدها القاطع يقبض
عليها ويجعلها على اتجاها يده حتى تصل الى الشيء المراد قطعه وتجرحه فعند ذلك

تغوص في الجرح اسنان الحد القاطع على التوالي فيكون تأثير تلك الاسنان الغائصة كمتأثير اسنان المنشارف لذا كانت جروح الشاكرات بهذه الطريقة أعق وأعرض مما اذا كانت خاضعة من الطعن بالحد القاطع طعنا عموديا على السطح المراد قطعه .

واما المبارد والمحركات (شكل ٢١ و ٢٢) فهي كناية عن سطوح مخرسة لها اسنان كالخوابير الصغيرة المتساوية التي تكون عادة مستوية الوضع اى مصنوعة على ميل يحدث منه مع محور المبرد او المحرك زاوية تبلغ ٤٥ درجة فاذا تقدم المبرد او تأخر على سطح الجسم المراد صقله حدث على ذلك السطح من خوابير حوز متساوية يعقبها ملوسة السطح وصقلته في رأى العين وذلك لبسطة تواصلها وتلاصقها ثم ان الاولى في استعمال المبارد ما كان له اسنان كثيرة وصغيرة جدا اذ به يتقصر بالتدريج عرض وعمق الحزوز التي تحدث على سطح الجسم المطلوب صقله حتى تكثروا يقل عمقها بحيث لا يمكن ادراك تجويفه بحاسة البصر فعند ذلك يظهر للناظر ان السطح المبرود على غاية من الصقالة ومما ينبغى التنبيه عليه أن المبرد لا يتحصل تأثيره في جهة واحدة بل ينتقل بالتدريج على سطح الجسم المراد صقله في اتجاهات مختلفة وبذلك تتقاطع الحزوز وتزول خشونتها

واما اذا كانت اسنان المبارد والمحركات ليست على بعد واحد من بعضها فلا يمكن أن تصقل سائر اجزاء سطح الجسم المقروض صقلا مستويا فلا بد في جودة الصقل من أن تكون المبارد والمحركات محكمة الصناعة ومنظمة انتظاما هندسيا

ومما ينتظم في سلك المبارد والمحركات الكردات وهي عبارة عن خوابير متفرقة عن بعضها واطويلة جدا ومتوازية ولها شبه باسنان المبراد التي على وضع مستو ولكن ليس الغرض منها الصقل وازالة ما في سطح الجسم من الخشونة وانما تستعمل لنظم الخيوط في اتجاهات معينة وتدخل في النسيج غير المنتظم الحادث من هذه الخيوط فتقسمه الى خيوط رفيعة جدا ثم تنظم تلك الخيوط

بواسطة تأثير ضغط خفيف

وللشيئة المعدة لتسريح الصوف المسماة عند العامة بالشيخة تأثير كذا تأثير الخواير
ومن هذا القبيل ايضا الحديد التي تطمر بها الخيل وهي مركبة من عدة صفائح
مسننة متجهة بالتوازي لبعضها ومحتركة بقوة مشتركة وكذلك المشط المعد
لترجيل الشعور وتسريحها واما محركات السكر (شكل ٢٣) والفرش
والمقشات فتأثيرها كآثار المنشار وذلك كالخرق المعدة لحك الامتعة وتكميل
صقل السطوح

وكذلك المسلفة والمجرفة فتأثيرها مشابه لما ذكر في تنظيم سطح الارض * هذا
ولم نستوف جميع آلات هذا النوع

ويستعمل في صقل محصولات الصناعة اجسام مركبة بالطبع من اجزاء
صغيرة هي في الحقيقة خواير حادة وصلبة جدا فن ذلك حجر الخرفش وحجر
السن فانهما معدان اصقل السطوح ويزيد الثاني اى حجر السن باختصاصه
بسبب الآلات القاطعة وما يوجد بسطحه المتباور من الخواير العديدة يستعمل
في اصطناع السطوح الكبيرة المتواصلة من الآلات القاطعة وهنالك اجار
سطحها الاصطناعي مستوي واخرى سطحها الاصطناعي مستدير

وليست اجار الطواحين مقصورة على دق الحبوب وتفتيتها بل تفلحها وتطحنها
بتأثيرها الشبيه بتأثير الخابور ويعين على ذلك الافاريز المصنوعة في السطح
المستوي من هذه الاجار

ولما انهم ينال الكلام على الخواير المنشورية اى التي على شكل المنشور فاسب
أن نتكلم على الخواير المخروطية او الهرمية ك المنقاش والمسامير وبعض
الاسلحة والآلات المستعملة في الفنون الحربية والملكية فنقول اذا اريد
ادخال منقاش او مسمار مخروطى او هرمى (شكل ٢٤ و ٢٥)
في جسم يقاوم ذلك فان كانت المقاومة مناسبة لادخايل الحاصل بين اجزاء هذا
الجسم ولكمية النقاط التي يلزم بعدها عن بعضها امكن أن نبرهن على أن الجهد
اللازم لادخال المسمار او المنقاش يكون مناسباً لمقدار اينترسى الجزء المفروض

غوصه من ذلك المنقاش او المسار لان هذا المقدار مأخوذ بالنسبة لمحور المسار
او المنقاش المعتبر كهرم او خابور

ومن الخواير الهرمية او المخروطية ايضا كثير من الآلات المستعملة
في الصناعة كالسفود والخجر والسحجة والابرة والدبوس وآلات الحفر والنقش
وما اشبه ذلك و يشاهد في الحيوانات ما هو على صورة خواير متنوعة الشكل
لاجل الاقتراس والذب بها وذلك كالاسنان والقرون والاطافر والمخالب
ونحوها ومثل ذلك كثير جدا لا يمكن حصره

وقد ابتدع ارباب الصنائع تركيبا يدعى لاتحاد انواع البريمة والخابور حيث
ان كلا منهما على انفراده يحصل به التوازن بين المقاومة الكبيرة والقوة
الصغيرة وباجتماعهما يحصل التوازن بين قوة اصغر من المقدمة بالنسبة
للمقاومة

ومن هذه الآلات المركبة ما الغرض منه الدخول في الاجسام كالمنقباب
والمسار ومنها ما هو معد لقطع الاجسام فاذا فرضت خابورا مخروطيا ممتدا
جدا وتبيت هذا الخابور على صورة الخلزون حدث من ذلك الآلة المعروفة
بالبرمة او كاشة المدفع التي الغرض الاصلى منها الدخول في السدادة او في ممسحة
الاسلحة النارية

ولاجل تبصيل النسبة بين القوة والمقاومة في مثل هذه الآلة يلزم أن نلاحظ
انه اذا كانت هذه الآلة بريمة كانت النسبة الحاصلة بين القوة والمقاومة
كنسبة المحيط المقطوع بهذه القوة الى خطوة البريمة ثم ان كان طرف البرمة
او كاشة المدفع منقبابا كانت النسبة الحاصلة بين القوة والمقاومة كنسبة طول
هذا الخابور المقروض الى سطح قاعدته مضروبا في مربع نصف قطر هذه
القاعدة فيكون حاصل هاتين النسبتين هو عين حاصل النسبة الواقعة بين القوة
والمقاومة غير أنه يلزم التنبيه على أن الاحتكاك يعدم جزأ عظيميا من القوة
وهي مع ذلك اكبر من المقاومة

والنوع الثاني من اتحاد البريمة والخابور وهو اجتماعهما معاه اهمية عظيمة

وهو أكثر استعمالا من الأول ويدخل فيه المثاقيب الكبيرة والمخاريز ونحوهما
(شكل ٢٦ و ٢٧) فإذا فرضنا خابورا مثبتا على طول ضلع الاسطوانة
وفرضنا أن هذه الاسطوانة تتحرك تحت كامة مستديرا في كل وقت يمكن أن نعتبر
أن هذا الخابور مدفوع بقوة واقعة على حده القاطع ويعظم تأثير هذه القوة
كلما كان الخابور في زاوية حادة جدا بالنسبة للجسم المطلوب تحريكه
وإذا فرضنا الآن ضلعا من ثانيا أثناء حركته لا من الضلع المستقيم فإن الحد
القاطع من الخابور عوضا عن كونه يقطع الجسم قطعا عموديا على اتجاه التحرك
الحاصل له يقطعه قطعا مائلا ويكون تأثيره كتأثير الخابور المستقيم الذي
يوجه اتجاهها مائلا كالمشواك وفي هذه الصورة تعظم القوة بالنسبة للمقاومة
حتى ينشأ عن حركته الحد القاطع مع ضلع الاسطوانة المثنى عليها هذا الحركون
زاوية كبيرة فإذا أريد عمل مثاقيب كبيرة تامة الصلابة لزم الاهتمام بجعل
حدها القاطع حادًا جدا وحادًا ناعنا مع ضلع الاسطوانة المجمولة محورا لهذه
الآلة زاوية كبيرة

وتجدر في المثاقيب والمخاريز فراغا عظيما في خلال كل خطوة من خطوات
البريمة الحادثة عن خيوطها الحادة ومتى تقبت تلك الآلة الجسم المطلوب تحريكه
انفصلت عنه اجزاء تكون صورتها على شكل الحركون وتتصرف في الفراغ
الموجود بين ادوار تلك الخيوط ومع ذلك فلا بد من التنبيه على أن تلك الاجزاء
لا تشغل الاجزاء من الاسطوانة الكلية التي يشقها المثقاب او المخراز وعلى انها
تكون ممتدة او منكماشة بمجرد انقضاءها وهذا الانكماش يضر بتأثير الآلة
ولكن لاجل منع ازدياده من زمن الى آخر فنحذف المخراز والمثقاب كي تخرج
الاجزاء المنفصلة ثم نأخذ في الثقب ثانيا ويكون العمل بعد ذلك سهلا

وقد عمل المهندس استقان بريس في الآلة المعروفة بالمقر اض لكونها تزبل
وبر الجوخ عملية بدعية تتعلق بالبريمة والخابور وأول من جلب هذه الآلة
الى مملكة فرانس هما المهندسان المسمايان بوبارد وقد حسنها
المهندس يوهن كواير تحسينا يينا ولاجل تصورها تقرر آلة قاطعة

كالوسى معوجة على صورة الحلزون ممتدة وملتفة على محيط اسطوانة مجوفة ونضع بمحاسة الاسطوانة التي يقطعها الحد القاطع من الصفائح الحلزونية صفيحة ثابتة مستقيمة وموازية لمحور هذه الاسطوانة وتحت هذه الصفيحة بالقرب منها جد بحيث يكون للقماش المراد ازالة وبره محل يوجد مسند مواز ايضا للصفيحة الثابتة ومحور الاسطوانة فتجد احد طرفي الجوخ عند مده جدا مشدودا وملتفا على قرص بكرة بخلاف الطرف الاخر فلانه يكون متخلا من فوق اسطوانة اخرى مخصوصة وبجترد مرور الجوخ بين المسند والصفيحة الثابتة يلاقى صفيحة حلزونية تتقدم بحسب ميلها على طول تلك الصفيحة وتزيل جميع ما يكون بارزا على القماش من الوبر فتي جاوزت الآلة الحلزونية عرض الجوخ شرعت في ازالة الوبر آلة اخرى حلزونية ابداً بحركة من الصفائح الحلزونية

(الدرس الثالث عشر)

(في بيان ما يقع في الآلات من الاحتكاك)

اذا كانت الاجسام مصقولة صقلا تاما امكن أن تتزحلق على بعضها بدون أن يعرض لها ادنى مقاومة من تماسها ببعضها فاذن يجري هنا جميع النسب البسيطة البسيطة التي تكون بين القوى والمقاومات بدون حدوث تغيير في سائر الآلات التي ذكرناها على اختلاف انواعها ولكن لا يمكن أن يكون سطح الاجسام بهذه المثابة من بلوغ الغاية في الصقل فلما مانع حثث من تحرك الاجسام على بعضها بدون أن يحصل من خشونة مسطحاتها ادنى مقاومة تبطل هذا التحرك ومثل هذه المقاومة يعرف بالاحتكاك

فاذا اريد حينئذ معرفة المقدار الحقيقي لتأثير القوى الواقعة على الآلات لزم معرفة قيمة مقدار الاحتكاك وضم هذه المقاومة بالجديدة الى المقاومات المعلوم مقدارها الحقيقي من النظريات

ومن الطبيعيين والمهندسين من بحث بالتعاقب عن قوانين الاحتكاك سالكا

في ذلك مسلك النظريات والعمليات مثل اموتونس وموشمبورويك
وكاموس وبوسوت فهم الذين بحثوا عن هذه المسئلة بالتعاقب الا انهم
لم يوفوا بما حثها على ما ينبغي فاعتنى بتكميلها الشهير كلب بتجارب بدبعة
وتوضيحات عظيمة تدل على فطنته وجودة قريحته

فينبغي الزام كل من تصدى لتكميل قنون الصناعة بالتسج على منوال
كلب في النظريات المتعلقة بالالات البسيطة مع الالتفات الى احتكاك
الاجزاء الصلبة وانكماش الحبل ليظهر لهم بواسطة التجارب التي يشرعون
فيها انه يمكن وضع قواعد تسهل بها الحسابات التي لا يمكن معرفتها بمجرد
النظريات بل لابد في ذلك من ضمنية تلك التجارب اليها

فلنقرض قبل الشروع في معرفة تأثير سطحين يترحلان على بعضهما جسمما
موضوعا على مستو مائل ميلا كافيا فيلزم بمقتضى الدعوى النظرية المقررة
في شأن المستوى المائل أن الجسم يسقط بتأثير التثاقل مع سرعة مجحلة تكون
نسبتها للسرعة المجحلة لهذا الجسم الساقط بدون معارضة على مستقيم رأسي
كنسبة ارتفاع المستوى المائل الى طوله ومع ذلك فقد يكون الجسم ساكنا
فن ذلك الورق والريش والدواة التي توضع غالبا على لوح التختة المائل بدون أن
تنزلق على طول هذا المستوى فتكون بالبداية مقاومة الاحتكاك اكبر من
قوة التثاقل فاذا املنا بواسطة الاحتكاك هذا المستوى المستقرة عليه تلك
الاجسام شيئا فشيئا فاننا نصل الى الوضع الذي يكون مبدأ التحرك هذه الاجسام
وهو وضع يكون فيه تثاقل الجسم من مبدأ الامر اكبر من مقاومة الاحتكاك
فعلى ذلك لا مانع من سلوك هذه الطريقة في معرفة درجة الاحتكاك الحادث
بين اجسام متنوعة عند تحركها على بعضها ويستنبط من ذلك عدة فوائد
مهمة

مثلا اذا كانت الاجسام موضوعة على المستوى المائل منذ مدة فانها لا تأخذ
في التحرك عليه الا اذا املنا اكثر مما اذا وضعت على مستو ميله معلوم وحصلت
امالته باثر الوضع فعلى ذلك اذا استقرت الاجسام مدة من الزمن على مستو

مادى فانها تكتسب بذلك نوع التصاق به تزداد المواضع التي يلزم الظهور عليها والتفريغها

ولنؤثر على هذه الطريقة الطريقة التي جرى عليها كلب مع بيان آتية فنقول

ان تلك الآلة عبارة عن تازجة صلبة (شكل ١) مثبت عليها لوحان كلوحى مم مم و مم غليظان ومتوازيان ومتلاصقان وكل من اطرافيهما يزيد في الطول على التازجة وبين النهايتين البارزتين من احد طرفي اللوح قرص بكرة محوره على اللوحين المذكورين كقرص ر وعلى النهايتين البارزتين من الطرف الاخر منجنون افقى كمنجنون ط ط

وعلى هذين اللوحين الغليظين خشبية من اللواح كتخشبية ح ح جيدة الصقل يزيدان عنها في الطول نحو متر ونصف وهى التي تتزحلق عليها الاجسام التي يراد عند تحركها معرفة مقاومتها الناشئة عن الاحتكاك وهذه الاجسام مسطحات من الخشب (شكل ٣) على اطرافها حالتا ث و ث المعدة احدها لامسالك طرف الحبل الذي يلتف على عمود المنجنون (شكل ١) وهذا الطرف هو محل تأثير القوة والثانية لامسالك طرف الحبل الذي يمر بحلق قرص البكرة ويوجد على هذا الحبل تارة كفة ميزان ككفة ب (شكل ١) يوضع فيها اثقال بقدر ما يراد لاجل تسوية القوة وتارة رافعة كرافعة ل (شكل ٢) تؤثر في هذا الحبل بواسطة ثقل كذراع القبان

ثم ان اول عملية اجراها كلب بموجب هذه الطريقة هو انه وضع على لوح الاختبار نقالة (شكل ٣ او ٤ او ٥ او ٦) تتزحلق على هذا اللوح ثم تستقر لحظة من الزمن

وكان كل من النقالة (شكل ٣) واللوح المذكورين من خشب البلوط وهذا النوع من الخشب اذا استقرت عليه النقالة مدة ثانية او ثانيتين او ثلاث

نوان الى عشر نوان فلا بد في تحريكهما من قوة كبيرة غير أن القوة التي تستعمل
عقب دقيقة في بدء تحريك النقالة وهي قوة الضغط تكون مع قوة مقاومة
الاحتكاك في نسبة لا تتغير الا من ١٠٠ : ٢٢١ الى ١٠٠ : ٢٤٦
وان كانت الانضغاطات تختلف من ٢٧ كيلوغراما الى ١٢٣٠
كيلوغراما

ولاجل معرفة التأثير الناشئ عن سطح الاحتكاك الممتد كثيرا او قليلا يسمر
باسفل النقالة منشوران من البلوط كمنشوري ط و ط (شكل ٤)
وحيث ان جزء هذين المنشورين المماس للوح الاختبار مستدير على شكل
اسطوانة لم يبق لسطح الاحتكاك من العرض الا مقدار يسير فيكون حينئذ
اتجاه المنشورين المذكورين موازيا لاتجاه تحريك النقالة ولا فرق هنا بين
مقاومات الاحتكاك متى تحركت النقالة بمجرد وضعها على لوح الاختبار
او بعد وضعها عليه بمدة يسيرة

وفي الانضغاطات التي تختلف من ٤٠٠ الى ١٣٠٠ كيلوغرام في كل متر
مربع لا تختلف نسبة الضغط الى القوة اللازمة للظفر بالاحتكاك الا من
١٠٠ : ٢٣٦ الى ١٠٠ : ٢٤٠ ومثل هذه النسبة يمكن
اعتبارها ثابتة تقريرا وحيث يلاحظ انها مساوية تقريبا للنهاية الكبرى من
نسبة الانضغاطات الى الاحتكاكات متى احتكت النقالة بجميع مسطح
قاعدتها على لوح الاختبار فاذا اخذنا المقادير المتوسطة في الصورتين بواسطة
التجارب وجدنا الفرق بينهما لا يبلغ واحدا من ثلاثة وعشرين

فاذا كان الضغط صغيرا كان الاختلال كبيرا واذا كانت الاحمال كبيرة لم يظهر
الخلل وتكون نسبة الضغط الى مقاومة الاحتكاك ثابتة تقريرا مهما بلغ
امتداد السطح الواقع عليه الاحتكاك

ثم انهم بعد أن اختبروا احتكاك البلوط على البلوط اختبروا ايضا احتكاك
الراتنج على البلوط استبدلوا المنشورين المتخذين من خشب البلوط الموضوعين
اسفل النقالة بمنشورين من خشب الراتنج

وأذا تحركت النقالة بعد وضعها على لوح الاختبار بمدة يسيرة فان مقاومة الاحتكاك تصغر ما أمكن لكنها بعد عشر ثوان تكبر بمقدار ما تبلغه بعد مضي ساعة

فاذا بلغت مقاومة الاحتكاك نهايتها الأصلية بواسطة تأثير حمل عظيم كانت نسبة الضغط الى هذه المقاومة هي نسبة ١٥٠ : ١٠٠
 وإذا ثبتنا على لوح الاختبار قاعدتين من الراتنج تتزحلق عليهما النقالة التي استعملناها في التجارب المتقدمة فانه عند احتكاك الراتنج على الراتنج بهذه المثابة تكون دائما دفي مقاومة للاحتكاك حاصلة متى تحركت النقالة باثر وضعها على لوح الاختبار الا انه اذا مضى على ذلك المقاومة عشر ثوان كبرت بقدر ما لو مضى عليها ساعة وفي هذه الصورة تتغير نسبة الانضغاطات الى المقاومات من ١٨٥ : ١٠٠ اذا كان الضغط صغيرا الى ١٧٧ : ١٠٠ اذا كان كبيرا

ويحصل اختبار احتكاك خشب الدردار على الدردار بالكيفية المتقدمة وهي أن يسمر منشوران باسفل النقالة فوق ذكر كلب أن خشب الدردار الذي يجدمنه الانسان عند اللمس لطافة ونعومة كالقطيفة هو في التصاقه ببعضه اشد بظنا من سائر الاخشاب المتقدمة ويظهر به ازدياد الاحتكاك بعد مضي عدة ثوان ولا يبلغ نهايته الكبرى اذا كان الضغط يساوي ٢٢ كيلو غراما الا بعد استقرار الخشب اكثر من دقيقة وعلى ما ذهب اليه هذا العالم الطبيعي من أن الضغط يتغير من ٢٢ كيلو غراما الى ٨٣٠ كيلو غراما تكون نسبة الضغط الى مقاومة الاحتكاك من ٢١٤ : ١٠٠ ومن ٢١٨ : ١٠٠ وهاتان النسبتان لكون ما بينهما من الفرق قليلا جدا يصح اعتبارهما متساويتين في سائر نتائج العمليات المحضة
 ولندكر لك هنا ما بين عقل النقالة وحملها ومقاومة الاحتكاك الناشئة عن هذا الثقل من النسب المتوسطة المستفيدة من التجارب السابقة فنقول انه يحدث

عند احتكاك البلوط على البلوط	٢٣٤ : ١٠٠
وعند احتكاك البلوط على الراتنج	١٥٠ : ١٠٠
وعند احتكاك الراتنج على الراتنج	١٧٨ : ١٠٠
وعند احتكاك الدر دار على الدر دار	٢١٨ : ١٠٠

وفي سائر التجارب التي اسلفنا الكلام على نتائجها يكون ترحلق الاخشاب على بعضها في اتجاه عروق الخشب فقد وجهت في تلك التجارب المتواليه عروق منشوري ط ط المسمرين باسفل الثقالتين اتجاها عموديا على عروق خشب لوح الاختبار (شكل ٥) وعلم مما سبق انه لا بد من استقرار الخشب مدة من الزمن حتى تبلغ مقاومة الاحتكاك نهايتها الكبرى وان نسبة الضغط بلغت من ٢٥ كيلوغراما الى ٨٢٥ والنسبة بين هذا الضغط ومقاومة الاحتكاك هي دائما ثابتة تقريبا فانها عند احتكاك البلوط على البلوط مع قطع النظر عن عروق الاخشاب المتماصة تكون

٣٨٥ : ١٠٠ في الانضغاطات الصغيرة

٣٦٧ : ١٠٠ في الانضغاطات الكبيرة

وعند عدم المانع تعظم الفائدة في احتكاك الاخشاب على بعضها اذا كانت عروق القطع المتماصة متجهة على بعضها اتجاها عموديا عوضا عن كونها تترحلق على عروق قطعتين متماستين

ثم ان احتكاك المعادين على الاخشاب (شكل ٦) لا يتففيه من مكث الجسمين متماسين زمنا طويلا حتى تبلغ مقاومة الاحتكاك نهايتها الكبرى واقل ما يلزم لذلك اربع ساعات او خمس بخلاف احتكاك الاخشاب على بعضها فان الدقيقة الواحدة تكفي في كون المقاومة تاخذ في الازدياد من زمن الى آخر فلا بد في الصورة الاولى من طول المدة حتى تمنع هذه المقاومة عن الازدياد بالكلية

فاذا استقر الجسمان على بعضهما اربعة ايام تغيرت نسبة الانضغاطات الى مقاومة الاحتكاك من ٥٣٠ : ١٠٠ الى ٤٨٦ : ١٠٠

إذا كان تغير الانضغاطات من ٢٦ كيلوغراما الى ٨٢٥ كيلوغراما ويحدث من النحاس مثل هذه النتائج في الزمن الذي تباعث باثره مقاومة الاحتكاك نهايتها الكبرى وفي نسبة الضغط الى هذه المقاومة وهي ١٠٠ : ٥٠٠ .

وبعد ترزحلق المعادن على الخشب يسمر على لوح الاختبار (شكل ٧) قاعدتان من الحديد في غاية من الاحكام والصقل ترزحلق عليهما قاعدتان اخريان من الحديد ايضا مثبتتان اسفل النقالة وفي هذه الصورة تظهر من اول وهلة اعظم مقاومة للاحتكاك فتكون النسبة على هذا المنوال قدر الضغط ضغط مقاومة الاحتكاك

احتكاك الحديد على الحديد } ٢٥ كيلوغراما :: ٣٤٠ : ١٠٠
٢٢٥ كيلوغراما :: ٣٦٣ : ١٠٠

فيمكن أن نعتبر مقاومات الاحتكاك هنا مناسبة للانضغاطات تقريبا وكذلك الحديد اذا احتك على النحاس الاصفر فان نسبة الانضغاطات فيه الى مقاومة الاحتكاك تكون بهذه الصورة

قدر الضغط

احتكاك حديد على نحاس اصفر } ٢٥ كيلوغراما :: ٣٦٠ : ١٠٠
٢٢٥ كيلوغراما :: ٤٠٠ : ١٠٠

فاذا احتك الحديد على النحاس الاصفر وكانت ابعاد سطوح التماس صغيرة ما يمكن بأن جعل مثلاً على قاعدتي النقالة المتخذتين من الحديد اربع مسامير من النحاس رؤسها مستديرة ومثبتة باسفل النقالة حدثت هذه النسبة وهي

الضغط مقاومة الاحتكاك

إذا كان قدر الضغط ٤٣ كيلوغراما كانت النسبة ٥٩٠ : ١٠٠
وإذا كان ٤٢٥ كيلوغراما كانت النسبة ٦٩٠ : ١٠٠
وهذه التجربة مترتبة على تنبيه مهم وهو انه بمجرد ما تهتز على قاعدتي الحديد النقالة المحاطة بمسامير من نحاس تكون النسبة ٥٠٠ : ١٠٠ ولكن

بعد حصول التحرك عدة مرات يصقل الحديد والنحاس صقلا تاما بواسطة احتكاكهما على بعضهما فتصير هذه النسبة ٦٠٠ : ١٠٠ وبذلك تنقص مقاومة الاحتكاك وحينئذ فالأججار والرمل وسائر الآلات التي تستعمل في الصقل لا تزال خشونة سطوح الأجسام بالكلية وانما يزيلها الاستعمال بواسطة الانضغاطات العظيمة التي تحصل عند سرعة تحرك الآلات

وفي كثير من الفنون إذا اريد تنقيص مقاومة احتكاك سطحين يتزحلقان على بعضهما يوضع بينهما اجسام دسمة كالزيت والدهن وشحم الخنزير القديم وما اشبه ذلك وهذا هو ما يغلب استعماله في ذلك الغرض ولا بد من معرفة الدرجة التي تبلغها الادهان في تنقيص المقاومات وقد استعمل كلب في مبدء الامر الشحم النقي

ولا تبلغ المقاومة بهذا الدهن نهايتها الكبرى الا بعد مضي مدة طويلة جدا فاذا مضت خمسة ايام او ستة كبرت هذه المقاومة عما كانت عليه أولا بنحو ١٤ مرة اذا كان سطح التماس كبيرا بالنسبة للضغط واما اذا كان صغيرا فان نسبة الانضغاطات الى المقاومات تبلغ نهايتها الكبرى سريرا

وقد وضع الدهن في التجارب المتقدمة مدة يسيرة ووضع ايضا فيما بعده من التجارب مدة ثمانية ايام فكان على غاية من الصقل الا ان دسامته قلت عما كانت عليه أولا وكانت ايضا مدة استقرارها تأثير عظيم في مقاومة الاحتكاك ولوحظ أنه اذا استقر بقدر هذه المدة حدث عنه مقاومة ادنى من مقاومة الدهن الموضوع منذ مدة يسيرة

ثم ان كلب اوقع الاحتكاك بين قاعدتين من النحاس مثبتتين باسفل النقالة واخرين من الحديد مثبتتين بلوح الاختبار ومد هونتين بشحم جديد يبلغ سمكه ٥ ملليمتر تقريبا فازدادت مقاومة الاحتكاك في مبدء الاستقرار ثم بلغت نهايتها الكبرى بعد مضي مدة يسيرة

واذا قطعنا النظر عن التصاق السطحين المتماسين الذي هو كاية عن كمية ثابتة

حدث عن تحريك النقال بدون واسطة أن مقاومة الاحتكاك تكون مناسبة للانضغاطات في نسبة ١٠٠ : ١١١٠ ولما كان تأثير الالتصاق كما ذكرنا مهملًا بالنسبة للاجمال العظيمة كان للدهن فائدة عظيمة اذ بدونه يحدث من ضغط قدره ٦٠٠ كيلوغرام ١٠٠ كيلوغرام من مقاومة الاحتكاك بخلاف ما اذا كان الدهن بالشحم فلا تحصل المائة المذكورة الا بضغط قدره ١١١٠ كيلوغرام وبالجملة فحق كانت السطوح مدهونة بالشحم لم تتغير نسبة الانضغاطات الى مقاومات الاحتكاك اصلا مهما كان امتداد السطوح المتماسية وهذا اذا كان مقدارها غير مناسب للضغط بالكلية وايضا قد يكون هذا الضغط صغيرا بقدر ما يراد من غير أن تتغير النسبة فاذا لم تتحرك النقال الا حين بلوغ مقاومة الاحتكاك نهايتها الكبرى كانت النسبة عند استخراج تأثير الالتصاق هكذا

في الانضغاطات الصغيرة ٩١٠ : ١٠٠

في الانضغاطات الكبيرة ٩٩٠ : ١٠٠

واذا حصل الدهن بزييت الزيتون عوضا عن الشحم بلغت مقاومة الاحتكاك نهايتها الكبرى من مبداء الامر تقريبا وكانت مساوية $\frac{1}{4}$ الضغط وبما تغيرت من $\frac{1}{4}$ الى $\frac{1}{7}$ اذا استعمل في الدهن شحم الخنزير القديم فعلى ذلك يكون الشحم الجديد اعظم نفعا في صورة ما اذا كان الاحتكاك بين النحاس والحديد

ولا يكفي في الظفر بالمقاومة الحاصلة لتحرك جسم حين استقراره على سطح مجرد معرفة القوة اللازمة لذلك بل لابد ايضا من معرفة الكيفية التي تتغير بها المقاومة على حسب ما يكون للجسم من السرعة الكبيرة ثم ان الآلة التي سبق ذكرها هي المستعملة في ذلك دائما غير أن رمانة القبان (شكل ٢) التي الغرض منها أن يكون للجسم في التحرك اقصى درجة تستبدل بالحيل والكفة (شكل ١) الحاملة اثقالا بواسطة يكون للجسم سرعة مجزلة فيحصل الاحتكاك مع الجلف بدون دهن وتحرك النقال على لوح الاختبار بما تحمله تدريجا من

الاتقال التي يحدث منها هذه النقلة سرعة تكبر شيئا فشيئا
 وإذا كانت النقلة موضوعة على لوح الاختبار وحامله لثقل يطلب معرفة
 تأثيره فإتانا تحمل على الكفة بالتوالي أثقالا متنوعة ثم نحرك النقلة تارة بدق
 المطرقة دقات خفيفة وتارة بدفع النقلة من خلفها بواسطة رافعة ويوجد
 في أحد أطراف لوح الاختبار الطولية تقاسيم مضبوطة بحيث تدل نهاية
 النقلة عند قطع هذه التقاسيم على المسافات المقطوعة وبالجملة فتقدر
 مدة التحركات بـ كيفية ترجيح على غيرها في التجارب القليلة الضبط المراد
 علمها وهي كيفية البندول الذي تمكث كل رجة من رجاته نصف ثانية
 ويلزم ملاحظة القوة التي لا بد منها في مبدئ تحرك النقلة ثم تستعمل في أثناء ذلك
 قوة متوسطة وفي الآخر تستعمل قوة كبيرة ويلزم أيضا ملاحظة الزمن الذي
 لا بد منه في قطع النقلة مسافتين قدرهما ٦٦ ستمتر

والزمن الذي تستغرقه النقلة في قطع المسافة الأولى هو على العموم ضعف
 الزمن الذي تستغرقه في قطع المسافة الثانية تقريرا غير أن الجسم المتحرك بقوة
 محجلة ثابتة الذي يقطع مسافتين متساويتين على التعاقب يستغرق تحركه زمنا
 تكون نسبتها إلى بعضها :: $10000 \gamma : 20000 \gamma$ فستغرق
 النقلة حينئذ ١٠٠ وحدة من الزمن في قطع الجزء الأول من المسافة
 و ١٤٢ وحدة أيضا من الزمن المعد لقطع الجزء الأول مع الثاني فلا يزيد
 زمنه على الأول إلا ٤٢ وحدة

فعلى ذلك يكون تحرك النقلة الناشئ عن القوة المحجلة الثابتة وهي قوة تشاقل
 الأثقال منتظم المحجلة وذلك يستلزم أن مقاومات الاحتكاك لا تعد في كل وقت
 الكمية مناسبة من القوة التي يزيد بها التشاقل فاذن تكون مقاومة الاحتكاك
 كمية ثابتة مهما كانت سرعة الأجسام المتحاسة

ومع ذلك إذا كانت المسطوح المتحاسة كبيرة فإن الاحتكاك يزيد بازدياد
 السرعة وبالعكس بمعنى أنه إذا كانت المسطوح المتحاسة صغيرة فإن الاحتكاك
 ينقص قليلا بانتفاص السرعة أيضا غير أن ما بين هاتين الصورتين من

الاختلاف لا يغير شيئاً في جودة النتيجة التي ذكرناها في اغلب العمليات وقد عين كلب بحسابات وان كانت مختصرة على قدر الكفاية الا انه يطول بيانها هنا ما بين الانضغاطات والاحتكاكات الحادثة عنها من النسب في التجارب الستة الآتية التي تتنوع فيها السرعة بحيث تفوق ما يحصل في العمليات من الانضغاطات العظيمة وهالك بيان ذلك احتكاك واقع على سطح يبلغ امتداده ١٠٥٥ يستتبعاً مربعاً محمل بهذه المثابة الآتية

تجربة	ضغط	نسبة
تجربة اولي	٢٥ كيلو غراما	٥,٧
تجربة ثانية	١٨٨	٩,٤
تجربة ثالثة	٢٩١	٩,٥
تجربة رابعة	٨٢٥	٩,٤
تجربة خامسة	١٧٨٨	٩,٢
تجربة سادسة	٦٥٨٨	١٠,٤

وفي هذه التجارب يكون اتجاه عروق خشب بلوط النقاله هو عين اتجاه عروق خشب لوح الاختبار ثم توجه عروق خشب النقاله اتجاهها عمودياً على عروق خشب لوح الاختبار ومن وقتئذ لا يحصل في نسبة الانضغاط الى الاحتكاك الا تغير قليل جداً سواء كانت السطوح المماسية متسعة او كانت قضباناً ضيقة كحدود السكاكين الغليظة وقد اورد كلب في ايضاح هذا التغير عياراً بدعيه لا بأس بإيرادها هنا فنقول

اذا كانت القواعد المصنوعة على صورة خابور والمثبتة بأسفل النقاله تتزحلق على عروق الخشب فان نقط لوح الاختبار تصل الى اطراف القواعد فتبقى هناك مضغوطة حتى تقطع النقاله المسافة بقدر طولها وحيفان طول النقاله ٤ دسيمترات فاذا كان التحرك مثلاً ٤ دسيمترات في كل ثانية فان كل نقطة من نقط اللوح تنضغط مدة ٤ نوان وحينئذ يحدث عن عدم تساوي السطوح

الناس عن التصاقها ببعضها مقاومة بها تتغير الصورة التي تكون لها عند الانضغاط ومع ذلك فالمدة المذكورة التي هي ٤ ثوان تكفي في تغيير صورة تلك السطوح ويحترق جزء منها فعلى ذلك اذا كانت النقلة المستندة الى زوايا مستديرة تتزحلق على عروق الخشب فان الاحتكاك يصغر بالمناسبة في الانضغاطات الكبيرة والصغيرة واما اذا كانت هذه القواعد المصنوعة على صورة خابور موضوعة في طرف النقلة فان كل نقطة من تقط لوح الاختبار عند تحرك النقلة لا تكون مدة انضغاطها الا بقدر مرورها على الزاوية وهذه المدة ليست طويلة بحيث تكفي في تغيير عدم التساوي تغيرا ينافي لزم اذن أن يكون الاحتكاك في هذه الصورة كالاحتكاك في صورة ما اذا كان امتداد السطوح متناهيًا وحيث انه في كتا الصورتين لا تتغير صورة عدم التساوي الا بكمية يسيرة فان عدم التساوي المذكور يكون متداخلا في بعضه بدون مانع وجميع ما سلفناه من النتائج انما هو في صورة احتكاك البلوط على البلوط واما في صورة احتكاك الراتنج على الراتنج والدردار على الدردار فان نسبة الضغط الى الاحتكاك تكون على هذا الوجه

راتنج على راتنج ٦ : ١

دردار على دردار ١٠ : ١

وفي صورة مماسة الاخشاب للمعادن يكون الاختلاف اظهر مما في صورة مماسة الاخشاب للاخشاب

فثبتت من مبدء الامر باسفل النقلة قواعد من حديد معدة للاحتكاك على لوح الاختبار المتخذ من البلوط واما كان الضغط بالنسبة الى السرعة الهينة يكون الاحتكاك على الثلث من هذا الضغط تقريبا وتكون نسبة ضغط النقلة الى القوة التي تسيرها في كل ثانية خطوة كنسبة ٦ : ١ وهذا الفرق العظيم الواقع في النسبة لا يحصل عند ازدياد السرعة في السطوح الصغيرة المتماصة التي تضغطها اقبال كبيرة ولا في الاخشاب المصنوعة ويكاد يبطل تأثير السرعة في الاحتكاك اذا مضى بعد الاحتكاك عدة ساعات

وفي جميع التجارب التي ذكرها تكون الاجسام المتماسكة مغمورة بالدهن
والذي يلايم تقيص احتكاك الاخشاب من الادهان هو الشحم ودهن الخنزير
القديم واما الزيت فلا يستعمل الا في المعادن ولما كانت الادهان من الاجسام
الليينة الرخوة كان تلطيفها لاحتكاك السطوح اتما هو بملء قباويف
تلك السطوح بالادهان المذكورة وتوسيطها بينها وجعلها على بعد واحد
من بعضها وهذا هو السبب في أن الادهان الشديدة الرخوة تكون دائما بارديئة
جدا بالنسبة للانضغاطات العظيمة فاذا كانت السطوح المتماسكة زوايا
مستديرة نقصت الادهان احتكاك النقلة قليلا واذا مرت النقلة التي لها
سطح تماس كبير مرتين او ثلاثا على شحم واحد شوهد أن هذا الشحم ينطبق
على اللوح ويدخل في مسام الخشب ولا يقاوم تعشق الاجزاء ببعضها الامقاومة
واهمية وقد ازداد الاحتكاك ازديادا عظيما في عدة تجارب يكثر استعمالها
بدون تجديد دهن وانذكر لك هنا قبل أن نتكلم على التجارب الحاصلة
في صورة دهن الاخشاب في كل مرة السبب الذي ينشأ عنه غالبا عدم ضبط
النتائج فنقول

اذا قم الصانع عمل لوح الاختبار والنقلة واهتم كل الاهتمام بتحسين سطوحهما
وصقلها بالفارة الكبيرة اوراق السمك او بزحلقتهما على بعضهما عدة مرات
وهما جافان فاشامع ذلك نرى عند دهن السطوح انه ينشأ عنها في الاحتكاك
مقدار كبير من عدم التساوي يعظم بقدر كبر امتداد السطوح وصغر الضغط
وبه يزداد الاحتكاك ازديادا ظاهرا بالنسبة لازدياد السرعة وليس لهذا
الاختلاف قواعد صحيحة تضبطه ولا براهين نظرية تحققه غير أن النقلة
اذا ترحلت بمعاونة الدهن بالشحم او دهن الخنزير القديم عدة ايام متوالية
وكان عليها اثقال جسيمة كان الاحتكاك دائما مناسبا للضغط تقريبا وبذلك
لا تزيد النسبة بزيادة السرعة لا زيادة هينة

ولا جل تعيين تأثير الدهن بالشحم الذي يتجدد في كل تجربة من التجارب
الاتية في احتكاك البلوط على البلوط تستعمل النقلة التي استعملت

منذ ثمانية ايام في التجارب الحاصلة في شأن الاحتكاك وقد جرب الدهن بالشحم المتجدد في اغلب المرات اكثر من مائتي مرة وكان الواقع على كل دسيترا مربع ضغط عدة فئا طير

فظهر في الحسنيين الاولى من تلك التجارب اختلال عظيم وكان ما بعد هادونها في الضبط وكان كل من الثقالة ولوح الاختبار يظهر أنه قد بلغ الغاية في الصقل الذي يقبله خشب البلوط وهالك نتيجة التجارب الستة التي علمت في شأن سطح تماس يبلغ امتداده ١٣ دسيترا مربعا

$$\text{تجربة اولى} \quad ٢٧,٦ = \frac{٣٢٥٠}{١١٥} = \frac{\text{ضغط}}{\text{احتكاك}}$$

$$\text{تجربة ثانية} \quad ٢٥,٨ = \frac{١٦٥٠}{٦٤} =$$

$$\text{تجربة ثالثة} \quad ٢٣,٦ = \frac{٨٥٠}{٣٦} =$$

$$\text{تجربة رابعة} \quad ٢١,٥ = \frac{٤٥٠}{٢١} =$$

$$\text{تجربة خامسة} \quad ١٨,٥ = \frac{٢٥٠}{١٣,٥} =$$

$$\text{تجربة سادسة} \quad ٧,٧ = \frac{٥٠}{٦,٥} =$$

والنتيجة هنا مشكلة من وجهين احدهما المقاومة الثابتة الناشئة عن التصاق اجزاء الشحم ببعضها وامتداد السطوح والثاني المقاومة الناشئة عن مجرد الاحتكاك فاذا طر حنا هذه الكمية الثابتة حدث

تجربة اولى $\frac{\text{ضغط}}{\text{احتكاك}} = \frac{3200}{113} = 28,7$

تجربة ثانية $\frac{1600}{59} = 27,9$

تجربة ثالثة $\frac{800}{31} = 27,4$

تجربة رابعة $\frac{400}{16} = 28,1$

تجربة خامسة $\frac{200}{8,5} = 29,4$

تجربة سادسة $\frac{00}{1,75} = 28,6$

وما ذكرناه من التفاصيل يكفي في بيان حكمة تجارب كلب المتواليه التي عملها في شأن احتكاك عدة انواع من الخشب على بعضها واحتكاك اخشاب على معادن واحتكاك معادن على معادن مدهونه وذلك لا يخرج عن الصور الاتية وهي

اولا أن يحدث عن احتكاك الاخشاب المترحلة على بعضها وهي جافة بعد استقرارها مدة كافية مقاومة مناسبة للانضغاطات تزيد في مبادئ الاستقرار زيادة بينة الا انها تصل في العادة بعد مضي بعض دقائق الى حدها ونهايتها الكبرى

وثانيا اذا كانت الاخشاب تتزلق على بعضها بسرعة ما وهي جافة فان الاحتكاك يكون ايضا مناسبا للانضغاطات الا أن شدته تكون دون المقاومة الحاصلة عند الاجتهاد في فصل السطوح عن بعضها بعد مضي بعض دقائق من الاستقرار فتكون مثل نسبة القوة اللازمة لفضل سطحين من البلوط وترحلة هما على بعضهما بعد مضي بعض دقائق من الاستقرار الى القوة اللازمة للظفر بالاحتكاك عند اكتساب السطوح درجة ما من السرعة

كنسبة ٩٥ : ٢، ٢٢ او ١٠٠ : ٢٣

وثالثاً أن يكون احتكاك المعادن المترحلة على المعادن بدون دهن مناسباً أيضاً للانضغاطات إلا أن شدته لا تختلف سواء كان المطلوب فصل السطوح عن بعضها بعد مضي زمن ما من الاستقرار أو كان المطلوب بقاء أي سرعة منتظمة

ورابعاً أن تكون نتائج احتكاكات السطوح المختلفة كالاخشاب والمعادن المترحلة على بعضها بدون دهن مخالفة بالكلية للنتائج المتقدمة لأن شدة احتكاكات تلك السطوح بالنظر إلى زمن الاستقرار تزداد مع البطء ولا تصل إلى حدّها إلا بعد مضي أربعة أيام أو خمسة وربما زادت على ذلك لكنها في المعادن تصل إليه بعد مدة من الزمن وفي الاخشاب بعد مضي بعض دقائق وهذا الزيادة يكون أيضاً بطيئاً بقدر ما تكون مقاومة الاحتكاك في السرعة غير البيئة مساوية تقريباً للمقاومة التي يمكن مجاورتها عند ارتفاع السطوح أو انقصالها عن بعضها بعد مضي ثلاث أو أربع ساعات من الاستقرار وليس ذلك عاماً في جميع الصور فإن السرعة في الاخشاب المترحلة على بعضها بدون دهن وكذلك في المعادن المترحلة على بعضها لا تؤثر في الاحتكاكات إلا تأثيراً هيناً ولكن الاحتكاك هنا يزيد زيادة بيّنة بازدياد السرعة وبالجملة فالاحتكاك يزداد على وجه التقريب الحسابي بازدياد السرعة على وجه التقريب الهندسي ولنذكر لك قضية كلب النظرية فنقول

لا يتأتى الاحتكاك إلا من اشتباك خشونة السطوح ببعضها ولا يؤثر فيها الالتصاق إلا تأثيراً هيناً لأن الاحتكاك في سائر الأحوال مناسب تقريباً للانضغاطات ولا علاقة له بامتداد السطوح وحينئذ يكون الالتصاق بالضرورة مؤثراً على حسب عدد نقاط التماس أو على حسب امتداد السطوح ومع ذلك فلما كان هذا الالتصاق ليس معدوماً بالكلية بذلنا الجهد في تعيينه بالتجارب السابقة المتنوعة فوجدناه يساوي نحو ٨ كيلوغرامات في كل متر مربع من سطوح البلوط غير المدهونة ولكن يمكن

في العمليات اهمال المقاومة الحاصلة من هذا الالتصاق كلما كثرت الكيلوغرامات على المتر المربع

وليست السطوح في اذكر من العمليات متغيرة عن اصلها بالدهن فعلى ذلك لا يمكن أن تتغير الحوادث الا تغييره لا بد منه في طبيعة الاجزاء التي تتركب منها الاخشاب والمعادن وذلك لان الاخشاب مركبة من الياض ممتدة واجزاء ليننة مرنة والمعادن بعكسها فهي مركبة من اجزاء منزوية وكروية صلبة غير قابلة للانثناء بحيث لا يمكن للضغط والجذب ولو بلغا اقصى الدرجات ان يغيرا صورة الاجزاء المتركب منها سطح تلك المعادن واما الياض المتنوعة التي يتركب منها الخشب فيسهل انشاؤها في سائر الجهات

ولاجل تقريب ما ذكر نقول ان الياض التي تستر سطح الاخشاب تتداخل في بعضها كشعور الفرشتين عند ملاقاتهما

فاذا اريد تحصيل درجة الجذب الذي لا بد منه في زحلقة احدى الفرشتين على الاخرى لزم اختبار وضع الشعور في الزمن الذي يلزم فيه الاجتهاد في فصل الفرشتين عن بعضهما بعد مضي مدة من الاستقرار وكذلك يلزم اختبار ما تكون عليه الشعور من الوضع المخالف متى كان لكل من الفرشتين عند ترزحلقهما على بعضهما تحرك اياهما كان

فلو وضعت حينئذ خشبية جيدة الصقل على اخرى تداخلت الياض التي على السطوح في بعضها بدون مانع

فاذا اريد الان زحلقة الخشبية العليا على السفلى فان الياض هذين السطحين تنثنى على بعضها حتى تتماس بدون تعشق ومتى وصلت الياض المتماساة الى هذا الوضع لم يتأت ميلها اكثر من ذلك وتكون زاوية ميلها المتعلقة بسطح الياض واحدة في جميع درجات الضغط فعلى ذلك لا بد في جميع درجات الضغط من قوة تناسبه حتى لا تتعشق الياض التي ترزحلق على بعضها بحسب زاوية هذا الميل

ولكن اذا انفصلت النقالة واستمرت على الترزحلق انعدم تعشق الياض

وبانعدامه يتخلل الالياف المتجاورة من سطح واحد فراغ فتميل تلك الالياف على بعضها حتى تتماس وبناء على ذلك تكون زاوية ميلها اعظم من المتقدمة الا أن هذا الميل يكون واحدا في سائر درجات الضغط فعلى ذلك يلزم في السطوح المتحركة أن يكون الاحتكاك مناسباً للانضغاطات ولا يحصل تغير في هذه القاعدة الا اذا آلت السطوح المتماسية الى اصغر ابعادها لانه اذا وقع على الاجزاء الداخلة من السطوح تأثير انضغاطات غفيرة ~~ممكن~~ ميل الالياف ايضا وقد وجدنا ذلك في النقالة الموضوعة على زاويتين مستديرتين من البلوط عند ترزحها على عروق الخشب

وبالقاعدة المذكورة يسهل ايضاح هذه الملاحظة وهي انه متى ترزحلت قواعد البلوط الحاملة للنقالة في جهة طولها وانضغطت نقط لوح الاختبار الثابت الموضوعة تحت هذه القواعد في المدة التي تستغرقها النقالة في قطع طولها كان هذا الزمن كافيا في ارتفاع السطوح وميل الالياف ميلا كثيرا بحيث تكون اطرافها متماسة لكن اذا كانت الزوايا الحاملة للنقالة موضوعة في طرف النقالة ومارة منها فان نقط تماس الالياف مع لوح الاختبار الثابت لا تجد زحزحة تترقى فيه بكيفية محسوسة لعدم وقوع تأثير الانضغاط عليها الا في مدة يسيرة وتكون نسبة الضغط الى الاحتكاك واحدة في سائر الانضغاطات ~~كبيرة~~ كانت او صغيرة

وليست المعادن مركبة من الالياف ولا من اجزاء لينة ولا يتغير وضع تجويف شكلها على اى حالة كانت فعلى ذلك اذا كانت النقالة متحركة او ساكنة فان شدة الاحتكاك تكون واحدة دائما لان لها تعلقا بصورة العناصر المادية التي تتركب منها السطوح ويميل المستوى المتماس في نقط التماس

فاذا ترزحلت الاخشاب على المعادن دخلت ألياف الخشب المرنة في التجويفات وحيث ان تلك الالياف لينة مرنة كان دخولها في التجويفات المذكورة تدريجيا فعلى ذلك تزداد مقاومة الاحتكاك كلما طال زمن الاستقرار الذي يعقب الجهد المبذول لاجل ترزح السطوح على بعضها ولكن اذا فرضنا

أن النقلة محركة فان صورة الالياف التي تستر سطوح الخشب ترتقي عند ملاقاتها لخشونة المعدن لتجتاز رؤس هذه الخشونات وهذا الذي ضروري لا بد منه حتى تكون مقاومة مرونة الالياف مناسبة للضغط فيكون حينئذ الاحتكاك في السرعة الغير الينية مناسبا ايضا للضغط كما دلت على ذلك التجربة فاذا تحركت النقلة بسرعة ما فحين ان تجويفات سطح المعدن متسعة بالنسبة لسلك الياف الخشب فان هذه الالياف بعد مرورها على خشونات السطوح المعدنية يرتفع جزء منها على صورة جلة من الياف فيلزم اذن اثناؤها اثناء جديدا حتى تجتاز ما بقي من الخشونات ويكثر اثناؤها كلما عظمت السرعة فاذن يزداد الاحتكاك بموجب قانون السرعة ولكن مع ذلك كلما اخذت السرعة في الازدياد يكون اثناء الالياف على شكل زاوية صغيرة لان تلك الالياف عند مرورها من خشونة الى اخرى لا تجد زمنا تستقيم فيه استقامة تامة

ولما كانت سطوح التماس في احتكاك الاخشاب والمعادن المدهونة بالشحم على بعضها عبارة عن زوايا مستديرة لم يكن للسرعة تأثير في الاحتكاك عند تزلزل القواعد على عروق الخشب ومثل هذا الاحتكاك يترأى منه أن الشحم يلصق الياف الخشب ببعضها ويزيل جزءا من مرونتها ولذا ذكر هنا ملحوظة مهمة لا بد منها في هذا الموضوع فتقول لما ادار كلب بكرة من خشب الانبيا على محور من الحديد ليس به دهن وجد الاحتكاك في ظرف العشرين دقيقة الاولى يزداد بازدياد السرعة بموجب قوانين كقوانين الاخشاب والحديد المقورة في تحرك النقلة وذلك لان البكرة في هذه الصورة جديدة ومع ذلك بعد اعتغراق الاحتكاك المتواصل بالنظر الى سرعة الدوران مدة ساعتين ينعدم من الالياف معظم مرونتها ويكاد الاحتكاك أن لا يزداد بازدياد السرعة ومثل ذلك ينشأ بسرعة عند دهن المحور بالشحم فانه بعد أن يستغرق تحرك الدوران دقيقة بالنسبة الى ضغط قدره ٦٠٠ رطل يكون احتكاك البكرة المتخذة من خشب الانبيا الموضوعة على محور

من الحديد مدهون بالشحم واحدا دائما ويكون لها درجة ما من السرعة
واذا قابلنا بين مقاومة احتكاك جسم له ثقل مقروض يسير الى جهة الامام
وهو مستند على جسم آخر خال عن الدوران وبين المقاومة الحادثة من الجسم
الاول الذي يدور على الثاني وجدنا هذه المقاومة الاخيرة دون الاولى بكثير *
مثلا اذا دحرجنا الخشب على الخشب كانت نسبة المقاومة الى الضغط بالنظر
الى ملف صغير كنسبة ١٠٠ الى ١٦ او ١٨ وبالنظر الى ملف
كبير كنسبة ١٠٠ الى ٦ فاذا حصل التزحلق بدون أن ندحرج
الخشب على الخشب تغيرت النسبة وصارت من ١٠٠٠ الى ٢٠٠
او من ١٠٠٠ الى ٣٠٠ على حسب جنس الخشب فعلى ذلك اذا
دحرجنا جسما مستديرا على جسم مستوي لا عن سحبه بدون دوران زاد
مقدار النسبة في ذلك من ١٢ الى ٢٠

وبما ذكرناه يكون استعمال النقل في اشغال الصناعة هو الاولى والاحسن
فاذا فرضنا أن عربة ثقلاها ١٠٠٠ كيلوغرام يحملها عجلتان فان كانتا
مثبتتين في المحور واحتكاكهما على ارض ذات اخاديد من الخشب ولم يكن فيهما
قضبان معدنية فان مقاومة الاحتكاك تبلغ ٢٠٠ كيلوغرام واذا كانت
العجلة لا تدور الا بالصعوبة فان مقدار هذه المقاومة يتغير فورا ولا يبلغ الا ٦
كيلوغرامات فما دونها فاذا فرضنا حينئذ أن المحور له قطر يساوي واحدا
من خمسين من قطر العجلة فان تلك العجلة متى دارت دورا كاملا كانت كل نقطة
من نقط بيت المحور المماس له تقطع سطحا اقصر من محيط العجلة خمسين مرة فعلى
ذلك تكون سرعة هذا البيت عند احتكاكه على سطح ذلك المحور مساوية
لواحد من خمسين من سرعة العجلة بالنسبة الى النقطة المماسية للارض وحيث
لم يكن ثم مانع فاحتكاك العجلة على المحور يساوي واحدا من خمسين من
احتكاكها لو استعملنا بذل العربة نقالة وزحلقناها على الحديد ومن هنا يعلم
ما يتقصه النقل من مقاومة الاحتكاك لاسيما اذا تعشق بيت المحور جلب من
النحاس لاجل تلطيف احتكاكها على حديد المحور فلم يبق علينا حينئذ في التفر

بالمقاومات الظاهرة الامقاومة خشونة الارض والتصاقها بمحيط العجلة وهذه
المقاومة تنقص تقصا يدنا باستعمال سكك الحديد

فاذا كان المطلوب نقل احوال ثقيلة لتوضع على العربات فان العتالين يزحلقونها
على ملفات او اكر (شكل ٨)

وقد شاهدنا في بلاد ايقوسيا أنهم يرفعون السفن من البحر على مستوماتل
فيضعونها على نوع من العربات له عجلات صغيرة تجري على سكة من الحديد
وبهذه الطريقة لا يحتاج في رفع السفن الثقيلة من البحر الى كثير من الناس
بل يكفي القليل منهم وقد سبق لك ذكر الكيفيات التي وصلت بها الصناعة الى
تقيص مقاومات الاحتكاك وهناك احوال يعكس هذه الكيفيات تزداد فيها
تلك المقاومات بقدر الامكان * مثلا اذا انتقلت العربات من سكة اقصية الى سكة
منحدرة جدا لزم منعها عن أن تأخذ في سرعة مجلبة تكون عاقبتها خطرة وذلك
يحصل باحسد امرين اما أن تمنع العجلات عن الدوران واما أن تخلى على
احتكاكها على الارض الا أن مقاومة الاحتكاك الحاصلة للعجلات في هذه
الصورة تبرى قضبانها في اسرع وقت وتجعلها غير صالحة للاستعمال ويمكن
تدارك هذا الضرر بواسطة زمام معدني كزمام ض (شكل ٩) يتعشق بمحيط
العجلة ويتوسط بينها وبين الارض ويكون ممكبا بسلسلة مثبتة في مقدم العربة
وهذه الطريقة لا تخلو عن الضرر ايضا وذلك انه اذا لم تكن الارض مستوية
استواء تاما بأن كان فيها شقوق او اجار عظيمة المسافة فلا مانع من أن العجلة
تنقلت من الزمام فيؤدي ذلك الى اشتد الخطر

والاولى في منع الضرر ان نستعمل قوس دائرة من خشب او معدن بأن نضعه
خلف احدي العجلات الكبيرة (شكل ١٠) على وجه بحيث يمكن تقريبه
من هذه العجلة بواسطة بريمة الضغط فاذا ازداد هذا الضغط نشأ عنه مقاومة
احتكاك تناسبه ثم ينعدم فتتحرك العجلة بعد مدة يسيرة وهذه الكيفية التي لا مانع
من تحسينها وتلطيفها وتقويتها وزيادتها عند الاقتضاء ترجع على غيرها في عدة
امور وهي الان مستعملة في عربات النقل وغيرها من سائر انواع العربات

ومن المهم في الآلات الكبيرة لاسيما طواحين الهواء منعها عن سرعة السير
او تلطيف ذلك بقدر ما يراد ان لم يمكن المنع المذكور وذلك لا يحصل الا بواسطة
زام كزام **ابث** (شكل ١١) والمراد بالزام هنا قوس دائرة كبير
من خشب محاط من خارجه بقضيب من حديد وأحد طرفيه ثابت والاخر
ملصوق بذراع رافعة صغيرة فاذا وقع على الذراع الكبير من هذه الرافعة تأثير قوة
فان هذا الزمام يجبر على القرب من العجلة الكبيرة وبذلك تشترك مع الآلة
في التحرك وتضغط هذه العجلة ضغطا كبيرا جدا فتكون مقاومة هذا الضغط
كافية في تحصيل التأثير المطلوب واذا تأملت تجارب كلب في سائر
احوالها عرفت في اى ضغط فرضته مقاومات احتكاك الازمة التي يراد
استعمالها

ومن الآلات التي يرجح فيها الزمام على غيره الجرو اى العيار اذ بدون ذلك
لا يمكن للشغالة الطفر بتلك الآلة على الحمل المطلوب رفعه الا ببذل مجهودات
تكفى في ذلك والاحتكاك تحت كاتقهقريه بسرعة بحيث يترتب على ذلك عوارض
عظيمة وخطار جسيمة ويرجح استعمال الزمام ايضا في الطارات الكبيرة
المستديرة كما سبق بيانه في طواحين الهواء لان التأثير الحادث عنه يمنع من
وقوع الضرر بالكلية

ويوجد بمدينة لندرة مخازن يقال لها مخازن الدوك بها مخبونات فيها مثل
هذا الزمام وهي معدة لادخال البضائع في تلك المخازن واخراجها منها فاذا اريد
تنزيل هذه البضائع من المخبونات اقلست متويلا ثم ادفعه واحدة فيبسط الحمل
بالسرعة الناشئة له عن تناقله ويكون احد مهرة الشغالين قابضا بيده على
الذراع الكبير من الرافعة الواقع تأثيرها على الزمام المذكور وينتظر الحمل الهابط
حتى يبقى بينه وبين الارض او العربة التي يلزم وضعه عليها اقل من متر فعند ذلك
يتكى على الرافعة دفعة واحدة فيقف الحمل حينئذ وقفا وقويا

(الدرس الرابع عشر)

(في بيان الضغط والشد والمرونة على العموم)

قد اختبرنا فيما سبق تأثير القوى في الاجسام من حيث انكماشها وتمددها مع فرض ثبوت ابعادها وهو فرض عن الحقيقة بمعزل فان اغلب الاجسام التي يقع عليها تأثير القوى لا اجل انكماشها يتقص بعدها في الجهة التي يحصل فيها الانكماش

والمقصود لنا هنا بيان ما بين الاجسام المتنوعة من المبيانات الكلية فنقول هناك بعض اجسام يظهر أنها تتأثر بأدنى ضغط بدون مقاومة وتبقى بعد الانضغاط على الابعاد التي تحدث لها من الضغط وهذه هي الاجسام الرخوة وهناك اجسام اخرى تتأثر ايضا بالضغط مع السهولة الا أنها بمجرد انقطاع تأثير القوة الضاغطة تأخذ الابعاد التي تناقصت بتأثير هذه القوة في الازدياد حتى تقرب من الابعاد الاصلية كثيرا او قليلا وهذه الاجسام التي ثبتت لها هذه الخاصية هي الاجسام المرنة

ولا تكون الاجسام تامة المرونة الا اذا عادت الى ابعادها الاصلية بالسرعة التي انعدمت منها حين الضغط ولكن ليس هناك من الاجسام التي على اصل الطبيعة ما هو بهذه المثابة

واذا ضغط الجسم اول مرة خلى ونفسه بأن يبطل تأثير القوة الضاغطة ليعود الى ابعاده الاصلية بقدر الامكان فان عادت هذه القوة الى التأثير ضغط الجسم ثانياً ضغطاً اشد في العادة من ضغط المرة الاولى واذا بطل تأثير القوة الضاغطة عاد في العادة الى ابعاده الاصلية لكن لا كل مرة الاولى بل دون ذلك فعلى هذا تتناقص مرونة الاجسام شيئاً فشيئاً بتكرر تأثير القوى الضاغطة ومع ذلك فكثير من الاجسام لا ينعدم من مرونته في كل مرة الجزء غير محسوس ومثل هذه الاجسام يقبل الاستعمال زمناً طويلاً مع ما يقع عليه من كثرة تأثير القوى الضاغطة الذي يوجد تارة وينعدم اخرى

ويكثر في الصناعة استعمال الاجسام المرنة القابلة للانضغاط لاجل توزيع الضغوط المشتركة توزيعاً بالسوية بواسطة القوة التي لا تؤثر الا على اتجاه مستقيم واحد فاذا كان المطلوب مثلاً أن تنقل على فرخ من الورق او على قطعة

من القماش تقشاً موجوداً على لوح معدني فالتناضع على الفرخ او القماش
جسماً مرناً قابلاً للانضغاط ونضع فرخاً آخر على اللوح المعدني ثم نضع فوق
الجميع جسماً صلباً مستوياً يقع عليه تأثير القوة في نقطة واحدة او اكثر وينقل
هذه القوة على الجسم الصلب المذكور تضغط الاجزاء البارزة من الجسمين المرين
على التوالي ويجترد ضغطها للاجزاء البارزة تتلاقى مع ما بقي من الاجزاء وتضغط
معظمها بحيث يقع على جميع نقط السطح الذي تلاقى مع اللوح المعدني من جهة
ومع فرخ الورق او قطعة القماش من جهة اخرى جزء من القوة الضاغطة يكفي
في دخول القماش او الورق اللذين هما جسمان قابلان للانضغاط في تجويقات
اللوح فيحدث من ذلك نقل النقش وطبعه

ويستعمل في كثير من الفنون ما هو من قبيل تلك الاجسام المرنة او الرخوة التي
تستعمل في توزيع الضغوط توزيعاً منتظماً والا وقعت كلها على نقطة واحدة
فتفتت الجسم المطلوب ضغطه او تغير صورته

فاذا كان المطلوب صقل اجسام معدنية او خرطها وكان سطح تلك الاجسام يلزم
الاعتناء به بالكلية فالتناضع بين هذا السطح وفكي الكاشة جسماً رخواً
كالخشب والرصاص والنحاس وما اشبه ذلك فيتوزع به الضغط على عدة
من نقط سطح الجسم المطلوب صناعته وبهذه الكيفية لا يلحقه ادنى تلف

وفي حزم البضائع ونحوها مما يخشى على سطحه التلف يلزم تحويطها باجسام
مرنة ولا ضرر بعد ذلك في ضم هذه البضائع الي بعضها بالحبال لان ضغط تلك
الحبال حينئذ يكون موزعاً على الاجسام القابلة للانضغاط المحيطة بها فيكون
ما يصل من الضغط الى النقاط المختلفة من الاجسام المحزومة على غاية من الخفة
وسياً في الدرس المعقود لاصطدام الاجسام اختصاراً مثل هذه التأثيرات
في الاجسام المرنة المعتدة لتحويل التحركات السريعة او تلطيفها

واذا فرض أن قوتين يؤثران في جهتين متضادتين لاجل ابعاد اجزاء جسم
عن بعضها فانهما يمتدان ويزيدان كثيراً او قليلاً بعد هذا الجسم في جهة
المستقيم الذي يصل بين نقطتي وقوع القوتين المتجهتين الى جهتين متقابلتين

وهناك اجسام يقع عليها تأثير القوى التي يحصل بها الامتداد بدون احتياج الى عظيم جهد فاذا امتدت اقل مرة لا تعود الى ابعادها الاصلية وهي الاجسام المرخوة وثم اجسام اخرى تعود الى ابعادها شيئاً حتى تصل الى حالتها الاصلية عند انقطاع تأثير القوى التي يحصل بها الامتداد وهي الاجسام المرنة وهناك اجسام اخرى ايضا ثبت لها هذه الخاصية وهي عودها الى ابعادها الاصلية سواء كانت منكشمة او ممدودة وبالجمله فالاجسام منها ما يعود الى ابعادها الاصلية عوداً تاماً ما اذا انكمش ولم يمتد ومنها ما يعود اليها اذا امتد ولم ينكمش

ومن المهم جداً في سائر فروع الصناعة بالنسبة الى المواد الاولى التي لم تدخلها الصناعة والمواد التي دخلتها الصناعة وكذلك مادة خواص المرونة أن ينتخب دائماً لكل صنعة ما يلائمها من المواد ولا مانع من نظم ذلك في سلك التجاريب المضبوطة التي لم تعمل الى هنا الا في عدد قليل من الاجسام والاحوال التي لا يعتنى بشأنها كثيراً

وليس في الاوتار المتخذة من التيل والحريز والقطن ونحو ذلك ولا في السلوك المعدنية قابلية لمقاومة الضغط وذلك ناشئ عن صغر قطرها بالنسبة لطولها وانما فيها قابلية لمقاومة الشد كل منها على حسب درجته في القوة والمرونة وما فيها من المرونة يجعلها مستحسنة في اشغال الصناعة

مثلاً اذا كان المطلوب تحويل تحرك دووان من قرص الى آخر او من طنبور الى آخر فالتنافوت من فوق حلق القرصين او على محيط الطنبورين بحبل او سيرا يكون له في الشد درجة معلومة وتوزع الشد توزيعاً منتظماً على جميع نقط ذلك الحبل او السير فيقع تأثير الشد على كل من هذه النقط حتى يعود الحبل او السير الى بعده الاصلى ولا يتأني ذلك الا اذا ضغط محيط القرص او الطنبور بالحبل او السير فاذا تحرك بعد ذلك احد القرصين او الطنبورين جذبت مقبومة الاحتكاك الحبل او السير على محيط القرص الاقل او الطنبور الاقل ويحدث من الضغط الواقع من الحبل او السير على القرص الثاني او الطنبور الثاني

احتكاك التحول التحرك الى هذا القرص الثاني او الطنبور الثاني وبلاستعمال
تتناقص المرونة المضادة للشدود تناقصا تدريجيا فلذا كانت الحبال والسيور
المستعملة وان كانت مقاومة دائما بواسطة مرونتها لا تقاوم الاشياء فشيئا ولا تعتد
الا بالتدريج ومثل ذلك يحمل الانسان على البحث عن الطرق التي يسلكها
يجتنب هذا المدة (راجع الدرس الثالث من الجزء الاول)

فاذا كانت الاوتار ممدودة ومشدودة بالكلية وضرب على ما كان متطرقا من
نقطتها ثم خليت ونفسها فانها تحرك تحركا متريدا كثيرا او قليلا يعرف بتحريك
الاهتزاز فتشير عند ذلك التحرك ما يكتنفها من الهواء فيحدث الصوت واذا
ازداد بالتدريج شد الوتر علت بالضرورة الاصوات الحادثة منه عند اهتزازه
وانتقلت بالتدريج من الرخو الى الحاد ويكون في هذه الاصوات المتكونة بهذه
المناسبة ما يطرب الاسماع ويصلح لان يعتم من ألحان المويستي وقد تعينت بالتجربة
النسب الحاصلة بين شدود الوتر اعني الانتقال المستعملة في تحصيل الشد الذي
تحدث عنه ألحان المويستي فعلى ذلك يكون تعيين الالحان في المويستي نتيجة
تجربة ميكانيكية

فاذا كان المستعمل وترا واحدا وفرضنا له طولا فان الاصوات في هذه الحالة
تكون رخوة بقدر كبر قطر الوتر وقد تعينت النسب الحاصلة بين ارتفاع
الاصوات وقطر الاوتار المختلفة وصارت معلومة والالات ذات الاوتار
عبارة عن عدة اوتار معدنية او متخذة من جلود الحيوانات متحدة الابعاد
والاطوال بحيث ينشأ عنها بين حدود معلومة تقاسيم ألحان المويستي وهي
الاهوية والمقامات وقد اقتصرنا في تعيين استعمالها على ما سنذكره فنقول
اذا نقص طول الوتر الباقى على شدة الثابت فان الاصوات التي تحدث عنه
تكون حادة مر تفعة بخلاف صورة العكس وهي ما اذا زاد طوله فانها تكون
رخوة

ودراسات الات ذات الاوتار هي عبارة عن روافع الغرض منها ضغط نقطة
ثابتة في بعض الاجزاء المتوسطة من الاوتار لاجل تقصيص طولها فعلى هذا

يحدث بالتوالي في وتر واحد اصوات مرتفعة قليلا او كثيرا وبذلك تزداد
الالات حسنا وجودة

ولما انهيينا الكلام على مرونة الخيوط منفردة ناسب أن نشرع في الكلام
على مرونتها مجتمعة فنقول ان الخيوط المستعملة في صناعة الاقشة تكون
مرنة كثيرا او قليلا وبهذه المرونة تسهل صنعها فعلى ذلك اذا لم تكن خيوط
النسيج ممدودة بالسوية في وقت واحد ولم يمكن تغيير بعدها بدون انقطاع فان
عدم تساويها الناشئ عن الابعاد او عن الحركات التي تقتضيها صناعة نسيج
الاقشة يوجب انقطاعها ولو كان عدم تساويها المذكور خفيفا وهناك
خيوط على العكس من الخيوط المذكورة حيث انها عند وقوع تأثير القوى
عليها تمتد دفعة واحدة وتعود الى ابعادها الاصلية ولا يعرض لها انقطاع الا اذا
طُرأت عليها عوارض على خلاف العادة

ثم ان الاقشة المعدة للباس اذا لم تكن منسوجة من خيوط مرنة لا يتكون منها
الاسطوح منفردة بفرضها غير قابلة للمتد أو سطوح لا تعود الى صورتها الاولى
اصلا بفرضها رخوة بالكلية ولكن يمكن بواسطة المرونة أن يكون لبعض اجزاء
تلك الاقشة انحناء أن يكونان تارة في جهة واحدة وتارة في جهتين متقابلتين
وربما كانا تابعين للين اعصاب الجسم البشري في سائر التحركات المختلفة
الحادثة من الاعضاء ولما كان كل من حجم هذه الاعضاء وانحنائها يتغير سريعا
لا سيما في المفاصل لزم أن تكون الاقشة غير متعاضية على هذه التحركات وأن
تعود فيما بعد الى صورتها الاصلية وذلك انما يحصل بواسطة مرونتها

وهناك بعض ملابس تحتاج في استنادها وضمها الى بعضها الى قوة معلومة
لا تتجاوز حدتها فاذا كان المستعمل لاجل حصول مثل هذه الانضغاطات نسيجا
غير قابل للمتد تألم منه اللابس عند تحرك جسمه الذي تكاد تزيد به ابعاد هذا
اللباس المحيط به فلهذا كانت حزمة النساء الافرنجية والقفازات والجوارب
وسائر اجزاء الملابس المباشرة للجلد الانسان مصنوعة من مواد مرنة ويمكن
أن يدرك بالتألم الحاصل للارجل من النعال التي ليست مرونتها كافية ما يشاء

عن هذه الخاصية من المنفعة للنوع الانساني وعوضا عن أن نستعمل خيوطا مستقيمة متوازية في تكوين السطوح المرنة التي ليس لها الخاصية قبول كل خيط منها للثمة فنصنع نسيجا تكون فيه الخيوط على اتجاه منعطف ويكون لها طول اعظم من البعد المستقيم الذي بين اطرافها فان النسيج الذي بهذه المثابة يقبل المذاكر من النسيج الاعتيادي مع أن القوة فيه ما واحدة فاذا انقطع تأثير هذه القوة انضم النسيج الى بعضه بحيث تقطع قطعه المتطرفة مسافة عظيمة وعلى هذا المنوال يصنع النسيج المجدول الذي يصير بواسطة الامتداد والانضغاط صالحا لخاصية تامة لستر الاعضاء الانسانية التي تتغير صورها وابعادها عند التحرك وهناك تأثير يضاهي تأثير الجدل وهو الحادث من لف المسلول المعدنية لفا حلزونيا لان هذه الحلزونية ينشأ عنها انفراد عظيم جدا بين اطرافها بخلاف البعد المستقيم لهذه الاطراف فانه لا يتفرد فيلزم اذن أن القوة الواحدة سواء كانت معدة للضغط او المدة يحدث عنها مدا وقبض اكبر مما لو كانت مؤثرة في خيط محدود ومن هنا استعمال السلوك المعدنية المنتنية اثناء حلزونيا والاشنطة الافرنجية المرنة وبيات العربات وما شبه ذلك في كثير من الآلات

ولما كانت الحبال عبارة عن خيوط منتنية اثناء حلزونيا كان لها بذلك درجة في المرونة تباين درجة مرونة الخيوط الممدودة مدا مستقيما وهذه المرونة تستحسن في الآلات لا سيما في ادوات السفن وموادها

وفي كائنات القرى والارياف اسطوانات طويلة من صفيح مدهون بلون البياض على صورة شموع كبيرة فتوضع فيها شموع اعتيادية ويوضع تحت تلك الشموع حلزون طويل من سلك من الحديد او النحاس الاصفر فينضغط هذا الحلزون انضغاطا كليا اذا كانت الشمعة بجالها لم يقص منها شيء فاذا حرق منها جزء دفعها الحلزون ورفعها الى اعلى بحيث تكون قبيلتها دائما في نقطة واحدة على القاعدة العليا من الاسطوانة الطويلة التي هي على صورة الشمعة الكبيرة

وما اسلفناه من الكلام الى هنا انما هو في البحث عن تعيين المقاومة التي تكون للاخشاب قبل كسرها بالتأثير الواقع على أليافها عموديا او بضغط الاثقال المؤثرة في جهة هذه الالياف .

ولاشك أنه يلزم الآن معرفة النهاية الكبرى لقوة الاخشاب حتى يتأتى أن نستعمل على الدوام في العمارات والآلات المركبة منها مواد تكون قوتها اعظم من الجهود التي تقاومها لكن يلزم دائما أن نتجنب في الاستعمال النهاية المذكورة ما أمكن وكذلك في صورة عمل الاشغال التي يراد طول مكثها بل يلزم اجتنابها اكثر من السابقة لان قوة الاخشاب تتناقص دائما بتداول الزمن عليها لاسيما وهنالك عوارض كثيرة تطرأ على الاخشاب فتتلفها وتغير اوصافها الاصلية

وتم امر آخر ليس دون المتقدم في النفع بل ربما كان نفعه اعظم وان كان على ما يظهر دون الاول في العمل به وهو البحث عن تعيين ما للاخشاب من المقاومات المتشابهة في صورة ما اذا وقع عليها تأثير قوى من شأنها انها تغير صورتها قليلا وتؤثر في مقاومتها المنبهة .

وفي بناء العمارات وعمل الآلات والسفن يولد الفرق في فرض أن القطع الجسمية القليلة الحجم تبقى على الصورة التي رسمت عليها رسما مضبوطا وهذا فاسد لان القوى الصغيرة لها بعض تأثيرات طبيعية وان كانت لاتدركها حواسنا لصغر حاجتها ولكنهم مع ذلك تنضم الى بعضها فيحدث عنها نتائج ظاهرة جسمية ولنذكر لك شاهدا على ذلك فنقول

لاشك أن اعظم عمارة يمكن عملها من الاخشاب هي السفينة والا لم تنظم في سلك الدونما القرنجية فاذا اريد انشاء سفينة من الدرجة الاولى في ترسانة فلا بد أن تكون في الارتفاع اعلى من المنازل القرنجية العالية ولا بد ايضا أن تكون مما يحصل الف نقرمع ما يلزم لهم من المؤونة مدة ستة شهور ومن المدافع بقدر ما يلزم للسفن المخوف ويلزم ايضا أن تكون في الصلابة ملائمة لما تحمله من الاشياء المذكورة وقد اطلقنا هنا اسم الحائطين على جانبيها المتخذين من الخشب لان

سمكها ان لم يزد على سمك الحيطان الخارجة من المنازل القرنجية العادية فلا اقل من المساواة لها ولا بد أن تكون روابطها ومساندها على اختلاف انواعها محكمة الصناعة وكذلك ما فيها من النحاس والحديد المعتدين لحفظ جميع اجزائها وامساكها فهل بعد هذه الوسائل المتينة والوضع المحكم يسع من اطلع عليها أن يشك في بقاء صورة تلك السفينة على حالتها الاصلية بدون تغيير نعم هو في الواقع محال لانها بعد انقضاء عملها ونزولها في البحر ينشأ عن عدم تساوى التأثير الواقع من الاثقال التي باطرافها وعن دفع المياه المصادمة لها أن الاجراء تنحى في جميع طول السفينة ويصير مقعرها على شكل قوس بحيث لو فرضنا وترا طوله ٦٠ مترا كان سهمه في بعض الاحيان نصف متر فاكثر

ولا ريب أن مثل هذا التغيير يعد جسيما اذ به لم تبق السفينة على حالتها الاصلية بل تغيرت تغيرا قويا في سائر صفاتها هذا وان اردت الوقوف على معرفة السهم الذي يبلغ وتر قوسه مترين عند عروض الانحناء المذكور وجدته اقل من عشرين مليترا وهو مقدار قليل جدا بالنسبة لطول اقل احواله أنه يساوى اعظم قامة من قامات النوع الانساني

وقد كنت اول من تصدى لتقدير هذا التغيير الغير البين الواقع في الاخشاب فقدرت أولا مقاومة هذه الاخشاب في جميع تغيراتها عند ظهور تأثير تلك المقاومة اعنى حين تتغير صورة الجسم قليلا بما يحمله من الاثقال ولا شك أنك ترى مع الفائدة أن ما ظهر بالتجارب الحاصلة في شأن كسر الاخشاب من القوانين وانواع الاختلال اعنى في صورة ما اذا تغيرت صورتها عن اصلها تغيرا عظيما ما يمكن ليس الا نتيجة لازمة للتغيرات الصغيرة جدا التي تبدو للناظر عند انحناء تلك الاخشاب قليلا

ولذلك هنا على سبيل الاجال ما ألفناه من المباحث في شأن لين الاخشاب وقوتها ومرتبتها بواسطة التجارب التي حصلت في ترسانة قورسير سنة ١٨١٤ ميلادية وفي ترسانة تولون سنة ١٨١٣ ثم في ترسانة دونكرل في سنتي ١٨١٦ و ١٨١٧ فنقول ان ما ألفناه في تجارب ترسانة قورسير مذكور في الجزء

العائش من كتابنا المعروف بجرنال المهندسخانة واما الآلة التي استعملناها في تجاريب ترسانة تولون فصورتها مرسومة في (شكل ٩) وصورة الآلة التي استعملناها في تجاريب ترسانة قورسير مرسومة في (شكل ٢) قبرى في (شكل ٢) تازجة كبيرة مثبتا عليها مسندان اققيان في استواء واحد مسافة ما بينهما تبلغ مترين وهما فيه من صور قطع اخشاب البلوط والسرور والازان والراتنج والصنوبر مرسوم على شكل متوازيات السطوح وهذه المتوازيات السطوح تزيد في الطول على مترين وهي موضوعة بالتدريج

على مسندى **ض و ض** المذكورين وبها يقاس اقصر بعد بينهما وهي بارزة قليلا من الجهتين بحيث اذا اخذت كل قطعة منها في الانحناء لا تقصر حتى تسقط بين المسندين المذكورين

وقد وضعت على هذه المتوازيات السطوح التي سميتها بالمشورات قصدا للاختصار اثقالا بين المسندين على بعد واحد فانحنى كل من هذه المنشورات نوع انحناء

ومن البديهي أن كل ضلع من اضلاع المنشور مثل ضلع **أ ب ث** او **د ه ف** ينثنى على بعضه (شكل ٢) بحسب المنحنى المرسوم في مستو

رأسى والمتماثل بالنسبة لمستوى **ه ب** الرأسى الممتد من نقطة المنتصف التي يكون الحمل واقعا فيها امتدادا عموديا على مستوى الانحناء وهذا المنحنى هو الذى كان يلزم تعيين اجزائه مع اعتبار الواجهة المحذبة من المنشور المنثنى وملاحظتها دائما

وقد لاحظت في جميع ما عملته من التجاريب انه متى لم تكن الاثقال كبيرة بالكلية كانت **غ ب** التي هي سهام قسى **أ ب ث** الحادثة عن القاعدة

المنثنية مناسبة لهذه الاثقال

ولكن اذا كانت السهام صغيرة جدا بالنسبة لوتر ثابت من عدة قسى فان انحناء

تلك القسي يكون مناسباً للسهم المقابلة لها مناسبة مضبوطة وقد استنبطنا من ذلك القضية الآتية التي توصلنا إليها فيما سبق بالعلوم النظرية وهي أن انحناء الاخشاب الناشئ عن ائقال صغيرة جداً يكون مناسباً لهذه الاثقال وذلك يكون بقياس هذا الانحناء بخط **غ ب** الذي هو سهم قوس **أ ب ث** اعني بانخفاض النقطة المتوسطة من القاعدة

فان اذا كانت قطعة واحدة من الخشب تحمل بين مسندين اثقالاً مختلفة صغيرة فان هذه الاثقال تكون مناسبة لنصف قطر انحناء القاعدة في النقطة المتوسطة من تلك القاعدة ويكون هذا الانحناء مناسباً ايضاً لهذه الاثقال الصغيرة جداً

وبعد تعيين نسبة قوة الانحناء المنبهة والثقل الحادث منه هذا الانحناء ينبغي النظر هل مثل هذا القانون يبقى على حاله في صورة ما اذا حمل الجسم اثقالاً كبيرة جداً او لا وعليه فما يكون مقدار التغير الذي يعرض لهذا القانون

وقد ذكرنا انواع الخشب الاربعة التي يغلب استعمالها في الفنون مع بيان اسمائها وربما استعمل من البلوط والراتنج ما قطع منذ خمس وعشرين سنة تقريباً كاخشاب السفينة الروسية المسماة **مخيايل** فانها تخربت سن ١٨٨٠ من الميلاد بعد أن استعملت عشرين سنة

ومع ذلك لم يبق هذه الاخشاب على قوتها الاصلية لكن حيث كان المطلوب تعيين القوانين التي تضبط بها قوة الاخشاب ومرونتها بواسطة نسب عامة لالعلاقة لها بالشدة الحقيقية للالياف التي على صورة الخطوط والابانواع الاشجار واجناسها فان هذه الاخشاب تقي بالمقصود من الاستعمال اكثر من الاخشاب المقطوعة جديداً وبالجملة فالسرو والزبان اللذان مضى عليهما بعد القطع سنة واحدة يظهر من مرونتهما أن خواصهما دون خواص الاخشاب التي مضى عليهما بعد القطع خمس وعشرون سنة وبهذا يتضح ما ذكرناه وينتظم في سلك البدييات

هذا وقد صنع اربعة مناشير او متوازيات سطوح طول كل منها متران وبعض

شيء ومقدار سمكها ثلاثة سنتيمترات ووضع كل منشور منها بالتوالي على مسندين ثم وضع على منتصفه حمل قدره ٤ كيلوغرامات ثم زيد على هذا الحمل حتى بلغ ٨ ثم ١٢ ثم ١٦ وهكذا الى ٢٨ كيلوغراما وقد اثبتنا في رسالتنا الجداول التي يعلم منها أولا سهام القوس الذي تأخذه القواعد وثانيا الفروق الاولية التي تظهر بين هذه السهام وبالاطلاع على هذه الجداول يعلم أولا أن ٨ كيلوغرامات يتقوس بها المنشور بقدر تقويسه باربعة كيلوغرامات مرتين فقط ومثل هذا التناسب يحصل بالانضغاطات الصغيرة

وبالاطلاع ايضا على الجداول المتعلقة بسائر اخشاب البلوط والسرو والزان والراتنج يعلم أن الفروق الاولية الحاصلة بين السهام تكون آخذة في الازدياد دائما

وهذه الفروق وان كانت لا تختلف في الواقع عن خلل هين الا أنه اذا وجد فيها فرق صغير جدا اعقبه بدون واسطة في الجهة المقابلة خلل يفوق الاول وحيث ان هذا الخلل لا يزيد عن واحد من عشرة من المليمتر فاذا استعملنا خشبا بحكمة الصناعة وعولنا في ذلك على الطري الاخرى التي لم نذكرها ترتب على ذلك نتائج تكون فيها الفروق الثانوية ثابتة او متغيرة قليلا (والمراد بالفروق الثانوية الفروق البسيطة او الفروق الاولية الحاصلة بين جملة اعداد)

وعلى ذلك فيمكن أن نعتبر الفروق الثانوية الحاصلة بين الابعاد كأنها ثابتة اذا كانت الاثقال المحمولة على قطعة واحدة تزداد بفروق اولية ثابتة وهذا القانون السهل مطابق بالكيفية للتجربة بحيث اذا صنع من البلوط مثلا قطعة منتظمة على طبق الحدود المعلومة من التجربة فان ما يحصل من النتائج لا يتفاوت الا بقدر ٤ من عشرة من المليمتر ويكون الانحناء الكلي المتحصل مساويا ٦.٤ من هذه الاعشار وبذلك يسهل بيان هذا الخلل الهين وهو التفاوت المذكور وعند انحناء المنشور يكون على شكل قوس اطول من وتره فهو عند انحنائه لا بد أن يتزحلق كثيرا او قليلا على المسندين وهذان المسندان عبارة عن ضلعين

من الخشب على طولهما تتزحلق الالياف الخارجة من المنشور تزحلقا غير متواصل بل يكون باندفاع تلك الالياف ووثوبها ووثوبها ظاهرا كثيرا كان او قليلا ولا نفس اتنا كما مقيمين ببلدة ليس بهاشي مما يخص الفنون حتى الموازين المضبوطة ضبطا كافيا بحيث يتوصل بها في تحرير الشيء وضبطه الى ما فوق واحد من عشرة من الف وسبأ في أن كل فرق من الفروق الصغيرة النظرية والحسابية لا يتجاوز الحد المعين لتحرير العمليات وضبطها

ولما اردنا أن نعرف نتيجة معادلات حل كبير جدا يبلغ قدره ٨٠ كيلو غراما فابلنا النتائج المتحصلة معنا بالنتائج المتحصلة من حل يبلغ قدره ٤ كيلو غرامات فقط فوجدنا بمقاييس ذلك أن السرو يكون سهم قوسه صغيرا اذا كان الحمل كبيرا ومثله البلوط والراينج والزان

ومن هنا النتيجة الشهيرة وهي ان هذا الخشب ينحني اكثر من غيره من انواع الخشب التي تكون مقاومتها المنبهة عند الانحناء صغيرة وان كانت المقاومة المنبهة لاى نوع من انواع الخشب قوية جدا في صورة ما اذا كان الحمل كبيرا بالكفاية كما أن الفروق الثانوية فيها تكون ايضا كبيرة في هذه الصورة

ومن المعلوم أن الزان في غاية من المرونة فلذا كان الخراط يصنع منه قوس مخروطه لانها به تكون منتظمة وكان اعظم المجاذيف والمدارى عند البصارة هو ما يتخذ من خشب الزان لانه يتحمل ما يعرض له من المجهودات العظيمة والمصادمات السريعة ومنشأ كون الفروق الثانوية عظيمة في الزان هو أن ما يعرض له من الانحناء عند وضع الاثقال عليه لا يمنعه من قبول تأثير المصادمات السريعة ولينه معها ولا يكون به عرضة للكسر

وبعكسه خشب السرو فانه لقله لينه وكونه عرضة للكسر كانت فروقه الثانوية غير محسوسة تقرى يافهى على الثلث من فروق الزان

وقد عينا التناقضات النوعية التي تكون لانواع الاخشاب الاربعة المذكورة في التجارب المتقدمة فكانت في الترتيب كالمقاومات التي تعرض عند الانحناء وينتج من ذلك قاعدة مهمة في شأن الاخشاب حاصلها انه اذا كان هناك

سفينتان متحدتان في حجم الخشب لا في نوعه فالمصنوعة من الخشب الثقيل يكون تقوسها او انحناءها دون تقوس السفينة المصنوعة من الخشب الخفيف لان تقوس السفن يكون على حسب لين خشبها فاذن يلزم أن يكون تقوس سفن بحر بلطق والفلمنك اكثر من تقوس سفن البحر المتوسط كما دلت على ذلك التجربة

فعلى ما ذكرناه اذا كان هناك سفينتان متحدتا الاخشاب ثقلا وقدر لا نوعا فما كان منهما مصنوعا من الاخشاب الخفيفة يكون تقوسها دون تقوس الاخرى في الانحناء فتكون اشد صلابة منها

والظاهر أن الشهير دون جرجي جوان وقف على الحقيقة في هذا المعنى حيث اراد أن يصنع سفنا من الاخشاب الخفيفة كالاخشاب الصغية لامن اخشاب البلوط

وبالجملة فالتجارب المتقدمة المتعلقة بمواد المقاومة المنبهة يؤخذ منها طرق حساب النتائج المتشابهة وتحصيلها بدون احتياج الى عمل التجارب ذات المصاريف التي تحصل في شأن تكسير قطع الاخشاب وبهذه الطريقة تعرف اوصاف الاخشاب التي تلائم الاشغال المتنوعة في الفنون على العموم لاسيما فن العمارات البحرية اجود المعرفة وربما كان تعيين ابعاد قطع الاخشاب من كل سفينة لاعلى حسب رأى المعمار واختياره بل على حسب ما يقتضيه مزاج المصلحة ويتوصل بهذه العملية الواضحة الى نتائج اعم نفعا واكثر فائدة

وبعد أن ذكرنا التجارب الكثيرة التي حصلت في شأن قطع الخشب المتحدة الصورة تكلمنا على القطع المختلفة السمك والعرض فتوصلنا الى هذه النتيجة الثابتة وهي

ان المقاومة الحاصلة عند الانحناء تكون مناسبة لمكعب السمك وقد بينا بالقواعد العلمية حقيقة هذه التجربة

فاذا انثنى متوازي سطوح من الاخشاب فان أليافه الداخلة تنقبض وأليافه الخارجة تنبسط ويبقى بينهما ليف متوسط لا يتغير طوله بل يبقى على حاله

مهما كان اتخاء متوازي السطوح

ولاجل اثبات تأثير مد الالياف واتقياضها اخترع المهندس دو هاميل تجربة بدعية وهى انه نشر من المنتصف نشر عموديا على اتجاه الالياف ثلاثة ارباع سمك قطعة الخشب ثم ادخل في حز المنشار خابورا رفيعا جدا من خشب شدة صلابة من خشب البيلوط فاذا اسندت قطعة الخشب من طرفيها وكانت لواجهة التى بها حز المنشار فى الجهة العليا وضعت عليها الاثقال ولكن مع كونه نشر ثلاثة ارباعها فالربع الباقي من الالياف يمكنه المقاومة بسبب ما فيه من اللين وقبول الانثناء بحيث تكون القطعة المذكورة باقية على قوتها الاصلية فان كان حز المنشار غير متوغل وغائر كثيرا كانت القوة كبيرة والا فصيغة ومضى تعين بالتجربة الوضع المضبوط لليق الثابت الذى لا يتغير سهل بذلك استنتاج نسبة القوى اللازمة لتحصيل المد والقبض المفروضين فى ألياف قطعة واحدة من الخشب واغلب ما وقع فى طولون ودون كرك من التجارب انما كان الغرض منه البحث عن هذا النوع وعماقليل نشر ذلك ونشره

وبعد أن حصلت التجربة فى تحميل قطع الاخشاب باثقال مجتمعة حصلت ايضا فى تحميلها اثقالا موزعة على طولها توزيعا منتظما فوجد أن الاثقال سواء كانت مجتمعة فى منتصف قطعة الخشب او موزعة على طولها توزعا منتظما تكون فيها نسبة الاسهم الى الانخفاضات الى بعضها كنسبة تسعة عشر الى ثلاثين او خمسة الى ثمانية وهذه النسبة تكون واحدة فى الاخشاب المتنوعة الصنف او المختلفة الابعاد

فاذن اذا جعلنا ثقل قطعة منشورية من خشب وحدة فبتضعيف خمسة اثمان السهم الذى يكون لها عند اسنادها من طرفيها اسنادا اقصيا يحصل السهم الذى يكون لها عند تحميلها ثقلا مساويا لثقلها لكن بشرط اجتماعه فى منتصفها ويؤخذ من هذه القاعدة طريقة سهلة فى وزن الاخشاب الثقيلة الطويلة بدون موازين بشرط أن يكون حكمها ثابتا لا يتغير

وبوجب

وبموجب ما ذكرناه لاشئ اسهل من اعتبار ثقل واحد موضوع في منتصف قطعة من خشب كثقل موزع على طولها توزيعا منتظما وعكسه وفوائد ذلك كثيرة في الفنون

وقد عينا انحناء قطع الخشب مع مراعاة ابعاد المساند فكانت النتيجة أن كل قطعتين من الخشب يمكنهما واحد ينشيان كقوسين بهما هما مناسبان لمكعبات ابعاد المساند ولا يخفى أن كل سهم بين المساند يكون كمكعب السمك المقابل له وبانضمام هاتين القاعدتين الى هذه القاعدة وهي أن الانحناءات الصغيرة تكون فيها الاسهم مناسبة بالضبط للاجمال تتوصل الى هذه النتيجة الغريبة

وهي أن نفرض قطعتين من الخشب متشابهتين بمعنى أن بعدهما المتناظرين متناسبان ونفرض انهما من جنس واحد فاذا اسندناهما من طرفيهما فان سهمي التقوس الذي يحصل لهما بسبب ثقلهما الاصلى يكونان مناسبين بالضبط لمربعي طولي هاتين القطعتين وبناء على ذلك مهما كان المقدار الحقيقي للقطعتين المذكورتين فانه يكون لهما في المنتصف نصف قطر واحد من الانحناء ولا يختلف هذه النتيجة في صورة ما اذا وضع على القطعتين اثقال مجتمعة او متوزعة الا أن هذه الاثقال تكون مناسبة لنفس ثقل هاتين القطعتين

ومثل هذه النتيجة مستعملة غالبا في عمليات اشغال الفنون لان العمارات والالات على اختلاف انواعها متناسبة الاجزاء عادة فاذا كان المطلوب المقابلة بين سفينتين متحدتي المادة وكانت ابعاد موادهما مناسبة لابعاد هاتين السفينتين فانه يستنتج من ذلك حيث لا مانع أن تقوس السفينتين يكون له في صورة انحنائهما الا كبر نصف قطر انحناء ثابت مهما باغ مقدارهما الحقيقي

ثم انه يلزم الا ان معرفة ما به يكبر تقوس السفن الكبيرة عن الصغيرة في نسبة معلومة بقطع النظر عن جميع الاسباب فنقول ان سهم القوس يزداد كربع الابعاد الاصلية للسفينة فعلى ذلك يكون مقتضى ما اشفنا في شأن السفينة التي طولها استون مترا وتقوسها نصف متر أن سهم قوس السفينة الصغيرة المشابهة لها التي طولها متروا واحد عوضا عن أن يكون جزأ من ستين يكون ثلاثة

آلاف وسدس جزء من مائة من نصف متروهي نسبة بسيطة تتعلق بالاطوال
ولنشرع الآن في بيان ~~تفسير~~ كسر الاخشاب فنقول ليست الاخشاب قابلة
الا لانقباض وتمد معينين بحيث اذا تجاوزتهما اندقت وتبسطت او تكسرت
وليس للقوى التي يحصل بها كسر الاخشاب علاقة مطردة بالقوى التي يحصل
بها الانحناء بل تختلف باختلاف انواع النباتات فقد يحدث عن بعض انواع
النباتات مقاومة قليلة بالنسبة للانحناء وكثيرة بالنسبة للتكسر وذلك كالقنب
في النباتات الصغيرة وكالزان والدردار والجوز والراتنج ونحو ذلك في الاشجار
وقد يكون بعض الأنواع بعكس ذلك فيحدث منها مقاومة كثيرة بالنسبة للانحناء
وقليلة بالنسبة للتكسر وذلك كالسرو والكابلي ونحوهما وبذلك يحصل درجة
ثانية من الاخشاب وهناك انواع اخرى تكون مقاومتها كثيرة بالنسبة الى
الانحناء والتكسر جميعا كصنوبر جزيرة قرسقة والبلوط الشديد الصلابة
الذي هو اعظم المغروسات بالولايات الفرنسية

وهذه الاختلافات الطبيعية لها اهمية عظيمة في الفنون اذ بها يتعين ما تستعمل
فيه اقسام النباتات المتنوعة عند توفر الشروط اللازمة في ذلك فلا يستعمل
في العمارات الدائمة التي يلزم أن تكون موادها ثابتة لا تتغير وكذلك اجزاء
الآلات المعدة لتحمل مجهودات عظيمة الاخشاب النباتات الشديدة الصلابة
ويقدم منها خشب البلوط ثم ما كانت مقاومته للانحناء اكثر كخشاب الدرجة
الثانية الا أن الاولى قصر استعمالها على الاشغال الخفيفة التي الغرض الاصل
منها الزينة حتى لا تقع عليها مجهودات عظيمة

واما خشب الدرجة الاولى فينبغي قصرها على الاشغال التي يشترط فيها المرونة
وذلك كالعربات على اختلاف انواعها وآلات الزراعة وصواري السفن
ومجاذيف المراكب الخفيفة وما شبه ذلك

واذا اجريت عمليات التجربة والحساب على القوتين اللتين يكونان لاشخاب
النباتات العظيمة عند مقاومة الانحناء والتكسر عرفت خواص الاخشاب حق
المعرفة فاذن يمكن في جميع الاحوال أن تختار من الانواع ما يكون اتم ملائمة

للاستعمال ولكن ليس هذا الانتخاب سهل الحصول كما قد يتوهم اذا كان المؤيد له اعانات عملية هيينة ليست على ما ينبغي

وانبحث عن قوة الخشب عند مقاومته للتكسير فنقول اذا اخذنا قطعة من

الخشب كقطعة **أ ب ث د ف** (شكل ١) وثنيناها على **أ ب ث د ف**

(شكل ٢) فان ليف **أ ب ث** الخارج يمتد وينبسط وليف **د ف** الداخل يتقبض وينكمش واذا رسمنا عدة مستقيمت كستقيمت ١١ وب ٢ وج ٣

القائمة على واجهة **أ ث د ف** (شكل ١) فهما كان الانحناء الحاصل لقطعة الخشب فان خطوط ١١ وب ٢ وج ٣ الخ تبقى دائما مستقيمة

وقائمة مع محيط **أ ب ث و د ف** (شكل ٢) فاذن ألياف الخشب عند انثنائها على بعضها لا يترحلق بعضها على طول البعض الآخر مثلا بعض ألياف الخشب المنحصر في مسافة ١٢٢١ (شكل ١) ينحصر أيضا في مسافة ١٢٢١ (شكل ٢)

والالياف الخارجة التي تمتد والالياف الداخلة التي تتقبض يفصل بينهما **م ن** و الذي لا يمتد ولا يتقبض فلذا سمي بالليف الثابت

ومتد الالياف خارج ليف **م ن** و الثابت يكون مناسباً لبعدها عن هذا الليف وكذلك انقباض الالياف داخله يكون مناسباً لبعدها عنه

وقد استنبطنا في النبذة السابقة من هذه القواعد الخواص النظرية المتعلقة بمقاومة الاخشاب عند انحنائها او تكسيرها

وهناك اخشاب متحدة النوع والقوة متى ثبتت على اى منحني كان تكسرت اذا امتدت أليافها الخارجة امتدادا تكون النسبة الحاصلة بينه وبين هذه الالياف ثابتة

ولنفرض أن قطعة من الخشب منتنية على محيط ما يزيد بمكها او ينقص بشرط أن يكون ليفها الخارج متجهها على اتجاه المحيط فحي تكرر سمك القطعة المذكورة مرتين او ثلاثا او اربعا الخ فان متد الليف الخارج يتكرر ايضا مرتين او ثلاثا

او اربعاً فاذن اذا نقص منحنى محيط $\overline{ا ب ث}$ بنسبة ازدياد سهمك قطعة الخشب المتقدمة فان درجة مد اليك الخارج تكون واحدة دائماً

ومتى ثبتت قطعة خشب كقطعة $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٣) مستندة على مسندى $\overline{ا و ث}$ وواقع عليها تأثير قوة $\overline{ف}$ التي هي على بعد واحد من نقطتي $\overline{ا و ث}$ ظهر أن نصف قطر انحناء $\overline{ا ب ث}$ في نقطة $\overline{ب}$ التي هي منتصف هذا المحيط يكون مناسباً لمكعب بعد $\overline{ا ث}$ عن مسندى $\overline{ا و ث}$

وفي الانحناءات الصغيرة جداً يكون $\overline{ر}$ الذي هو نصف قطر انحناء $\overline{ا ب ث}$ مناسباً $\frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{غ ب}}$ بجعل $\overline{غ ب}$ عبارة عن سهم $\overline{ا ب ث}$ فاذن يحدث

$$\overline{ر} = \frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{غ ب}} \text{ و } \overline{غ ب} = \frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{ر}}$$

وحيث ان قوة $\overline{ف}$ مناسبة $\overline{غ ب}$ فان $\overline{ف}$ تكون مناسبة $\frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{ر}}$ ولكن حيث ان القوة اللازمة للانحناء تكون على نسبة مطردة من سهم $\overline{غ ب}$ ومنعكسة من مكعب $\overline{ا ث}$ الذي هو بعد المسندين فاذا جعلناه $\overline{د}$ رمزاً الى عدد ثابت حدث

$$\overline{ف} = \overline{د} \times \frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{ر}} \text{ و } \overline{ف} \times \overline{ا ث} = \overline{د} \times \overline{غ ب}$$

واذا فرضنا قطعة خشب اخرى كقطعة $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٤) سمكها كسمك قطعة $\overline{ا ب ث}$ (شكل ٣) حدث ايضا

$$\overline{ر} = \frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{غ ب}} \text{ و } \overline{ف} \times \overline{ا ث} = \overline{د} \times \frac{\overline{ا ث}^3}{\overline{ر}}$$

وحيث كان يلزم أن $\bar{r} = \bar{r}$ في حالة التكسير لزم أن يكون

$$\frac{\bar{a}^2}{\bar{g}^2} = \frac{\bar{a}^2}{\bar{g}^2} \quad \text{فبناء على ذلك يلزم أن يكون} \quad \bar{a}^2 \times \frac{\bar{g}^2}{\bar{a}^2} = \bar{g}^2$$

$$= \bar{g}^2 \times \frac{\bar{a}^2}{\bar{a}^2} \quad \text{فاذن يكون} \quad \bar{a}^2 \times \bar{f} = \bar{a}^2 \times \bar{f} \times \bar{a}^2 \times \bar{a}^2$$

انه اذا ثبتت قطعة من الخشب بين مسندين بعدها متغير حصل التكسير بواسطة تأثير قوة تزداد بنقصان بعد المسندين وبالعكس

واذا التفتنا الى كل من سمك \bar{b} وبعد \bar{a} معا وجعلنا \bar{m} رمزا الى عدد ثابت كان مقدار قوة \bar{f} التي ينشأ عنها الانحناء هو

$$\bar{f} = \bar{m} \times \bar{g} \times \frac{\bar{b}^2}{\bar{a}^2} = \bar{m} \times \frac{\bar{g}^2}{\bar{a}^2} \times \frac{\bar{b}^2}{\bar{a}^2}$$

فاذا بلغت الاخشاب المختلفة السمك الحالة التي يحدث فيها التكسير كان نصف قطر \bar{r} على نسبة مطردة من سمك قطع الخشب فاذن اذا جعلنا \bar{c} عبارة عن عدد ثابت حدث

$$\bar{r} = \bar{c} \times \bar{b} \quad \text{فاذن يكون} \quad \bar{f} = \frac{\bar{b}^2}{\bar{a}^2} \times \frac{\bar{c}}{\bar{c}} = \frac{\bar{b}^2}{\bar{a}^2} \times \frac{\bar{c}}{\bar{c}}$$

فاذن اذا كان \bar{a} الذي هو بعد المسندين باقيه على حالة واحدة كانت قوة \bar{f} التي يحدث عنها التكسير مناسبة لمربع السمك

وهذه الخواص عامة في متوازيات السطوح المرنة التي تتكسر بمجرد الانحناءها انحناء صغيرا جدا والمتوازيات المذكورة اما من الخشب او الحديد او النحاس او الحجارة او نحو ذلك ومن هنا نتحدث نتائج مهمة في الصناعة

وعوضا عن أن نستعمل الشواحي والعوارض والاخشاب المربعة على حسب الاصطلاح القديم فجعلها رقيقة جدا اذا كانت اقوية وعريضة جدا اذا كانت راسية لما في ذلك من مزيد الفائدة

ولنذكر هنا الفرق بين عارضتين موضوعيتين بين مسندين متحدتي الطول وسنذكر
أحدهما ١ وعرضها ٩ (شكل ٥) وعرض الأخرى ٣ وسنذكرها ٣
(شكل ٦) فنقول

أن مقاومة العارضة الأخيرة تكون مناسبة لعارضها وهو ٣ مضروباً
في مربعه وهو ٩ فحينئذ يكون $٩ \times ٣ = ٢٧$ هو مقدار مقاومة
هذه العارضة المربعة عند الكسر ويكون مقدار مقاومة العارضة الرقيقة
المساوية للمتقدمة في الحجم عند الكسر $٩ \times ٩ \times ١ = ٨١$
فعلى ذلك تكون العارضة الرقيقة ثلاثة أمثال العارضة المربعة في الشدة
والصلابة

وإذا كان هناك قطع خشب أو حديد أو نحوها متفرقة سواء كان المطلوب
استعمالها في عمارة أو آلة وكان الغرض منها مقاومة الثني ثم الكسر في جهة معينة
لزم أن يكون سمكها كبيراً في تلك الجهة بقدر الإمكان مع تقليل عرضها
في الجهة العمودية

وهكذا كانت تخشيبات فليبيرت ديلورم المهندس الشهير وهو أول من صنع
تلك التخشيبات واستعملها وكيفية ذلك أن تصف الألواح المتقاطعة الأطراف
بجوار بعضها بواسطة مسامير ذات برعة مجهزة فبانضمام هذه الألواح إلى بعضها
يتكون منها تخشيبات خفيفة إلا أنها متينة صلبة تحمل القباب والسقوف
وما أشبه ذلك

فاذا اقتضى الحال مقاومة الثني والكسر في جهتين عموديتين على بعضهما فلا بد
من وجود المتانة والوفر معا وذلك باستعمال قطع أخشاب صورة جاتيهما كصورة
الصليب اليوناني (شكل ٧) أو كصورة (شكل ٨) التي بطرفيها
نيتات بارزة جداً ويكثر استعمال هذه القواعد في صناعة الآلات المتخذة من
الخشب والمعادن

وإذا فرضنا أن المستعمل قطع مستديرة فإن مقاومتها عند الكسر حيث أنها
مناسبة للعروض البسيطة ومربعات السمك تكون أيضاً مناسبة للقطر

مضروبا في مربعه اعنى في مكعب قطر الاسطوانات غير المجوفة المستديرة التي يقع عليها تأثير الثني ثم الكسر

وفي الاسطوانات المجوفة فوائده عظيمة لكونها تقاوم الكسر مقاومة جيدة وذلك لانتظامها وحسن صورتها وكذلك في المواد الطبيعية ما هو من قبيل هذه الاسطوانات المستعملة في جميع ما يحتاج اليه تلك المواد من المقاومات العظيمة مع صغر موادها جدا وذلك كريش الطيور فانه على صورة اسطوانات مجوفة بالنظر للجزء الشبيه بذراع رافعة صغير الذي يقاوم الاعصاب القوية المعدة لتحريك الاجنحة واذا قابلت خفة الريش بمتانتها وجدت خفته قد بلغت الغاية بحيث يضرب بها المثل

وهذه الخاصية توجد ايضا في الاشياء الاصطناعية كالاعمدة المجوفة المتخذة من حديد الزهر فان لها زيادة على فائدة مقاومتها في سائر الجهات بالسوية فائدة اخرى وهي جمعها بين المتانة والخفة اكثر من الاعمدة غير المجوفة ومن هذا القبيل ايضا مساند اسرة العساكر فانها على غاية من الخفة والمتانة وذلك باتخاذ القوائم والعوارض من الخشب على صورة اسطوانات مجوفة وهناك كثير من هذا القبيل

(الدرس الخامس عشر)

(في بيان اصطدام الاجسام)

قد سبق ذكر المقاومات غير البينة التي تعرض في كل وقت لتحرك الاجسام المتماسكة على بعضها ولندكر الان نوعا آخر من المقاومة وهو الذي يحصل عند تلاقي جسمين متحركين على حين غفلة كانا مفصولين عن بعضهما بمسافة حينما اتفقا وهو المعروف بالاصطدام او بالالتطام فنقول

ان سائر الاجسام الطبيعية في حال انفرادها اذا وقع عليها تأثير قوة واحدة او عدة قوى فانها تقبل تأثيرها بكيفية واحدة وتكون سرعتها واحدة اذا كانت القوى المحركة لها متساوية وكان مجسمها واحدا

ولكن اذا تلاقي جسمان نشأ عن اصطدامهما حوادث متباينة كل التباين

والاجسام المعروفة بالصلبة هي التي تبقى على صورتها الاصلية عند اصطدامها وكل جسم ثبت له هذه الخاصية اعني عدم تغير صورته عند الاصطدام يسمى جامدا وصلبا واما الاجسام الرخوة فهي التي تتغير صورتها بالاصطدام او بمجرد الضغط

فاذا اريد تفريق اجزاء جسم رخو بواسطة ضغط او اصطدام او قعنا عليه تأثير مقاومة كبيرة او صغيرة بخلاف ما اذا اريد تفريق اجزاء جسم مانع فلا يلزم اي قاع تأثير مقاومة ما عليه

وهناك اجسام كالهواء والحقوى والغازات على اختلاف انواعها تحتاج الى ضغط دائم حتى لا تدفع اجزاؤها المتنوعة بعضها بعضا ولا تتباعد عن بعضها بكمية لا تعرف حدودها الى الآن

ولنبده بالنوع الاول من الاجسام وهي الصلبة فنقول من الاجسام الجامدة ما لا يلحقه ادنى تغير في صورته ولو وقينا وهذه هي الاجسام التي يصح أن تسمى بالاجسام التامة الصلابة ومنها ما يلحقه بعض تغير وبقى يزول بعد الاصطدام وهي المعروفة بالاجسام التامة المرونة ومنها ما يتغير جزء من صورته بالاصطدام او الضغط وهي المعروفة بالاجسام الرخوة او غير تامة المرونة

ولاجل زيادة التوضيح نفرض أن جسمين بجسمي \bar{A} و \bar{A} (شكل ١) يتحركان على مستقيم \bar{G} المار بنقطتي \bar{G} و \bar{G} اللتين هما مركزا ثقل هذين الجسمين وأن نقطة تماسهما وهي \bar{B} تكون عند الاصطدام على مستقيم \bar{G} \bar{B} \bar{G}

فاذا حصل الاصطدام وكانت القوتان الدافعتان للجسمين مؤثرتين على مستقيم \bar{G} \bar{B} \bar{G} المذكور فان محصلتهما تكون مساوية لمجموعهما وفاضلهما على حسب اتجاههما الى جهة واحدة او الى جهتين متضادتين

واذا كان مجسم الجسمين واحدا وكانا مدفوعين بسرعتين متساويتين ومتضادتين كانا متوازنين لانه حيث كانت القوتان المحركتان متساويتين في الجهتين كان فاضلهما صفرا

واما اذا اختلف الجسمان في الجسم او السرعة فانه من حيث ان وحدة القوة تدل عليه المسافة التي تقطعها وحدة الجسم بواسطة هذه القوة في مدة وحدة الزمن يكون العدد الكلي الدال على قوة احد الجسمين المتحركة هو عدد آحاد جسم الجسم مضروبا في عدد آحاد المسافة التي يقطعها الجسم مدة وحدة الزمن

مثلا اذا فرضنا أن وحدة القوة هي الوحدة التي تنقل كيلوغراما واحدا الى مسافة متر واحد مدة ثانية واحدة تظهر لنا فورا أن القوة التي تنقل في مثل هذا الزمن عشرة كيلوغرامات الى مسافة متر واحد او كيلوغراما واحدا الى مسافة عشرة امتار تكون اكبر من المتقدمة بعشر مرات ويظهر لنا ايضا أن القوة التي تنقل في الزمن المذكور عشرة كيلوغرامات الى مسافة عشرة امتار تكون اكبر من القوة المذكورة بمائة مرة وهلم جرا

واذا قدرنا بهذه المثابة القوة المؤثرة في الاجسام المتحركة تحركا منتظما بواسطة اثقالها مضروبة في المسافة التي تقطع في مدة وحدة الزمن اعني بواسطة اثقالها مضروبة في سرعتها تحصل معنا ما يعرف بكمية تحرك الاجسام

فاذا جعلنا م و م رمزين للجسمي غ و غ و ق و ق رمزين للسرعتين الدافعتين لهما تحصل معنا كيتا تحركهما وهما م ق و م ن اعني القوتين الدافعتين لهما ولنجعل خ كتابة عن م ق و غ كتابة عن م ن

ومتي تحرك الجسمان في جهتين متضادتين كان فاضل القوتين المتحركتين وهو

م ق - م ن هو القوة المحصلة المتحركة للجسم م + م
وحيث ان هذه القوة مساوية للجسم مضروبا في السرعة فالسرعة تساوي القوة مقسومة على الجسم فاذن تكون السرعة التي يتحول بها الجسمان هي

$$\frac{م ق - م ن}{م + م} = \frac{خ - غ}{م + م}$$

وفي الاصطدام الذي اختبرنا تأثيره تكون كمية التحرك الكلية قبل الاصطدام هي
 $مق + م$ ولا تكون بعده الا $مق - م$ فاذن تكون كمية
 التحرك التي اعدامها الاصطدام مساوية $م$

فعلى ذلك اذا تصادم جسمان متجهان الى جهتين متقابلتين ولم يكونا مرتين
 فان تعينت كمية تحرك كل منهما كانت كمية التحرك التي اعدامها الاصطدام
 مساوية لضعف اصغر الكميتين المذكورتين

فاذا اريد حينئذ ان لاتنعدم قوة ما في تحرك الآلات لزم ان لا يكون هناك
 اصطدام بالكلية بين الاجزاء المتنوعة من هذه الآلات المتحركة في جهات
 متقابلة وهذه قاعدة مطردة ينبغي العمل بها في صناعة الآلات وتحركاتها
 فان كل وثبة او تحرك سريع ينشأ عنه ضرران احدهما تنقيص كمية التحرك
 دائما وثانيهما تغيير صلابة الآلة ومدتها

واذا تحرك الجسمان في جهة واحدة فان القوة المحصلة المحركة للجسم $م + م$
 تكون في مدة الاصطدام $مق + م$ وتكون السرعة التي يتحرك بها
 هذان الجسمان هي

$$\frac{مق + م}{م + م} = \frac{م + م}{م + م}$$

ولنوضح كيفية تقدير توزيع القوى في اصطدام الاجسام الجامدة بهذه العملية
 فنفرض ان الجسم غ م مجسم قدره ٣ كيلو غرامات والجسم غ م مجسم
 قدره كيلو غرام واحد ونفرض ايضا ان غ م يقطع مسافة مترين في مدة
 ثانية واحدة وان غ م لا يقطع في هذه الثانية الا مسافة متر واحد فتكون كمية
 تحرك الجسم غ م هي $مق = ٣ \times ٢ = ٦$ وكمية تحرك الجسم
 غ م هي $م = ١ \times ١ = ١$

فاذا تقر هذا وتحرك الجسمان في جهتين متضادتين حدث $مق - م$
 $٦ - ١ = ٥$ و $م + م = ٣ + ١ = ٤$

فأذن تكون السرعة المشتركة بين الجسمين بعد اصطدامهما $\frac{5}{4}$ اعني أن كلا من الجسمين يقطع $\frac{5}{4}$ من المتر في الثانية الواحدة بعد الاصطدام فإذا كان الجسم الصغير له سرعة يقطع بها مسافة ٦ امتار في الثانية الواحدة فإنه يتحصل

$$م = ٦ = ٦ \times ١ = ٦$$

فأذن تكون $م ق = م و = م ق$ وبناء على ذلك يحصل التوازن

فإذا اريد اعدام تحرك جسم دفعة واحدة كان لذلك ثلاثة وجوه الاوّل أن يدفع عليه جسم مساو له في الجسم ويكون سيره اليه بسرعة كسرعته والثاني أن يدفع عليه جسم اخف منه لكن تكون سرعته اعظم من سرعته والثالث أن يدفع عليه جسم اثقل منه لكن تكون سرعته ابطأ من سرعته

وفي اشغال الفنون دائماً شواهد دالة على انواع التوازن المختلفة التي تحصل من تأثير الاصطدام بواسطة خشبة او قضيب او مطرقة او عصي ثقيلة قليلا او كثيرا على حسب مجسم الجواد او الحيوان الذي يدفع على النوع الانساني ويمكن باستعمال سرعة عظيمة اضعاف حركة الحيوان او الجواد وتأخير او سقوطه كما هو الغالب فمن ثم نرى الصبيان الذين يسرعون العدو والجري يسقط باصطدامهم من هوا كبر واثقل منهم كثير كالرجال اذا كانوا يمشون الهويناً ومن هذا القبيل ايضا العربة الخفيفة التي يكون اندفاعها بسرعة عظيمة فإنها عند الاصطدام تقلب العربة التي تكون اثقل منها اذا كان سيرها هينا

ويستنتج من قوانين اصطدام الاجسام نتائج مهمة تتعلق بالفنون الحربية اقتصرنا في بيانها هنا على فن واحد من تلك الفنون حاصله

(انه عند اصطدام جيوش الخيالة في الحرب تكون الكتائب ذات صف او صفين ثم تزحف بسرعة تتزايد بالتدريج حتى تصادم ما يقابلها من الكتائب خيالة كانت او قرابة والغرض هنا معرفة ما يتحصل حينئذ بما يخص هذا الموضوع فنقول

ان الجهة التي تكون فيها كمية تحرك الكتيبة اعني مجموع ثقل الخيول وعددها والخيالة والاسلحة مضروبا في السرعة عظيمة تظهر بالضرورة على غيرها

وتظفر بها وتكون كمية التحرك التي تفضل بها الكتيبة الصادمة على الكتيبة المصدومة مساويا لفاضل كيتي تحركهما مقسوما على مجموع الكتيتين ولنفرض أن الكتيبة المهاجم عليها تثبت محلها وتمشي الهويناحق تصادمها الكتيبة الهاجة فحيث ان كمية تحرك الكتيبة المهاجم عليها تساوى الكتيبة مضروبة في سرعة تساوى صفرا فان هذه الكمية تصبح معدومة فلا تكون موازنة لكمية تحرك الكتيبة الهاجة

وقد دلت التجربة على أن الجيوش الخيالة المؤلفة من خيول ورجال شداد ثقال لا يمكنها أن تصبر وتثبت لمصادمة جيوش خيالة اخرى اخف منها لكن اذا كانت سرعتها متوسطة فانها ربما توازنت مع الجيوش الخفيفة او قلبت خيولها ورجالها الخفاف لتندفعين عليها بسرعة عظيمة ثم ان الغرض الاصلى من هجوم الخيالة هو تحصيل اعظم درجة من السرعة عند المصادمة ولاجل معرفة الكيفية التي يتوصل بها الى ذلك نقول

ان حصول التحركات في وقت الاصطدام لا يتعلق الا بالكتيبة والسرعة في هذا الوقت فيكفى أن تكون هذه السرعة باقية على حالها عند الاصطدام ولو بلغت قبل ذلك ما بلغت ليكون التأثير واحدا واذا كان المطلوب مثلا تلطيف تحرك جسم ثقيل وقع من ث الى ح (شكل ٢) بسرعة معجلة فلا يلتفت

عند وصوله الى ح الى ما كان له من السرعة في ح و ع و خ الخ اذا كانت كمية تحركه واحدة في ح المذكورة اعنى اذا كان متحركا على الدوام بسرعه الاصلية ولم يأخذ في مبدء تحركه سرعة هينة تزداد بالتدريج فاذن تكون مصادمة الشامردان للخابور واحدة اذا كانت سرعته واحدة دائما في وقت الاصطدام

فعلى ذلك يوجد في الاصطدام وفرع عظيم في القوى اذا كان التحرك في مبدء الامر بطيا بالتدريج وكانت السرعة تزداد بالتدريج بحيث لا تبلغ نهايتها الكبرى الا في وقت الاصطدام

ولنذكر لك وفرع القوى الذي يحدث في معادلات الخيالة فنقول ان اعظم جزء

من المسافة المطلوب قطعها قبل الاصطدام يكون قطعه بالهوى بنا خطوة خطوة
والجزء الثاني يقطع بالهرولة والثالث بالخبب والرابع وهو الاخير بالركض
والعدو بحيث لا تنقطع فيه حركة الخيل وتكون كلها في التحرك بجسم واحد
فاذن يكون الاصطدام في الحقيقة واحدا كما لو كان للخيول من مبدء الركض
السرعة التي اكتسبتها اخيرا لكن لا يمكنها أن تقطع مسافة عظيمة بمثل هذه
السرعة لان ذلك يؤدى الى فتور همتها وانعدام قوتها من غير أن تتجدد فيها قوة
اخرى

ويظهر أن تطبيق قواعد اصطدام الاجسام على حركات الخيالة في غاية من
الوضوح والظاهر ايضا انه يمكن ضبطها على اسهل وجه ومع ذلك فلم تكشف
ويوقف على حقيقةها الا بعد مضي عدة قرون

وذلك أن الامة الرومانية مكثت في الحرب ثلثمائة سنة وهي لا تعرف تأثير سرعة
الخيول في قوة المصادمات الواقعة من الخيالة بخلاف خيالة التوميدية الخفيفة
فانها عملت بهذه القواعد فقطفرت بخيالة الرومان الثقيلة في جميع مصادماتها
وايضا لما كانت قلّة سرعة الخيالة الرومانية تمنعهم عمالا بدلاهم منه كان امراء
الرومان الشوالية ينتهزون الفرصة وينزلون على الارض ويقاتلون بجميع كية
التحرك التي تصدر من الابطال وفحول الرجال الذين لا يلحقهم التعب من المشى
ولامن الجري

وقد مكثت قواعد اصطدام الاجسام المطبقة على حركات الخيالة وعلى نصرات
فريدريق التي حازها بحسن مراعاته لهذه القواعد مجهولة عندما ملأوا القرن
الى القرن الاخير من تاريخ ذلك العصر

وتجربى هذه القواعد ايضا في حروب القرباة وسائر الجيوش على اختلافها
لا سيما في الحروب التي تكون فيها الكثائب عظيمة وليس هذا محل بسط الكلام
على هذه القواعد فانها مما يخص المدارس العسكرية دون غيرها

هذا وقد اعتبرنا فيما سبق الى هنا الاجسام المتصادمة كأنها نقط مادية ولنعتبر
الآن امتدادها وصورتها حتى نتضح لنا احوال توازنها وتحركاتها فنقول

إذا فرضنا أن جسي $\overline{م}$ و $\overline{م}$ (شكل ٣) يتحركان في جهة واحدة
أوجهتين متقابلتين على اتجاه مستقيم $\overline{غ}$ $\overline{غ}$ الواصل بين مركزي الثقل ثم فرضنا
أن سطحى هذين الجسمين عمودان في تقاطع $\overline{ث}$ $\overline{ث}$ على مستقيم $\overline{غ}$ المذكور
فإن القوة التي يتصادم بها جسم $\overline{م}$ مع جسم $\overline{م}$ تنعدم بواسطة سطح $\overline{م}$
وكذلك القوة التي يتصادم بها جسم $\overline{م}$ مع جسم $\overline{م}$ فإنها تنعدم أيضا
بواسطة $\overline{م}$ هذا إذا كانت كمية تحرك الجسمين واحدة

ولنفرض الآن (شكل ٤) أن سطحى الجسمين مائلان بالنسبة لمستقيم
 $\overline{غ}$ $\overline{غ}$ إلا أنهما متوازيان في $\overline{ث}$ $\overline{ث}$ الموضوعتين على مستقيم $\overline{غ}$
الواصل بين مركزي ثقل جسي $\overline{م}$ و $\overline{م}$

وهذان الجسمان يتماسان عند الاصطدام (شكل ٥) وليكن $\overline{ا}$
و $\overline{ا}$ رمزين إلى جزءي مستقيم $\overline{غ}$ $\overline{غ}$ الدال على كيتي التحرك
الدافعتين لجسي $\overline{م}$ و $\overline{م}$ ولتد $\overline{ب}$ $\overline{ب}$ عمودا على الاتجاه المشترك
بين جسي $\overline{م}$ و $\overline{م}$ في $\overline{ث}$ $\overline{ث}$ ثم تد $\overline{ا}$ $\overline{ا}$ و $\overline{ا}$ $\overline{ا}$ عمودين على
 $\overline{ب}$ $\overline{ب}$

فإذا حصل الاصطدام تحرك أولاهما $\overline{م}$ و $\overline{م}$ تحركا مستقيما
في جهة $\overline{غ}$ $\overline{غ}$ بسرعة مشتركة مقدارها $\frac{\overline{ا} + \overline{ا}}{\overline{م} + \overline{م}}$
وثانيا يدور $\overline{م}$ و $\overline{م}$ حول مركزي ثقلهما بسرعة مساوية بالتناظر
 $\overline{ب}$ $\overline{ب}$ و $\overline{ب}$ $\overline{ب}$ و $\overline{ب}$ $\overline{ب}$ ومقسومة على مقدار
اينريسي $\overline{م}$ و $\overline{م}$

ويؤخذ من هنا أن الجسمين يتصلان عن بعضهما بعد الاصطدام في صورة
ما إذا لم يكن سطحهما عمودا على المستقيم الممتد من مركزي ثقلهما
وهناك صورة أصعب من ذلك وهي صورة (شكل ٦) لا تكون فيها نقطة

تماس الجسمين عند الاصطدام موجود على المستقيم الواصل بين مركزي ثقل
غ و غ

ولما انهيئنا الكلام على احوال الاصطدام في صورة ما اذا كان الجسمان متجهين
على مستقيم واحد ناسب أن نتكلم عليه في صورة ما اذا كانا متجهين على خطين
بينهما زاوية ما ويتلاقيان في نقطة ١ (شكل ٧) فنقول لتكن ح و خ
هما القوتان الدالتان على كمية التحرك الدافعتين للجسمين فاذا رسمنا متوازي
الاضلاع وهو أ ب د ث الذي ضلعاؤه هما أ ب و أ ث مناسبان
لقوتي ح و خ كان وتره وهو أ د دالا على كمية التحرك الدافعة
للجسمين المتلاقين في نقطة ١ وعلى الاتجاه المشترك الذي يتبعه هذان
الجسمان بعد الاصطدام اذا لم يكونا مرين فاذن اذا جعلنا م و م رمزين
لجسمي الجسمين فان سرعتهما بعد الاصطدام تعلم من $\frac{أ د}{م ق + م ن}$ و أ د

هو عبارة عن كمية التحرك

وتكون قوانين توصيل التحرك واحدة اذا كان كل من الجسمين يتحرك على منح
متواصل عوضا عن تحركهما على مستقيم واحد لانهما يقطعان في الزمن القليل
الذي يعقب الاصطدام مسافة تنطبق على مستقيم صغير تماس للمنحنى في النقطة
التي يحصل فيها الاصطدام

فعلى ذلك اذا اخذنا مثلا بندولين بسيطين ك كبندولي ح و خ
(شكل ٨) متحدين في الطول فهما كان مجسما هذين البندولين فان قوانين
الاصطدام تصير عين القوانين التي توجد في صورة ما اذا كانا يتصادمان معا
في الوضع الذي يكون فيه كل من خيطيهما رأسيا لان جسمي ح و خ
يصلان الى هذا الوضع يكون احدهما يقطع خ ح والاخر يقطع غ ح
المماسين في ح و ح لمستقيم ط ط

فاذا رفعنا حينئذ الى ارتفاع واحد من خ و غ مجسمي ح و ح

المتساويين فانهم ما ينزلان في زمن واحد بسرعة واحدة الى وضعي ح و ح
فيتصادمان فيهما لكن حيث ان الجسمين المضروبين في سرعتيهما متساويان
هنا من الجهتين فان التوازن حيثئذ يكون حاصل ولا يتحرك الجسمان بعد
الاصطدام

فاذا كان احد الجسمين كبيرا حصل التحرك في جهته على حسب القانون المعلوم

$$\text{من معادلة } \frac{م ق - م ن}{م + م}$$

ولنختبر الآن اصطدام جسم يتحرك تحركا مستقيما مع جسم يتحرك وهو دائر
على نفسه فنقول

لنفرض أن جسما بجسم م (شكل ٩) مركز ثقله في غ يدور حول
محور ث الامين بنقطة ث وقد ائبنا في الدرس السابع من هذا الجزء
انه يوجد على امتداد مستقيم ث غ نقطة كنقطة ث فهذا يمكن
أن نفرض دائما أن مجسم جسم م يكون محصورا بتمامه في نقطة ث
ويكون زيادة على ذلك مدفوعا بسائر كية التحرك التي تكون للجسم بدون تغير
سرعة هذا الجسم المنزوية ولنفرض ايضا أن جسم م يعارضه عند تحركه
مانع مثل م وانه في نقطة آ التي يعرض فيها هذا المانع للجسم يكون سطح
المانع و سطح الجسم عمودين على خط ث أ العمودي على ث ث فينعدم
جميع تحرك الجسم بسبب هذا المانع الثابت بالفرض فاذا بقي الجسم ساكنا
بواسطة تأثير الالتطام وعند الاصطدام لا يكون محور ث ثابتا وتعرف
نقطة ث المذكورة بمركز الالتطام

فاذا كان المانع الثابت المدلول على مقاومته بحرف ف على وجه بحيث
يكون بعد ث د أكبر من ث ث (شكل ١٠) او اصغر منه (شكل ١١)
فان محور الدوران تعرض له مقاومة من تأثير الاصطدام

وجسم م الواقع عليه تأثير قوتى ف و ف يكاد ينثنى أو ينكسر بين ث و د (شكل ١٠) وكذلك بين ث و ث (شكل ١١) فيحدث بموجب توازن القوى المتوازية

$$\overline{ف} \times \overline{ث} = \overline{ف} \times \overline{ث}$$

وزيادة على ذلك يكون تأثير ف الحاصل من المحور بواسطة الاصطدام مساويا ف - ف (شكل ١٠) و ف - ف (شكل ١١)

وحينئذ فكما كان الاصطدام حاصلا على مستقيم اف ولم يكن على بعد من ث = ث عرض لمحور ث الثابت مقاومة من الاصطدام فاذا كان ث (شكل ١٠) اكبر من ث دفعت مقاومة الاصطدام المحور الثابت الى جهة مضادة لجهة دوران جسم م واذا كان ث اصغر من ث دفعت مقاومة الاصطدام المحور الثابت الى جهة دوران جسم م وهذه النتائج تستعمل بدون واسطة في اشغال الفنون

فنستعمل غالبا المطارق والمقاطع التى تتحرك تحرك دوران لاجل تحصيل الاصطدامات * ولكيلا يعرض لمحور المطرقة وهو ث (شكل ١٢) مقاومة ما عند الاصطدام يلزم استيفاء جميع الشروط الموجودة في شكل ٩ فعلى ذلك اذا كان م هو الجسم الموضوع على السندال و ا هى النقطة التى يقع عليها دق المطرقة كان مستقيم اف العمودى فى نقطة ا على سطح المطرقة مارا بنقطة ث التى هى مركز الالتطام وكان مستقيم ث

عمودا على ا ث

فاذا حرك الصانع المطرقة بيده (شكل ١٣) فان لم تكن جميع الشروط المذكورة مستوفاة عرض لليد مقاومة مؤلمة وتكون تلك اليد مدفوعة الى جهة مضادة لجهتها او مضغوطة فى جهة التحرك الحاصل له على حسب قرب النقطة التى يقع فيها الاصطدام قريبا قليلا او كثيرا او بعدها كذلك عن محور دوران المطرقة

ثم ان الاصطدام المستقيم لجسم يستعمل في تحريك بندول يرتج حول محور
ومثل هذا التأثير يقع في التجارب الحاصلة في شأن البندولات الطولية
فلنفرض كتلة مجسمة من الخشب ككتلة $\overline{م}$ (شكل ١٤) محاطة بروابط
من حديد ومعلقة في محور $\overline{ث}$ بقضبان من حديد ايضا

ونطلق رصاصة او كتلة ككتلة $\overline{م}$ في بندول $\overline{م}$ ولا بد أن نحدد بها بحيث
تكون على اتجاه المستقيم المار بنقطة $\overline{ث}$ التي هي مركز الالتظام فاذا وقفنا
بذلك لم يعرض لها مقاومة ما على محور الدوران وهو $\overline{ث}$ وتكون سرعة
البندول المتزوية مساوية $\overline{م} \times \overline{ث}$ ومقسومة على مقدار اينرسی
البندول الذي تدخل فيه الرصاصة

فاذا علمت مقدار اينرسی البندول ومجسمي $\overline{م}$ و $\overline{م}$ وبعد $\overline{ث}$ علمت
بواسطة عملية سهلة سرعة كل من هذين الجسمين عند الاصطدام وهذه هي
الكيفية المستعملة في قياس سرعة المحذوفات قياسا صحيحا ولهذا القياس
اهمية عظيمة في فنون الطوبجية

وقد تقدم أن القوى تنعدم كلما كان تأثيرها واقعا في جهات متقابلة فاذا كان
المطلوب أن القوى لا تنعدم كما هو الواقع في اغلب الآلات لزم أن تجتنب
في هذه الآلات حسب الامكان الاصطدامات الناشئة من التحويلات
في جهات متضادة

ويلزم لذلك ايضا اجتناب الاحتكاكات التي عوضا عن أن تكون متواصلة
وغير ظاهرة تكون حاصلة بواسطة رجات ووثبات ومقاومات ينشأ عنها دائما
بعض اصطدامات مضرّة وحيث ان هذه الاصطدامات لها دوى وقرقعة
ويتخلل بها ما تلاقيه علم من ذلك أن اجود الآلات هو ما يكون تحرّكه صادرا
مع الانتظام واللفظ بدون قرقعة ولا اضطراب
ومن اهم الاشياء ما يستعمل من الاحتراسات في اجتناب مثل هذه
الاصطدامات في الطارات المضترسة

فلنفرض (شكل ١٥) أن ضرس د من طارة و ينقلت في وقت دفعه لضرس ز من طارة و قبل أن يصل ضرس د الى ضرس ز من الترس الصغير فلا يجد هذا الترس حينئذ ما يعارضه فاذا وقع عليه تأثير قوة تحرك تحركا تقهقريا حتى يتلاقى د مع ز فاذن يحصل الاصطدام في جهتين متضادتين ويعقب ذلك انعدام كمية التحرك ويلزم بمقتضى القاعدة المطردة أن يصل ضرس د الى ز قبل انفصال ضرس د عن و عن بعضهما

ولنذكر لك هنا الملاحظات التي لاحظناها في شأن الاصطدامات الصغيرة الحادثة من تحرك السفن حيث انها تجري في سائر انواع الآلات فنقول انه بموجب ما سبق اذا كانت السفينة مستقرة عرض لجزءها الاسفل انكماش وانقباض وجزءها الاعلى انبساط وامتداد وحدث عن هذين التغيرين اقولا امتداد الياض الخشب او انكماشها وثانيا تلف قطع الاخشاب المتلاصقة وانفصالها عن بعضها وثالثا اثناء المسامير المسكة لها او تكسرها وكلما تزايدت مقادير القوى المغيرة تزايدت تأثيراتها ايضا غير انها فيما بعد لا تتناقص بنسبة واحدة عند تناقص هذه المقادير لان التغير المذكور انما يقع في الاجسام غير تامة المرونة

فعلى ذلك اذا تناقص تقوس السفينة اعتدلت المسامير واستقامت قليلا وقطع الاخشاب التي انفصلت عن بعضها لا تتصل ثانيا الا من بعض اجزاها وكذلك الالياف الممتدة فانها تنكمش انكماشاً كافياً والالياف المنكمشة لا تعود الى طولها الاصل بالكلية

فاذن لا يوجد عظيم اتحاد بين مواد السفينة ومثل هذا العيب يؤثر في اخشاب السفن تأثيرا شديدا

وانحلال هذه المواد لا يمنع من أن كل جزء منها يتحرك بدون معارض قليلا او كثيرا على حسب الاجزاء التي كانت مجتمعة معه في الاصل قبل الانحلال ويطلق على مجموع هذه التحركات الصغيرة اسم تحرك الاخشاب

واذا فرضنا أن القوى المغيرة مؤثرة في سفينة جميع اجزائها متحركة فان أول تأثيرها يكون عبارة عن تحويل مواد تلك السفينة عن اوضاعها بحسب ما تأخذ من الاتجاهات بواسطة تحركها ولا يعارض تحويل تلك المواد المقاومة اينرسيا والى هنالم ينقص شيء من كمية القوى النشاطية الدافعة للسفينة بتمامها وانما يعرض لكل جزء عند تحوله عن وضعه بدون معارض على الوجه المذكور سرعة فاذا حصل له مقاومة شديدة من بقية الاجزاء حدث عن هذه السرعة اصطدام

فعلى ذلك لا يكفي الضغط الهين في كون اجزاء السفينة تؤثر على بعضها بحيث تمتد وتنكمش وبالا اصطدام تزيد شدة القوة الاضطرابية زيادة بالغة وبذلك تبقى القوى المغيرة على حالها ويزداد تحرك قطع الخشب على الدوام وينشأ داء مما عن ذلك تأثيرات تصير بالتدريج خطرة مضرّة

ثم ان ما ذكرناه من الاصطدامات هونا شيء بالضرورة عن السرعة الغير البينة في صورة التغيرات البطيئة الواقعة في وسق السفينة وتكون شديدة سريعة في صورة ما يحدث عن القوى الطبيعية من الاضطراب

ولا يلزم أن نطبق على صناعة السفن ما يمكن تطبيقه على تشييد عمارة في الارض لا ينضم فيها تأثير القوة المغيرة الى تأثير قوة تناقل المواد وانما يلزم اعتبار السفينة في حالة سيرها على البحر المضطرب كثيرا او قليلا او في حالة اضطرابها بالرياح القوية كثيرا او قليلا الثابتة كثيرا او قليلا او الدافعة كثيرا او قليلا

فيعلم من ذلك أن مقادير القوى التي يحدث عنها تقوس السفينة تتغير في كل وقت حتى انها عند المقدم والمؤخر تكون بالتعاقب موجبة وسالبة فيلزم اذن أن نعتبر السفينة المضطربة بالبحر والرياح كثعبان لا يزال عند عومه على وجه البحر المتهوج ينحني وينثني في المستوى الرأسى من طريقه ويسير الى جهة الامام فيحدث عن سيره تلك الانابة خط منعوج

ثم ان قوانين اصطدام الاجسام الصلبة المجردة عن المرونة هي قوانين الاجسام الرخوة وما يعرض من التغير للاجزاء المتنوعة من هذه الاجسام لا يغير شيئا

من التحرك في وقت الاصطدام وليس الامر كذلك في اصطدام الاجسام المرنة
فاذا تقابل جسمان على غاية من المرونة وكانا متحركين مجسما وسرعة فعوضا عن
كونهما يتوازنان ويلازمان السكون يعدم كل منهما قوة الاخر ويحول اليه
جميع ماله من القوة الخاصة به فعلى ذلك يتقهقر كل منهما في طريقه بما كان له
من السرعة قبل الاصطدام ولا تتغير كمية تحركه وهذه الخاصية للاجسام المرنة
المتحدة في الجسم والسرعة لا تتغير بتغير المجسمات والسرعة بحيث يبقى مجموع
كميات التحرك على حالة واحدة قبل الاصطدام وبعده

ولنذكر لك هنا بعض تطبيقات على هذه القاعدة فنقول لنفرض أن جسم A
الساكن. (شكل ١٦) يصدمه جسم B المتحد معه في الجسم وهو
م وفي السرعة وهي C فتكون كمية التحرك صفرا بالنسبة الى جسم A
و M C بالنسبة الى جسم B فينتد تكون الكمية المذكورة بالنسبة
للجسمين هي M C فاذن يوصل جسم B الى جسم A سائركية
التحرك وهي M C غير أن جسم A لا يمكنه أن يوصل الى جسم B
الا كمية تحرك تساوي صفرا اعني معدومة فاذن يعدم جسم B كمية تحركه
بتمامها فيبقى ساكنا واما جسم A الذي اخذ جميع كمية تحرك جسم B
واستخدمه في الجسم فانه يتحرك بالسرعة التي كان يتحرك بها جسم B
ولنفرض الآن أن هناك (شكل ١٧). ثلاثة اجسام مرنة ومتحدة الجسم
كاجسام A و B و C وليكن جسم D هو المتحرك دون
غيره فبصادمة هذا الجسم لجسم B يوصل اليه جميع كمية تحركه ويبقى
ساكنا وكذلك بصادمة جسم B لجسم A يوصل اليه جميع كمية تحركه
ويبقى ساكنا فاذن يتحرك جسم A دون غيره بكمية التحرك التي كان
يتحرك بها جسم D

ويتحصل مثل هذه النتيجة في صورة ما اذا كان هناك اربعة اجسام او خمسة الخ
متساوية وكان الاخير منها هو المتحرك دون غيره فالاجسام المتوسطة تبقى بعد

الاصطدام ساكنة دائماً كالجسم الاخير بخلاف الجسم الاول فانه يتحرك ويسير الى الامام بجمع كمية التحرك التي كان يتحرك بها الجسم الاخير وتتضح هذه الحقيقة الميكانيكية بواسطة كسر من العاج مثل **أ** و **ب** و **ث** (شكل ١٨) تعلق بخيوط على صورة بندولات فاذا ابعدت اولاً كرتين احدهما عن عین الخط الرأسى الممتد من نقطة التعليق والاخرى عن شماله وخلياً ونفسهما للوقوع في زمن واحد فانهما يصلان الى الخط الرأسى في زمن واحد بسرعة واحدة ثم يتقهقران في طريقهما بالسرعة المذكورة.

فاذا كان العاج تام المرونة ولعب به في الفراغ فان الاكر تصعد بالضبط الى ارتفاع مبدئ سيرها فاذا وقعت كلها من هذا الارتفاع في زمن واحد فانها تصادم ايضا بسرعة واحدة ويحدث من ذلك التحرك الدائمي غير أن العاج ليس من الاجسام التامة المرونة لانه لا يوجد في الاجسام الطبيعية ما هو بهذه المثابة فاذن تصعد الاكر عقب كل اصطدام شيئاً قسباً الى اعلى ثم تنعدم عقب حصول عدة رجات كيات تحرك تلك الاكر بالكلية

واذا علقت ثانياً ثلاث اكر من العاج وكانت مماسة لبعضها بالطبع ورفعت الكرة الاولى وهي **أ** الى **ح** (شكل ١٨) ثم خليت ونفسها للوقوع فان الكرة المتوسطة وهي **ب** تبقى في هذا الوقت ساكنة وتصعد الكرة الاخيرة وهي **ث** الى **خ** في ارتفاع نقطة **ح** ثم تقع ثانياً وتوصل فتحركها بواسطة كرة **ب** الى كرة **أ** فتصعد الى **ح** ثم تهبط كالكرة الاولى وهلم جرا ويتحصل مثل هذه النتيجة في صورة ما اذا كان هناك اربع اكر وخمس اوست او اى عدد كان من الاكر

ولا تقتصر هنا على ذكر الاصطدام المستقيم في الاجسام بل نذكر ايضا قوانين اصطدامها المنحرف منصرين في ذلك على فرض أن احد الجسمين ثابت ومستوى الاخر كروي ومالا لاختصار حسب الامكان فنقول انه في الوقت الذي يتلاقى فيه في نقطة **ث** كرة **ض** (شكل ١٩)

المدفوعة بقوة أو المنحرفة مع المستوى الثابت تدور هذه الكرة حول نقطة θ بقوة تساوي $\theta \times \theta$ الذي هو خط عمودي على θ وترسم مستطيل θ الذي ضلعاؤه θ و θ موازيان لمستوى θ وضلعاؤه الآخران θ و θ عمودان على هذا المستوى

فحيث ان قوة θ تصل الى θ و θ اذا كانت الكرة والمستوي جسمين مجزئين عن المرونة لم يبق معنا اذن الا θ و θ التي هي عبارة عن ضغط الكرة على المستوى الثابت فيعدها هذا المستوى

وبواسطة الاحتكاك الحاصل لمستوى θ من ضغط θ تتحرك الكرة المدفوعة بقوة θ والموازية لهذا المستوى وقد تقدم في الدرس الثالث عشر بيان الكيفية التي بها يمكن تقدير التأثيرات الحاصلة من هذه القوة وحيث ان الاحتكاك يمنع الكرة من التزحلق على مستوى θ فانها تتدحرج على هذا المستوى كما تتدحرج العجلة على الارض فاذا كان المستوى بتمامه مصقولاً بالسوية كانت مقاومة الاحتكاك واحدة بالنسبة لضغط θ

فاذا لم يكن للجسم الذي يصادم المستوى محيط مستدير فانه يتدحرج على هذا المستوى على وجه بحيث يضعه مركز ثقله ويهبط بالتعاقب ويحدث من ذلك مقاومات غير متساوية ومبهمة كثيرا او قليلا تقتصر على ذكرها هنا فنقول ان هذه المقاومات غير المتساوية تدل على أنه يلزم في توصيل الجهود المتواصلة مع الانتظام الى طول المستوى الثابت بتمامه أن نستعمل دائما اجساما محيطاتها مستديرة كالكرو والاسطوانات والمخاريط وسطوح الدوائر

على العموم

فاذا كان معنابدا عن الجسم الصلب جسم رخو يصادم المستوى الثابت كانت المسئلة تمامضة يلزم فيها معرفة الصورة التي يأخذها الجسم الرخو بعد الاصطدام غير أن هذه الصورة قل أن استعملت مع الفائدة في الفنون الميكانيكية

ولا يقع مثل ذلك في اصطدام الاجسام المرنة فاذا كان جسم تام المرونة بجسم ٢ يصادم مستوى مرن (شكل ٢٠) فان قوة او الدافعة له تنحل الى قوتين اخرين احدهما وش التي تدفعه عموديا على مستوى

مرن والثانية وك التي تؤثر فيه بالتوازي لهذا المستوى وحيث ان هذه القوة الاخيرة لا يمنعها مانع فانها تستمر على تأثيرها بعد الاصطدام فاذن يتحرك الجسم دائما مع سرعة واحدة بالتوازي لمستوى مرن الثابت

وحيث ان قوة وش مؤثرة عموديا على مرن كان يجري عليها قوانين الاصطدام المستقيم في الاجسام المرنة فاذن يلزم أن تحوّل قوة وش بتمامها الى المستوى الثابت وتعود الى وضعها الاصلى بواسطة مقاومة هذا الجسم المساوية دائما للتأثير فيصعد حينئذ الجسم المرن المدفوع بقوة مساوية لقوة وش غير أنها تكون متجهة الى جهة مضادة لجهتها وبناء على ذلك اذا وصل جسم مرن بجسم و يتحرك منتظما مستقيما الى وضع بحيث انه

في زمن معلوم يقرب من وك موازيا للمستوى الثابت ومن ش و عموديا على هذا المستوى بعد حصول الاصطدام فان هذا الجسم يقرب في مسافة واحدة من الزمن من وك = وك موازيا للمستوى

الثابت ومن وش عموديا على هذا المستوى وحينئذ يكون خط وا الذي هو عبارة عن اتجاه المسافة المقطوعة ومقدارها هو وتر الشكل

المتوازي الاضلاع القائم الزوايا وهو ش وك المساوي ش وك فاذن تكون زاويتا اوش و اوش متساويتين

فعلى ذلك اذا صادم جسم تام المرونة مستويا ثابنا مصادمة على حسب زاوية تعرف بزاوية السقوط فانه يكون ملازما لسرعته وياخذ اتجاهها جديدا يبعده عن هذا المستوى ابعادا على حسب زاوية تعرف بزاوية الانعكاس وهي مساوية لزاوية السقوط

وقد سبق أن العاج قريب جدا من الاجسام التامة المرونة فلذا اذا صدمت الكرة المتخذة من العاج مستويا فانها تدمع سرعتها الاصلية بحيث تكون زاوية الانعكاس مساوية تقريبا لزاوية السقوط وبالجمله فلعب البليارد مبنى على معرفة قانون اصطدام الاجسام المرنة

ولنفرض مثلا أن خانة من خانات البليارد كخانة ث (شكل ٢١) موضوعة على وجه بحيث تناسب كرتي ا و ب فاذا لدنا اولا مستقيم ث ب ه حتى وصل الى خط م ن وثانيا مستقيم ا ه حدث معنا أن زاوية م ه ب = ن ه ه فاذا دفعنا كرة ا الى نقطة ه انعكست على اتجاه ه ب وصدمت ب مصادمة مستقيمة ثم سكنت واما ب فانها تنتقل الى هذه النقطة مع سرعة كسرعة ا بتمامها عند الاصطدام في اتجاه ب ث الذي يوصل الى الخانة وليست كرة ب في الغالب على اتجاه ث ب ه القائم الموصل الى الخانة كما في شكل ٢٢ فيلزم اذن أن كرة ا بعد أن ترمى الى ه وتنعكس بحيث يكون ا ه ن = م ه ا تصل الى وضع ا لتصادم كرة ب ثم تعود الى خانة ث (وهذا الشرط يتحقق اذا كان مستقيم م ه ه المماس لكرتين في نقطة تماسيهما موضوعا على وجه بحيث تكون الزاويتان الحادثتان منه مع مستقيمي ب ث و ا ه متساويتين)

ويؤخذ من ذلك أن لعب البليار يستلزم أن يكون النظر متمركزا على تصور
الاتجاهات والزوايا وأن تكون اليديا أيضا متمركزة على ما يرشدها النظر إليه
وفي القرن السابع عشر استعمل الشهير وويان طريقة في إطلاق المدافع لها
علاقة بانعكاس الاجسام المرنّة وهي أنه اذا الملقنا كرة متوسطة الثقل ككرة ^أ
على اتجاه أ ب (شكل ٢٣) المرتفع قليلا عن الافق فان تلك الكرة
الواصله الى الارض بواسطة التناقل تقع في نقطة أ على حسب زاوية أكبر قليلا
من زاوية ب أ ن وتنعكس حينئذ على حسب زاوية ب أ ن المساوية
زاوية ب أ ن تقرىبا ثم تقع مرة أخرى لترتفع ثانيا فاذا وجد حينئذ على خط
أ ن عدة موانع يلزم ازالتها فانطلق عليها الكتل عدة مرات حتى يحصل بذلك
الاصطدام والانعكاس او الوثوب وليس حصول الانعكاسات المتوالية
او الوثوبات مقصورا على صورة ما اذا ضرب بنا بالكرة على اجسام صلبة كالجدران
المبنية بالحجارة والاشباب والحصون المتينة والسفن او ضربنا بها على ارض
مبلطة او برية متسعة او ثلوج كما فعله العساكر الفرنسيون في واقعة اوترلنس
بل تحصل ايضا في صورة ما اذا رمينا اجساما مرنة على سائل تضرب سطحه
على حسب زاوية سقوط صغيرة
ومثل ذلك يعرفه حق المعرفة الصبيان الذين يرمون على وجه الماء الحجارة
مسطحة فان هذه الحجارة تب ويحدث عنها سبع انعكاسات او ثمانية او عشرة على
حسب كبر قوة الرامي وصغرها وخفة يده عند الرمي
وفي الضوء الواقع على الاجسام الرخوة شاهد لطيف على ما للاجسام المرنّة من
الانعكاسات المهمة لان زاوية الانعكاس في هذا الوقوع مساوية دائما لزاوية
السقوط واعظم الالآت الفرنسية ضبطا هو ما لتحقيق به مرونة تلك الاجسام
وقد تقدم في مجت الامطدام أن الاجسام الصلبة والاجسام الرخوة ينعدم
جزء من قوتها اذا كانت اتجاهاتها متضادة وذلك متعذر في الاجسام التامة
المرونة ونادر في الاجسام غير تامة المرونة

وهذه المزية المختصة بالاجسام المرنة دون الاجسام الصلبة والرخوة جعلت استعمال تلك الاجسام نافعا جدا في علم الميكانيكا مثلا اذا لاحظنا تحرك العربات التي تعرض لعجلاتها دائما اصطدامات كبيرة او صغيرة من الاجزاء البارزة في ممرها وجدنا أن الانفع في تلك العربات أن تحمل صناديقها او وسقها على يايات لان تأثير هذه اليايات يحفظ جزءا من القوة الايقية كان يعدمه الاصطدام فيستعمل حينئذ هذا الجزء في تحرك العربة المتزايد واما جزء القوة الدافع للعربة من اسفل الى اعلى بواسطة تأثير اليايات التي تنشئ على نفسها حين تأخذ القوة الدافعة من اسفل الى اعلى في التأثير فان مركز ثقل العربة يرتفع به قليلا او كثيرا لكن متى زال المانع وهبطت عجلات العربة بعد الصعود فان اليايات المرافعة لصندوقها او وسقها تعيد مركز ثقلها الى ارتفاعه الاصل بالنسبة الى العجلات

فعلى ذلك يعرض بواسطة تأثير اليايات لمركز ثقل العربات تحركات قليلة السرعة والمدة الى اعلى والى اسفل ويكون هذا التأثير ظاهرا جدا اذا قوبل بين رجات عربتين احدهما غير معلقة والاخرى معلقة بيايات لاسيما اذا عظمت سرعة العربة المتزايدة وليست فائدة التأثير المذكور مقصورة على مجرد تقليل تعب السياحين بل له فائدة اخرى اعظم من ذلك وهي أنه يقي محصولات الصناعة المنقولة من التحركات السريعة والاصطدامات التي تضر بتلك المنقولات وتبخس بقيمتها فاذا علقنا هذه محصولات على يايات لا يجعل ثقلها على العربات تحصل من ذلك فائدتان احدهما حفظ تلك محصولات حفظا تاما والثانية أنه يكفي في ثقلها قوة صغيرة جدا وقد اشتهرت هذه القواعد منذ سنوات وجرى عليها العمل قري بمدينة باريس بجهة كبيرة من العربات معلقة على يايات ومعدة لنقل الاشياء السريعة التلف ولا زال استعمالها آخذا في الزيادة على مدى الايام لان له فائدتين احدهما نقل الاثقال العظيمة بالخيول المعدة لذلك والثانية منع ضرر ما ينشأ عن ثقلها من العوارض وليس لليايات مجرد هاتين الفائدتين اللتين هما تقليل ما يعطل سير العربات

وتقليل ما يعرض لاجالها من الاصطدامات بل لها ايضا فائدة اخرى وهي
تقليل ما يعرض للعربات من الاصطدامات الشديدة او متعها بالكلية
ثم ان مرونة الحبال تكسبها صلاحية لمقاومة الاصطدامات السريعة وتجعلها
كاليابات كما يشاهد ذلك في الحبال المربوطة من احد طرفيها برأس الصاري
ومن الطرف الاخر بجانب السفينة فاذا هبت الريح علي حين غفلة واثرت
في الشراعات بقوة جديدة فان الحبال الموجودة في جهة الهواء تمتد تدريجيا
بواسطة تأثير هذه القوة الى النقطة التي تكون فيها المقاومة التدريجية الحاصلة
من الحبال والمضايقة الى المقاومة المتزايدة الحاصلة من ثبات السفينة عند ميلها
بتأثير الهواء مكافئة لقوة الهواء الدافعة ثم ان نقصت هذه القوة الدافعة فان
قوة مرونة الحبال تعيد هذه الحبال بالتدريج الى طولها الاصل واما الصواري
التي لمرونتها تمنحني بمجرد مد الحبال فانها تعتدل بواسطة هذه المرونة فيكون كل
من الحبال والصواري قابلا لمقاومة جديدة اذا عاد الهواء الى تأثيره السريع
ومن المهم جدا أن تمتد الحبال مدا قويا قبل استعمالها في أسناد الصواري
كالجواغيص والاطراف وذلك لان تلك الحبال في مبداء استعمالها تكون
عرضة للمد كثيرا بواسطة تأثير القوى الجاذبة في الجهة الطولية بدون أن تعود
الى امتدادها الاصل عند انقطاع تأثير هذه القوى ويلزم من مبداء الامر
أن تمتد حتى تبلغ الغاية في الحد قبل أن يتحصل من قوة مرونتها ما يقصد منها
عما يمكن الوصول اليه فيما تستعمل لاجله

وقد شاهدت السفينة ذات الكويرات الثلاثة المسماة بجبارة باريس حين
انكسرت صواربها العليا بين جزيرة قرسقة وافريقة لرداءة الهواء وقتئذ
وكان من شأن ذلك أن تلك السفينة كانت قريبة عهد بالتطبيق فكانت صواربها
ممسكة بحبال لم تبلغ في المدا الحد اللازم بحيث يكون لقوة مرونتها تأثير كئثر
المقاومة النافعة الكافية

واذا اريد وضع احوال ثقيلة في جوانب السفينة ليرى منها كل ذات احوال
مناسبة لاجل تخفيف الاصطدام الحاصل عند رمي الكلة للدافع للهاون على

السفينة دفعا قويا أن يهتم بوضع طبقة كثيفة من الاجسام المرنة على الكورينة
ليقع عليها بالتدريج تأثير الضغط الحاصل من الهاون قتي بذلك اخشاب
السفينة على اختلاف انواعها من التمزق والتكسر
فاذا وضع سندال على بناء صلب خال عن المرونة فان تأثير الاصطدامات
المتوالية الحادثة من الضرب بالمطرقة على السندال يكسر الاجار الموضوع
عليها هذا السندال في اقرب وقت فان حصل الاهتمام بوضع جسم مرن
ككتلة من خشب تحت السندال المذكور فان البناء الحامل لهذه الكتلة
لا يلحقه التلف

واذا ضرب الصانع بمطرقة رأسها من
الحادث من رأس المطرقة يوصل
لا سيما في مثل اشغال النحاس والسبك
متتالية على سطوح مرتجة فاذن يلزم الاهتمام بجعل قبضة الضاب اعظم من
بحر الموضوع في رأس المطرقة حتى لا يتأثر الموضوع بضغطات سطوحها
في مبداء الامر قليلة ثم تمتد شيئا فشيئا وبذلك تأخذ شدتها في القلة والضعف
على التدريج حتى ينتهي امرها الى أن الصانع لا يحس بها الا احساسا هينا
والى هنا تم الجزء الثاني من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يد مصححه المستنصر بمولاه القوي * الملحق اليه تعالى محمد
قطة العدوى * بعد مقابله على اصله مع مقرجه * ومعرب كله * السيد صالح
افندي وكان تحرير الفاظه الاصطلاحية * ومعادلاته الجبرية *
بمعرفة حضرة محمد افندي بيومي وملاحظة حضرة ناظرهم الترجمة العلامة
رفاعة افندي * حيث كان التعويل في حل المشكلات عليه * والمرجع
في فك العضلات اليه * تحت ادارة حضرة مدير المدارس * التي هي
في الديار المصرية من اينع المغارس * سعادة ميرا الهوا آدهم بيك لازالت
المدارس بانقاسه راقية في النجاح مراقى الفرق * رافعة اكف
الدعاء لولى النعم وانجالة بدوام السعادة والسودد

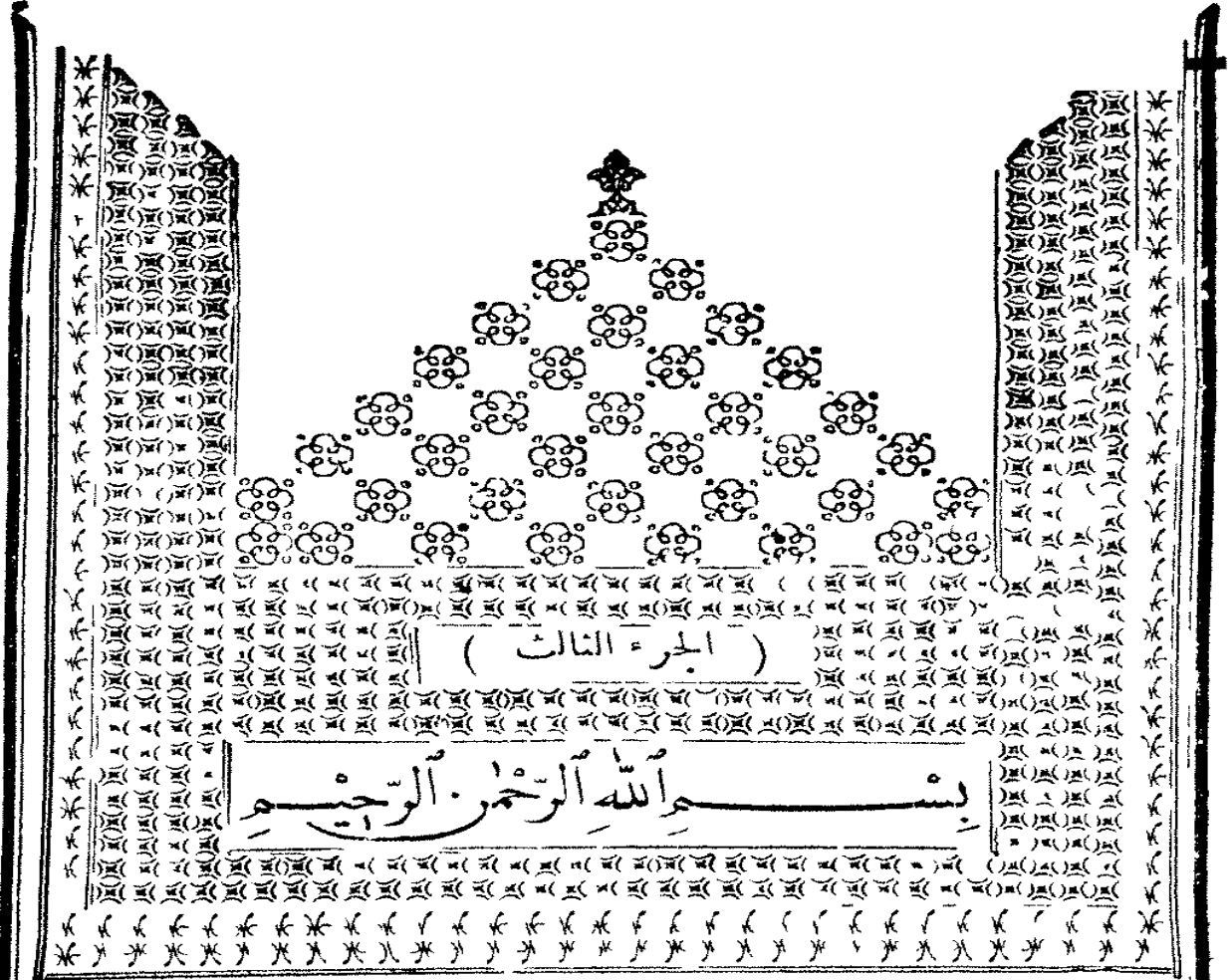
فهرسة الجزء الثالث من تطبيق الهندسة على الفنون

صفحة

٠٠٦	بيان الديناميكا
٠٠٦	الدرس الاول في بيان القوى المستعملة في الصناعة الخ
٠٠٣	بيان القوة الانسانية
٠٢٥	الدرس الثاني في الكلام على حاسة السمع الخ
٠٤٦	الدرس الثالث في الكلام على قوى الانسان الطبيعية
	الدرس الرابع في ازدياد قوى الانسان واستعمالها على الوجه
٠٦٧	المناسب
٠٨٦	الدرس الخامس في بيان قوى الحيوانات
١٠٦	الدرس السادس في الكلام على قوة النقل الخ
١٣١	الدرس السابع في الكلام على توازن الاجسام السابحة الخ
١٤٦	الدرس الثامن في الكلام على القوة المحركة الخ
١٦٦	الدرس التاسع في الكلام على الطارات الادروليكية
١٨٨	الدرس العاشر في الكلام على توازن السوائل الخ
	الدرس الحادي عشر في الكلام على قوة الرياح وآلات تجديد
٢١٣	الهواء الخ
٢٢٧	الدرس الثاني عشر في الكلام عن الحرارة
٢٥٨	الدرس الثالث عشر في الكلام على آلات البخار الخ
	الدرس الرابع عشر في الكلام على آلات البخارية ذات
٢٧٣	الضغط الخ
٢٩٤	الدرس الخامس عشر في الكلام على مراكب النار الخ

بيان الخطأ والصواب الواقع في هذا الكتاب

خطا	صواب	صفحة	سطر
العتمة	العتمة	١٥٣	١٩
رجعل	ويجعل	١٥٩	٢٣
ملفوظ	ملفوظة	١٩٣	٠٤
لا يعتد	لا يعتد	٢١٢	١٣
فيلزم	كلما لم	٢١٣	٢٣
والغازية	والغازية	٢٣٢	١٤
وهذا	وهذا	٣٠٩	١٩
عاده الناس	عادة الناس	٣١٤	١٢
لمعية	لمعية	٣١٤	٢١



* (بيان الديناميكا) *

اي علم القوى المحركة المستعملة في العمون والصنائع

* (الدرس الاول) *

في بيان القوى المستعملة في الصناعة التي من جملتها القوة الانسانية وفي اتجاهات تلك القوة المكتسبة من طاسة البصر

اعلم أن الديناميكا علم يبحث فيه عن محصولات القوى المحركة وتطبيقها على الفنون والصنائع

والقوى المحركة المستعملة في الصناعة نوعان * احدهما قوى الذوات المدركة اي الاجسام الحية وتسمى الحيوية * والثاني قوى الاجسام غير المدركة وتسمى

الجمادية ولندكر الاولى اولا مبتدئين منها بالقوة الانسانية ثم تتبع ذلك بالقوى الجمادية التي منها قوة التناقل وقوة الحرارة الموجودتان في الجاسدات والسائلات والغازات فنقول

(بيان القوة الانسانية)

هذه القوة لا تدخل لها في الصنائع زمن الطفولية الا انها تنمو في الانسان وتزداد بازدياد سنه حتى يبلغ حد الشبوية وهكذا الى ان يصير كهلا ويتكامل عقله ثم تأخذ في النقصان حتى يبلغ حد الهرم والشيخوخة ويصل الى ارضل العمر وهذا ما لم يعرض له عارض او يحمل به مرض يفضى به الى الموت قبل انتهاء قوته التي يمكنه استعمالها في الصناعة

وكذلك العقل وقوة الادراك فانهم يزدادان في الانسان حتى يبلغا منتهاهما ثم يأخذان في النقصان شيئا فشيئا الى انقضاء اجله الطبيعي والعقل يدرك العلوم والمعارف بواسطة الحواس الخمسة ويتقوى بملازمته تلك المعارف وممارستها حتى يصل الى تمييز نسب الاشياء وادراك ما بينهما من الاختلاف والتفاوت وهذا هو العلم والمعرفة

وبواسطة الحافظة يرسخ في الذهن ما يكتسبه من التصورات والبراهين والنتائج الا ان حافظة الحوادث اذا كانت في زمن الصغر حادة سريعة الادراك تأخذ في النقص قبل اوانه ما لم يهتم بشغلها على حسب القوانين واما حافظة البراهين فانها تتقوى وتزداد بازدياد العمر والتمرن على الملاحظة والمقابلة والتفكير

ولذا كان الانسان في حال صغره لا يحفظ الا ما يمر به من الاشياء الساذجية فتراه يحفظ ايام المواسم والمنزهات والمناظر الغريبة ونحو ذلك حفظا جيدا وليس في وسعه حفظ المتابعة الصعبة والبراهين الطويلة مع الدقة فن ثم كان تصور عقل الانسان بقدر صغر سنه فكلما كان اصغر في السن كان اقرب الى تصور العقل فاذا تقوى عقله واخذ في الزيادة صار له قدرة على التفكير والنظر الدقيق والاستنباط

ومن هنا يمكن أن بعض الامم تمكث في الجهالة عدة قرون ثم تصير فيما بعد ذات معارف وفنون فكانها خرجت بذلك من حالة الطفولية والصفر الى حالة الرزانة والكبر

وكثير من الامم من هو على العكس من ذلك حيث تأخذ قواهم العقلية في التناقص شيئاً فشيئاً حتى يتجردوا عن حلية المعارف وتنكشف من بينهم شמוש المعرفة فمثلهم كمثل شيخ طعن في السن وكلما تقدم في العمر تأخر في العقل فهم لا يسرون الامن الاشياء التافهة الجزئية التي تسر الصبيان ولا يحفظون الا احاديث طفوليتهم وحوادث صباهم حتى يصلوا بالتدريج الى درجة الحق المغفلين

فعلى ذلك يكون اعظم ما يمس به الانسان في خدمة وطنه هو بذل جهده فيما يكون به منع هذا الاخطا والاضمحلال الذي لم يزل موجودا عند بعض امم آسيا الى الآن وكذلك امة الرومان حيث حل بهم من ذلك ما اوجب الحزن والاسف عليهم

وحين كانت فرانس في زمن شبويتها وشدة عنفوانها مكثت زمنا طويلا وهي موصوفة بمثالب الطيش وغيوب الشبوبة ثم شرعت الآن في السن الذي فيه يتكامل العقل ويتقوى الادراك اذ لا ريب أن اهلها الآن بلغوا في المعارف والتمدن درجة لم يحوزوها في غير هذا العصر

وقد عايننا هذا التقدم علينا بالخط الاوفر فعلى أن نجتهد على حسب ما يتيسر لنا من الوسائط والطرق ونسعى بقدر الامكان في تكميل اهل بلادنا بتوسيع دائرة المعارف على مدى الايام بين هؤلاء الناس الذين اقتضت الحكمة الالهية اجتماعهم وربطهم بروابط حب الوطن والعشيرة

واقول قاعدة ينبغي عليها استكمال القوى العقلية ونجاح استعمال القوى الطبيعية اي الحسية هو استكمال الحواس اذ بها يعرف ما بين الكائنات من النسب والعلاقات

وكما أن الحواس الخمسة التي هي البصر والسمع واللمس والشم والذوق يهتدى

في تطبيق الهندسة على الفنون

بها العقل في اجراء عمليات الفنون كذلك الفنون ابدت ما لا يحصى من
المبتدعات التي بها تزداد قوة تلك الحواس وتنوعها وكما لها وذلك أن الفنون
المستظرفة تلمظها وتوسع دائرتها والفنون العقلية تكسبها ضبطا ونباهة
والفنون الميكانيكية تورثها السرعة والنشاط في العمل
فحينئذ جميع الفنون تمتد الحواس وتعينها على اكتساب المعارف العالية
بالتدريج وذلك من فوائد كمال التمدن بل هو الثمرة المترتبة عليه والغرض
المقصود منه

وانشرع الآن في تفصيل ما اكتسبته الحواس من الفنون مبتدئين منه بما
اكتسبته حاسة البصر فنقول

قد اخترعوا انظارين بهما تصيرا لاشياء الدقيقة التي لا تكاد تحس بحاسة البصر
بحيث ترى مع السهولة فبواسطة ما يبصر الانسان اشياء جديدة كانت تخفى
عليه قبل ذلك ويقف على بعض دقائق في تركيب اعضاء الحيوانات
والنباتات والمعادن كانت ايضا خفية عليه وقد وصل بواسطتهما في الفنون
المستظرفة كفن النقش مثلا الى ما لم يمكنه الوصول اليه بمجرد النظر
وبلغ بهما في الفنون العقلية درجة كمال حتى وقف على بعض دقائق
الكائنات فاطلع في تركيب الاعضاء الانسانية وتشعب الاعوية الدموية
واللنفافية ونسيج الالياف العضلية والعصبية على ما كان لا يمكنه الوقوف عليه
بدونهما واستعان بهما ايضا في الفنون الميكانيكية على تحسين محصولات
الصناعة واتقانها اذ بدون النظارة لا يمكن للساعاتية أن يصنعوا الكرونومتر
اي قياس الزمن وتقسيمه الى ساعات ودقائق وتوان مع غاية الضبط على المينا
الصغيرة الحجم جدا وما ذاك الا لضبط حركة الطارات المضرسة المتعشقة
بعضها على وجه عجيب بحيث يتيسر لها التحرك والدوران في مثل هذه المسافة
الصغيرة

واخترعوا ايضا آلات اخرى لتقريب الاشياء البعيدة وجعلها محسوسة بمعنى
أن التأثير الحادث عن تلك الآلات في النظر بواسطة الضوء يصيرها قابلا لان

يحدث عنه تصادم وانعكاس تتحرك به حاسة البصر ويضطرب به النظر وذلك كالنظارة الفلكية والنظارة المعتادة اى الطويلة اذ بواسطتهما استكشفوا النجوم السيارة وذوات الذنب وغيرها من الكواكب التى كانوا لا يعرفونها قبل ظهور تلك الآلات وبواسطتهما ايضا اتسعت المسافات للناظر بحيث يبصرهما على البعد ما لا يبصره بدونهما فيعرف ما يجتنب من ذلك وما لا يجتنب ولتلك الآلات عند البحرية منفعة عظيمة حيث يبصرون بها السواحل والصخور التى توجد فى البحر والسفن الاهلية والاجنبية وتستعمل هذه الآلات ايضا فى القوافل والجيوش لتمييز العدو من غيره ومن قبيل تلك الآلات ما يستعمله الناس فيما بينهم لتقريب الاشياء البعيدة ورؤيتها بجميع اجزائها وتفاصيلها وذلك كالنظارات التى يستعملونها فى الفرجة ونظر الاشياء المرغوبة فانها تقرب للناظر الذى باقصى محل من مكان اللعب ما يبدو على تقاطيع وجه اللاعب من حركات عضلاته واختلاف تشكلاته ولو كان ذلك فى غاية الصغر والدقة

ولا يخفى أن قوة حاسة البصر متفاوتة فى جميع الاشخاص بل وفى الشخص الواحد على حسب اطوار سنه فلذا جبرت الصناعة هذا الخلل باختراع آلات مخصوصة لذلك فبواسطة نوع من النظارات يقرب للبصر الذى لا يبصر الا من مسافة قصيرة ما بعد عنه من الاشياء التى لا يبصرها بدون الآلة لا بعسر ومشقة وبواسطة نوع آخر منها يبعد عن البصر الذى لا يبصر الا من مسافة طويلة ما قرب منه من الاشياء التى لا يبصرها الا على بعد

وبالجمله فيلزم لحفظ هذه الحاسة أن لاتصل اليها اشعة الضوء الا من مسام زجاج يضعف بلونه لمعان تلك الاشعة وقوتها وهذه اعظم منفعة عادت على البصر من اتساع دائرة الفنون والصنائع

وقد ترتب على اتساع دائرة الفنون ايضا مثل هذه المنفعة لحاسة السمع فان الانايب او الابواق السمعية هى للاذن بمنزلة النظارات للعين وللاذن ايضا مكرسكوب (اى آلات تعظم الصوت) فقد اخترع لايشوى احد مهرة الاطباء منذ مدة يسيرة آلة من هذه الآلات واستعملها فتجس فى تطبيقها

* وكيفية استعمالها أنه وضع احد طرفي هذه الآلة التي هي عبارة عن موصل سمى على صدر مصاب في اعضائه الباطنية او على قلبه وجعل طرفها الآخر في اذنه فسمع بواسطتها حركات كان لا يمكنه سماعها بدون تلك الآلة على هذا البعد

فبناء على ذلك اذا اراد الانسان أن يخاطب من كان معه في منزل واحد لكنه في جهة اخرى من المنزل على بعد منه استعمل لذلك موصلات معدنية تمتد من موضعه الى موضع من يريد خطابه بأن يتكلم في احد طرفي الموصل بصوت منخفض بحيث يسمعه المخاطب من الطرف الآخر وهذه الكيفية كان رؤساء العمارات الكبيرة تصدر عنهم الاوامر للعملة البعيدين عنهم ويجيبونهم بدون أن ينتقل احد منهم من موضعه وهذه الطريقة متيسرة لكل احد

وقائدة البوق أنه يورث حاسة السمع قوة كافية من مسافات بعيدة فمن ثم ترى ضباط البحرية يأمررون من دونهم بالاوامر ويجيبونهم عنها وهم على جوانب السفن الحربية مع ما يحصل من العساكر من الغناء والاضطراب وصفير العواصف وضرب الشراعات في بعضها وعجيج البحر وخيره

و ينبغي أن يكون نثير الصيادين والعساكر الخفيفة مثل هذه الابواق في توصيل المخاطبات على الوجه المذكور مع الغناء وكثافة الاجبات

ومن هذا القبيل المنابر والمدرجات المحكمة الصناعة فانها بالنسبة الى الخطباء والوعاظ في المجمع الحافلة بمنزلة الآلات التي تستعمل في توزيع الاصوات على السامعين بالسوية وبالنسبة الى السامعين بمنزلة الابواق الموصلة للاصوات وكذلك ما كان يستعمله قدماء ارباب الالعاب من الوجوه المستعارة فكانت من قبيل الابواق حيث كان يسمعون بواسطتها الحاضرون في محل اللعب على حد سواء

ولنتقل الى الكلام على حاسة اللمس فنقول انه يمكن تلطيف هذه الحاسة بعدة وسايط بأن نضع على بعض اجزاء البدن القابلة للاحساس الظاهري عدة مواد مؤثرة كثيرة او قليلة وذلك كالملايس فان من شأنها تقليل شدة التأثير الواقع على

البدن من الاجسام الخارجية ومن شأنها ايضا انها تجعل ما تحتها من اجزاء
البدن اكثر احساسا من غيره وذلك ناشئ عن نعومة البشرة التي تحدث فيها
عند وفاتها من مصادمة الاجسام الخارجية
ومن الوسائط المذكورة ايضا الحمامات وغيرها من سائر مواد التنظيف اذ بها
تزداد قوة الاحساس وتدرك باللمس ادنى تأثير
واما تعريض بعض الاعضاء للهواء فيضعف احساسها ويقل شعورها
بالتأثيرات

وقد ذكر المعلم موتيو في هذا المعنى عبارة مضحكة استنبط منها بفطنته
وجوده قريحته نتائج صحيحة وهي انه مر ذات يوم في فصل الشتاء على القنطرة
الجديدة فرأى شابا عريانا لا يلبس بشدة البرد ولا يتأثر منه فقال له كيف يمكنك ايها
الغلام أن تحمل شدة البرد وتكابد مشاقه وانت عريان فأجابه الغلام واحسن
الجواب قائلا وانت يا سيدي كيف تمشي في هذا الزمن الشديد البرد وانت
كاشف انفك وشفتيك وخديك وعينيك فقال موتيو لست اكشف سوى
وجهي فأجابه الغلام ثانيا انا كلي وجه حيث صرت بالاعتياد لا اتأثر من برد
والحر

واما حاسة الشم فيمكن بالصناعة زيادة قوتها ونقصها بأن يستر الانسان وجهه اما
بنقاب خفيف او كثيف ويضع تحت طاقى انفه قرنا يجذب اليه عدة مشعومات
يوصلها الى داخله فعلى ذلك اذا كان الانسان في ارض بها امراض معدية
وتتقب بنقاب من من العدو فان ذلك ان لم يمنع بالكلية تأثر حاستي الشم
والذوق من تلك الامراض نقص تأثيرها وقله

وكذلك حاسة الذوق فانه يمكن زيادة قوتها ونقصها بوسائط اصطناعية
فيجب على الانسان أن يلاحظ في صورة ما اذا أراد أن يحكم في الفنون على
بعض مواد اولية او على شئ من محصولات الصناعة بما تقتضيه حاسة ذوقه
أن تلك الحاسة ليست على حال واحد في جميع الاوقات بل تارة تكون في غاية
الضعف واخرى في غاية القوة والصحة

ثم ان موضوع علم الطبيعة هو البحث عن تركيب الحواس والالات التي تلطف ما يصل اليها من تأثير الاجسام الخارجية وذلك كالابتيك (اي علم البصر) وهو فرع من هذا العلم يخص حاسة البصر والاكوستيك (اي علم السمع) وهو ايضا فرع من ذلك العلم يخص حاسة السمع ولم يتعرض اهل هذا الفن الى وضع اسماء مخصوصة للاجزاء الاخرى التي تخص الحواس الثلاثة الباقية من فروع هذا العلم لانها كانت مجهولة لهم وقتئذ ويكفي ما ذكرناه في هذا المعنى من الطرق الاصلية الصالحة لتلطيف الحواس وتقويتها اجمالا فن اراد معرفتها تفصيلا فعليه بكتب علم الطبيعة فان هذا العلم قد بسط الكلام على هذه الاشياء مع غاية الاطناب والتفصيل لانها من موضوعه ومباحثه

وقد اظهرت لنا العلوم الطرق الخاصة الصالحة لتوسيع دائرة الحواس والتي تتوصل بها الى الوقوف على حقيقة جملة من الاجسام لكن بدون أن نعرف ما بينها من النسب لان ذلك يتوقف على معرفة الاقيسة واستعمالها فاذن نبحث من بين القوى الحسسية على قوة يصح أن نطلق عليها القوة الرياضية حيث بها تعرف اقيسة الاشياء ونسبها

واذا تتبعنا ما للحواس من التقدم والنمو الطبيعي من الصغر الى الكبر وجدنا للاقيسة مدخلية عظيمة في تكميل تصوراتنا وضبط احكامنا •

فانك اذا قابلت معلوما بمجهول توصلت بذلك الى معرفة المجهول فاذن كل مقابلة تستلزم قياسا وهذا القياس غير محدود بمعنى أنه في الغالب لا يصدق الا في صور مخصوصة وذلك منشأ لكثير من الخطا

ويكفي في الوقوف على هذا الخطأ معرفة مثال من الامثلة التي ذكرناها في حاسة البصر واسهل الاقيسة هو قياس شيئين متساويين لانه يعرف بالبداهة طبعاً وتساهل ايضا معرفة القياس في ابعاد الامتداد في صورة ما اذا كان القياس بتطبيق احد المتماثلين على الآخر وهو المستعمل عند ارادة مقارنة الخطأ

فاذا اردت أن تعرف طول مسطرة مثلاً هل هو مساوٍ لطول المتر مساواة صحيحة

مضبوطة اولا فضع المتر على تلك المسطرة فاذا وقع طرف المتر على طرفي المسطرة بدون زيادة ولا نقص عرفت انهما متساويان طولا وهذه الطريقة هي المتعينة في الفنون المطلوب فيها تمام الضبط في العمل ويشق على النظر أن يعرف المساواة بين شيئين في الطول والعرض والعمق بمجرد المقابلة بدون وضع احدهما على الآخر لان هذا يستلزم مدة طويلة للتدريب والتمرن حتى يصير للعقل استعداد وصلاحيه لمثل ذلك لكن الامر بخلافه فاننا قد وصلنا الى ادراك هذا الامر في اقرب وقت اما ترى الاطفال اذا خيروا مثلا بين تمرتين او كعكتين من نوع واحد يبادرون الى اخذ الاكبر منهما حجما بمجرد النظر واختيارهم للاكبر دون الاصغر انما هو بالتمييز الواصل الى قواهم العقلية بواسطة تأثير قواهم الحسية واما اذا اقتضى الحال أن الانسان يحكم دفعة واحدة بالمساواة بين جملة ابعاد بمجرد النظر فلا بد في ذلك من أن يكون عقله قد تمرن بكثرة التجارب وسبق له الحكم في صور شتى مختلفة وأن تكون حواسه قد تعودت ايضا على معرفة جملة عظيمة من الابعاد ووصلتها الى ذهنه دفعة واحدة وهذا التقدم قد يحصل للانسان من مبدأ أصغره الا انه يتأخر قليلا عن التقدم السابق فان الاطفال يعرفون حق المعرفة ما بين الشيتين من المشابهة او عدمها فيمكنهم بذلك بين صورتين من الصور البشرية مثلا ويميزون ما بينهما من التفاوت والاختلاف اتم التمييز بل ويعينون هذا التفاوت الذي هو عبارة عن العيوب كقولهم هذا قبيح المنظر او غير معتدل القامة او دميم الصورة او نحو ذلك

وفن الرسم الذي هو من جملة الفنون المهمة التي لها دخل في تربية الاطفال وتعليمهم عند من يريد ادارة المحال العظيمة للفنون والمعارف يحصل اكتسابه من تساوى اليد وانتظام اجزائها وكذلك من تعويد النظر على قياس الابعاد وعلى معرفة ما بين الصورة المرسومة والاصلية من النسب وللتلازمة في هذا الفن تقدم عظيم فانهم حين ابتدأهم في تعلمه يرسمون صور الاشياء رسما لا يقارب الصور الاصلية ومع ذلك متى كان بين الصورتين ادنى

مشابهة يظن التلميذ الذي لم يتعود نظره على قياس الابعاد أن ما رسمه على طبق اصله ولكن متى تعود على هذا الفن بأن تمرنت يده على الرسم وبصره على القياس ورأى أن رسمه صار مقاربا للاصل كثيرا وجد بين رسمه الاول واصله تفاوتا بينا لم يكن يخطر بباله حير كان مبتدئا في التعلم ولم يتعود نظره على القياس وبمعرفة التناوت المذكور على هذا الوجه الذي كان فوق طاقته اولا يتيقن أن حواسه صارت الآن آلات جيدة للقياس وحسن حالها عن الاول فيلحقه من تقدمه في هذا الفن وبلوغه فيه الى هذه الدرجة مسرة عظيمة وتزداد غيرته ورغبته في التعلم

واذا كان الطالب لا يمكنه معرفة ما بين الاشياء من المناسبات بدون موقف وجب على المعلم أن يعينه على معرفتها ويبين له انه بوصوله الى هذه الدرجة في التعلم يبلغ في التقدم الدرجة التي يؤملها وهذه اعظم طريقة في حث الصبيان على الغيرة والاجتهاد

وهناك معلمون لا يسلكون في تعليمهم مثل هذه الطريقة لسخافة عقولهم قترهم يظهر التأسف على عدم تحصيل الطالب ولا يستحسنون شيئا من رسمه الاول بل يذمونه ويقدرحون فيه فتتربذلك هممة الطلبة بعد الاجتهاد وتزول منهم الغيرة والنشاط فعلى المعلم أن يسلك في تعليمه غير هذه الطريق ولا يلوم تلامذته على رسمهم الاول فان تلك الاشغال الاولى عندهم لا تمدح ولا تذم وانما هي في اعتقادهم اسباب ووسايط تمرنت ابصارهم واعتدلت ايديهم في فن الرسم بالنسبة لمن دخولهم في محل التعليم

وبالجملة فاعظم الطرق في ترغيب الطلبة وحثهم على الاجتهاد والمواظبة على التعلم بدون سائمة ولا فتور همة هو أن المعلم متى رأى من تلامذته ادنى تقدم يبين لهم مع الاعتناء والاهتمام جميع ما اكتسبوه من المعارف وانهم بالتدريج يصلون في التقدم الى درجة اعظم من ذلك

وجميع ما قلناه في فن الرسم يقال في غيره من الفنون والمعارف التي الغرض منها تكميل اوصافنا الحسية التي يكملها تكمل اوصافنا العقلية ويقال ايضا في المعارف

المستصعبة النادرة التي يتوصل بها الطلبة الى تعلم جميع فروع الصناعة
وهنا امر يترتب عليه ضرر كبير بالنظر لذاته الا انه لم نعم به البلوى وهو أن حاسة
البصر في بعض الناس حين ابتدائهم في تعلم الرسم قد تفوق اليد تمرنا واعتيادا
فعلى ذلك تصل عقولهم الى ادراك الابعاد والصور والدوائر على ما ينبغي ثم
ترشد الايدي اليها ومع ذلك لا تأتي بها اليد الا ناقصة

ور بما ترتب على ذلك أن حاسة البصر تتأثر وتتألم من اختلال الرسم الصادر من
صاحبها وعدم توقيعه على الوجه المرغوب وهذا الاختلال يعرف بمعرفة سببه
وهو أن الانسان مادام نظره اكمل من يده في النثر عسر عليه معرفة فن الرسم
كما ينبغي فان هذا الفن كابدت فيه من المشاق اكثر مما عاديه على من المسترة
وانشراح الصدر

وقد يكون لحاسة البصر في بعض الاشياء درجة تقدم وكمال اعظم من ذلك وهي
وقوفها على حقيقة ابعاد الاجسام المتباعدة عن بعضها بأن نقيسها بواسطة
العقل فقط

وبذلك يصير الانسان في اقرب وقت له قدرة على رسم رأس مثلا موضوع أمامه
رسم مطابقا للصورة الاصلية واما اذا اراد رسم رأس لم يبصره الامرة واحدة
بدون أن يضعه أمامه حين الرسم فان لذلك طرقا واحوالا مخصوصة لا بد منها
لاصحاب هذا الفن ولو بلغوا فيه درجة الكمال وهذا الفن وان كان بهذه المثابة
الا انه كغيره من الفنون والمعارف يمكن تحصيله ومعرفة فان الانسان اذا رسم
هذه الصورة عدة مرات متوالية وهي موضوع أمامه فان خطوطها
وتقاطيعها ترسخ في ذهنه بحيث يمكنه أن يأتي بتلك الخطوط والتقاطيع في مرة
اخرى لا تكون فيها الصورة موضوع أمامه وبالجملة فتي تعود الماهر في هذا
الفن على رسم الاشياء بمقتضى صورها الذهنية يؤول الامر الى سهولة ذلك عليه
ويتدرب على مثل هذا العمل بدون أن يضع أمامه نموذجا يرسم بمقتضاه

ومثل هذه الصور يوجد كثيرا في جميع الازمان وسائر الاماكن وذلك كصور
الملوك المرسومة في المحال العمومية لاجل احترام الالهالي وكذلك على جميع

النقود الخاصة بجملة من الملل لاجل تمييزها عن غيرها من نقود مله اخرى ومن هذا القبيل ايضا ما يوجد في الاماكن المعدة للاحتفال واجتماع عموم الناس من التماثيل الناقصة والناقصة فهذه الصور عادة راسخة في جميع الازهار حتى ان اغلب الرسامين ~~ي~~كنهم رسمها بدون أن يتظروا الصورة الاصلية لانها مرسومة في اذهانهم رسما جيدا

وقد يتفق أن بعض الرسامين يرسم صورة ابيه او اخيه او صديقه بعد وفاته مع غاية الضبط وذلك ناشئ عما رسم في ذهنه من تقاطيع صورة الشخص الذي تمتع بالنظر اليه غير مرة

وقد لا يمكن للرسام أن يرسم الصورة على اصلها رسما مضبوطا كما اذا اراد أن يرسم صورة لص مثلا كان قد هجم عليه عدة مرات فانه يرسمه بصورة مهولة جدا ملاحظا في رسمه انه لص يمكنه قتل من صادفه وذلك لما اودعه في ذهنه من شدة التأثير والخوف المستمر

وبالجملة فالتمرن والممارسة تبلغ بهما القوى العقلية اقصى درجة في الكمال بحيث يمكن استعمال الحواس فيما اعتدت له فبناء على ذلك ينبغي للانسان أولا أن يعرف المساواة بين شيئين بوضع احدهما على الآخر ثم يحكم بالمساواة بينهما مقترقين بدون وضع لاحدهما على الآخر ولا يصل الى هذا الحكم الا بعد تحققه من حجمهما وصورتهم • وللاقيسة في هذا المعنى مدخلية عظيمة ومنفعة جسيمة

فاذا قسنا عدة مرات جملة من الاجسام المختلفة الابعاد فان حجمها المعبر عنه بالقياس يرمخ في اذهاننا بمعنى انها تكون مستحضرة في الازهار بعد مشاهدتها في خارج العيان

مثلا اذا رأى الانسان عمارة وعرف بمجرد النظر الى اطولها وارتفاعها وامتداد جميع اجزائها فان ذلك ليس ناشئا عن مطلق النظر ومجرد الرؤية بل منشأه تصورها واستحضار صورتها على وجه هندسي بحيث يمكنه رسمها فيما بعد بدون أن يراها

وفي الغالب أن ارباب الاسفار التي الغرض منها معرفة آثار الامم ومبانيهم
ومحصولاتهم الصناعية محتاجون لان يمتحنوا حواسهم وعقولهم على القياس
بالوجه السابق فقد اتفق لي أني مررت بعمارات ابريطانيا الكبرى الجهادية
والبحرية وكنت غير ما ذون بقياسها ولا بقياس آلات الموجودة في ترسانات
تلك المملكة فاضطرت الى قياس هذه الاشياء بالنظر وحفظ ابعادها وصورها
في العقل فعبثت بالاعداد عن اشكال المباني والتراكيب الميكانيكية التي
اذن لي برؤيتها ثم رسمت على الورق جميع ما قسمته بنظري وحفظته في ذهني
فعلى الطالب أن يجتهد في هذا العمل العقلي فان من جد وجد وبقدرا لاجتهاد
يصل المرء الى ما اراد وتظهر له ثمرة ذلك اذا اطلع على عمارات عظيمة ولم يمكنه
قياسها بالنظر اما لكونه لم يؤذن له باخذ قياسها بالآلات او لكونه لم يجد لذلك
فسحة من الزمن

وبالجملة فحاسة البصر لها اعمال اخرى عظيمة النفع بقدر ما تستعمل فيه من
الوظائف ولتقتصر من ذلك على فن الحرب فتقول

اني الى الان لم اتكلم الا على حجم الاجسام وصورتها ولم اتعرض للكلام على
المسافة التي بينها وبين الناظر مع أن معرفة ذلك من اهم الامور وأكدها
اذ بمعرفة تعرف بعض العمليات العظيمة الصادرة من الحواس التي هي بمنزلة
آلات القياس فان المسافة التي بين الناظر والجسم المنظور اذا كانت قريبة
كان حجم ذلك الجسم كبيرا في رأي العين واذا كانت بعيدة كان حجمه صغيرا
فعلى ذلك يجب علينا أن نعرف حق المعرفة القياس الذي تدركه الحواس من
منظر ظاهر الجسم المحسوس وبالتجربة المكتسبة من هذه المعرفة نجانب الخطأ
في كثير من الاحوال

ومن المعلوم أن الاجسام بحجم الثور او الفرس او الانسان لا يتغير حجمها
ولا ينقص مقدارها ببعداها عن الناظر بل هي ذات حجم واحد سواء كانت
المسافة التي تفصلها عن الناظر صغيرة او كبيرة
واعظم من ذلك كله التعود على قياس حجم جسمين مختلفين في البعد عن الناظر

فاذا تعودت حاسة البصر من انسان على مثل هذا النوع من القياس عرف حق المعرفة الاكبر منهما مجما ولو كان ابعاد الجسمين مسافة اى انه يظهر في رأى العين اصغر صورة من الآخر

فعلى ذلك اذا رأينا سراية متسعة من خلال لوح من الزجاج لم يصح أن نقول أن هذه السراية اصغر من لوح الزجاج المحيط بصورة تلك العمارة وانما نحكم بأن المربعات الصغيرة التي نراها بعسر في شباك السراية البعيدة منا ينبغي أن تكون متساوية الابعاد بالنسبة الى هذا اللوح القريب منا الذي بواسطته تكون صورة تلك العمارة كبيرة في رأى العين وعلى فرض أن الخواص تخطئ في هذه الحالة فالعقل بواسطه النتائج القوية يقف على الحقيقة وان كانت بمقتضى الظاهر خفية مجهولة ففي مثل هذه الصورة ينوب العقل عن الخواص في قياس حجم الاشياء وصورتها

وللرسامين في رسم العمارات على غير النسب العادية طريقة سهلة بدیعة يعرف بها حجم العمارة المطلوب رسمها وهي انهم يرسمون جسم ما معلوم الابعاد بحجم رجل مثلا ويجعلون ذلك وحدة قياس فمقابلته نسبة حجم هذا الجسم بحجم العمارة يعرفون قياس العمارة

وفي مملكة ايطاليا مدن بها تياترات عظيمة معدة لجميع انواع الالعب كالالعب المنظومة والرقص ونحو ذلك فتجد فيها بين ارباب اللعب من الشبان وحجم محل اللعب وما به من الزخارف والزينة نسبة تامة وكذلك الزخارف التي بها متناسبة على حسب درجات المنظر الخطي والمنظر الشعاعي حتى ان الانسان اذا دخل ملعبا من تلك الملاعب يرى بمجرد النظر انه داخل في ملعب صغير ويرى بمجرد رفع الستارة المزخرفة أن اللاعبين شبان صغار ولكن اذا دخل الى ما وراء الستارة تعجب من كون هؤلاء الشبان يظهرون بمظهر الملوك والامراء على صورة الفداوية كما يظهرون بمظهر اغاemenون واشيل وهرقول وغيرهم مع انهم دون الذراع في الطول وهذا من فوائد علم النظر الذي به تكبر صور الاجسام عن حجمها الحقيقي

وفي مملكة إيطاليا ايضا فائدة اخرى تتعلق بالاجسام التي تكون صورتها في رأى العين أصغر من حجمها الحقيقي على عكس ما تقدم وذلك أنه يوجد في كنيسة مارى بطرس المتسعة التي بمدينة رومة تماثيل وصور من خرفة مرسومة على قياس اكبر من قياسها الحقيقي ومناسبة لابعاد البواكى والابغال والاعمدة فاذا فرضنا في مبدأ الامر أن الصور البشرية كلها المقدار الطبيعي لا تتجاوزه فموجب هذا الفرض القاسد يكون للعمارة المطلوب قياسها ابعاد عادية على قدر الكفاية ولكن اذا مَرَّبْهذه العمارة رجل او امرأة ظهر للناظر أن ما رآه كبير في الحجم وباتحاد النسب يصير للعمارة منظر كبير حقه أن يكون ناشئا عن الانتظام في الحجم وقد اتفق لى مثل هذه الرؤية حين طفت بعمارة كبيرة الحجم متضاعفة المقدار لا يمكن تخطيطها ويرااد وصفها على الحقيقة

واذا راينا شيئا من بعد ولم نعرف لصورته حدا ثم قرب منا او قيل لنا انه انسان فاننا في الحال نميز رأسه وجسمه ورجليه وذراعيه وغير ذلك مما كان خفيا علينا لانه في مثل هذه الصورة ينوب العقل عن الحواس فيكمل الصورة التي لم تدركها حاسة البصر على حقيقتها

وكذلك اذا ابصر الانسان خطا مكتوبا على حائط من مسافة بعيدة ولم يقف له على حقيقة وقرأه انسان آخر قريب منه فانه بمجرد سماعه يعرف كلمات هذا الخط وحروفه بعد أن كانت مهمة عليه قبل القراءة ولم تكن في رأى عينه الا مجرد صورة غير متميزة

واذا كان الجسم يقرب ويبعد عن الناظر وليس ملازما لحالة واحدة بمعنى أنه لا ظل له ولا لون فانه لا يقف له على حقيقة فلا يدري هل هو باق على مسافته من البعد او تغيرت وهل هو يكبر او يصغر وهذا ناشئ عن الخطا الذي يعرض للحواس ليلا وبضعف قوة الادراك عن معرفة تغيرات مواضع الاجسام نصير في كل وقت عرضة لاختار نخشى منها على انفسنا ولا يمكن للعقل منعها عنا بطريقة من الطرق ومن هنا ينشأ الخوف والفرع من الظلمة لاسماع عند الصبيان والنساء والجهلة اى ضعاف العقل من الناس ويتولد منه ايضا الخوف من

الحيوانات المفترسة ونحوها مما يتخيله الانسان من الاشياء المخوفة التي يتوهم انها تقفواثره ليلا وهذا انما يكون عند جهلة الناس الباقين على اصل الفطرة بخلاف الملل المتدنة صاحبة المعارف فان مثل هذا الخوف عندها انما يكون في الاطفال والحواضن

ولا جل اعانة حاسة البصر وجبر ما نقص من قوتها بحث الناس الملازمون للظلام عما يقفون به على حقيقة الاصوات التي تصل اليهم من الاجسام الغير المرئية لهم هل هي تزيد او تنقص فاستعملوا لذلك آلة سمعية يعرفون بها الاصوات مع التعب والمشقة الا أن عقولهم لما داخلها من الفرع والرعب لا تبقى ما تدركه حواسهم على حقيقته فان الخائف يتخيل أنه يسمع اصواتا لا وجود لها وكذلك يتوهم أن الآفات محدقة به من كل جانب فيرداد بذلك فزعه ورعبه

ومن هذا القبيل من ارتكب جنایة فانه يشتر خوفه من الطلثة ويرى دائما أن المجنى عليه أماسه وكلما سمع صوتا توهم أنه صوت القتل ومثل ذلك يؤثر في حواسه ويزيده رعبا وتوارد عليه تخيلات كثيرة ولكن متى أصبح الصباح رأى جميع ما حوله من الاشياء التي كان يتخيلها ليلا على صور مهولة غير معهودة له باقيا على حقيقة الاصلية فيسكن روعه وتطمئن نفسه شيئا فشيئا حتى لا يبقى عنده من تأثير ذنب الجنایة الا مجرد التأسف والندم الذي هو دائما عقاب للقلوب التي لم تراع حرمة الفضيلة بل نسبت شعائر الامانة فهذه هي نتائج خطاء الحواس الطارئ عليها من بعد مسافة الاجسام ومنظر الاشياء

وايضا اذا ظهر ضوء النهار عرفنا الاجسام وميزناها على حقيقتها وادركناها بمجرد رؤية حجمها الطاهري عدة اجزاء منها ادراكا نانيا فاذا رأيت الوانها قد اخذت في الضعف والتناقص وظلمها في الخفاء وعدم الطهور وتناقصت ابعاد صورته فلا تقل ان ذلك نقص في الاجسام المرئية وتغير في صورها الحقيقية وانما هو ناشئ عن ازدياد المسافة التي بينك وبينها مع بقاء الاجسام على حقائقها

وبإخلة فعلم المنظورات قد يقع حاسة البصر في الخطأ بمعنى أن الاجسام تظهر به في رأى العين على وجه بحيث ينشأ عن روية حجمها ولونها رتكاث ظلمها لذاظر تأثير به يظن انها على مسافات غير مسافات صورتها الحقيقية وصناعة زحرفة الملاعب التي بلغت في عصرنا هذا مبلغا عظيما متوقفة على معرفة تناقص المسافات والالوان والظلال فان تلك المعرفة من جملة المعارف التي لا بد منها في صناعة التصوير ورسم المنظورات ونقش الاجسام الصغيرة قليلة الظهور

وهناك معرفة اخرى اهم مما تقدم في عدة صور وهي ادراك حجم الاجسام الحقيقي ومسا فاتها والحكم عليها بمجرد النظر بدون خطأ في النظر ولا في المنظور فن صور ذلك أن الانسان اذا كان مسافرا في البحر وتبعه العدو فانه يعرف بعده عنه وحجمه وقوته وملته حق المعرفة ولو كان منه على بعد عظيم وامان لم يعود نظره على هذا النوع من القياس فانه اذا رأى في الافق نقطة سنجابية ظن انها العدو ولم يقف لها على حقيقة

وكذلك الحروب البرية يلزم فيها تعود النظر على هذا النوع من القياس فينبغي للانسان فيها أن يقف على مسافة مناسبة بالنظر لانواع الاسلحة التي تستعمل في تلك الحروب ليكون للمرمى بها فائدة عظيمة ويجب على الضابط المنوط بضرب النار أن يعرف هذه المسافة حق المعرفة ويحكم عليه او يقيسها مع الضبط بنظره وقوة عقله لا ييده فيرمى العدو في الوقت المناسب للمرمى ومثل تلك المسافة يسهل قياسها بالاسلحة القريبية المرمى كالطبنجة والبندقية ونحوهما بخلاف البعيدة المرمى على اختلاف انواعها كالاخوان الكبيرة والصغيرة والمدافع المختلفة في الطول وفي الحشوة (المعروفة بالفشنك) فانه يعسر القياس بها فيجب على ضباط الطوبجية وضباط الجيوش الخفيفة أن يعرفوا قياس المسافات سواء كانت صغيرة او كبيرة معرفة جيدة حتى يمكنهم في وقت المعركة وشدة الالتحام اخذ المواضع المناسبة وضرب الثيران وابطالها عند الاقتضاء مع الضبط والسرعة

والوسيلة الى هذه المعرفة النفيسة هي المداومة على قياس المسافات المتنوعة في السهل والجبل

ويجب على رؤساء الورش الكبيرة والكرخانات الصغيرة أن يعودوا وانظرهم على قياس حجم الاجسام وصورتها بمجرد النظر قياسا صحيحا حتى لا يحتاجوا الى الطريقة البطيئة باستعمال المسطرة والبرجل في القياس فانهم متى تعودوا على القياس بالنظر عرفوا محصولات صنائعهم وشغل الشغالة هل وفي بما يلزم عمله ام لا والا فلا قل من كونهم يعرفون هل تلك المحصولات تناسب من صنعت لا جلهم ام لا

وبالجملة فن جملة نتائج التمدن وفوائده عند كل امة من الامم استكمال حاسة البصر وغيرها من الحواس بالتربية والتعود

ومما يدل على ذلك اتنا اذا ارسلنا الى امة من الامم المتبربرة اقبح ما يوجد عندنا من الصور فانها تعد تلك الصورة من اعظم الصور الطريقة على حسب ذوقهم وعدم تقدمهم في الفنون وهذا نوع عظيم من التجارة عند صغار الصناعاتية الذين لم يتقدموا في صناعة النقش والتصوير ومثل هذا التفاوت ناشئ عن تعويد النظر على الاشياء وممارستها بحيث ان ادنى شخص من الامم المتقدمة بتعويد نظره على حسب حاله يدرك ما لا يدركه المتبربر الخشن

وبالجملة فكل امة تقدمت في التمدن فانها تعرف اشغال اسلافها وتحكم عليها فهي كالمبتدى في تعلم فن الرسم فانه متى تقدم في ذلك الفن عرف رسمه الاولى وحكم عليه بعدم الصحة

فلو صادفنا احد المصوريين بباريس الذين يطوفون في الاعياد والمواسم وايام البطالة بمرآة لوورة ولو كسنبورغ ولم يكن من المتقدمين في هذا الفن وسألناه هل ما وجدته في تلك المحال من تماثيل ابولون وهرقول وديانة اشد شبا بالصور البشرية الطبيعية من تماثيلها التي على ابواب كنيسة سنت جرمان ام الامر بالعكس لاجاب فورابانه قد دهش وتعجب غاية العجب من التماثيل الاولى وأنه اذا قابلها ببعضها ظهرت له التماثيل الثانية مجرد اجار

خشنية غير منتظمة الصناعة مع أنها كانت عند القدماء من اعظم الملح وانظر فيها حتى ان ملوك ذلك العصر ورعاياهم كانوا يتعجبون غاية العجب من مصوريها كيف امكنهم أن يأتوا بما يشبه الصور الطبيعية فهذا التفاوت انما نشأ من تقدم حاسة البصر في بلاد فرانس من عصر التوحش والخشونة الى عصرنا هذا

واذا ارسلت الدولة الفرنسية الى بلاد ايطاليا جماعة من صغارا المصورين والنقاشين والبنائين فليس الغرض من ارسالهم الى تلك البلاد مجرد اخذ صورة بعض المباني والقصور والتماثيل بل الغرض من ذلك ايضا هو انهم يعودون ابصارهم بروية ما ظهر على وجه الارض من الفنون المستظرفة في هذه المملكة قديما وحديثا حتى تتمكن حواسهم من تلك الصور وترسخ في عقولهم بحيث اذا رجعوا الى بلادهم يمكنهم نشرها واظهارها بين ابناء وطنهم فقد عرفت أن كل امة يمكنها استكمال حاسة البصر بالممارسة والاجتهاد فمن ثم كان المصورون والاهالي يتنافسون في تحصيل المعارف والفنون

فاذا صدق المصورون ولومرة واحدة كانوا بذلك قدوة للاهالي وز بما وقضوهم على نموذجات صحيحة كاملة لا يمكن لمهرة علمائهم ادراكها والوقوف على حقيقتها وكل من هذه النموذجات يزيد حاسة البصر ويمدّها بالقوة والكمال عند الناظرين فلذا كان كلما تكاملت الفنون تقوى رغبة الاهالي ويزيد اجتهاد المصورين حتى يحوزوا فضيلة التقدم على الاهالي قهرا عنهم وهذا التقدم المشترك في المعارف بين الاهالي والمصورين لم يثمر ثمرة عظيمة الا عند امة اليونان في الاعصار السالفة وعند الايطاليين في اواخر القرون الوسطى وها هو الآن شارع في النمو والزيادة عند الفرنسية فيجب على كل من المصورين والعلماء الماهرين أن يبذلوا جهدهم في اعانة هذا التقدم بالمواظبة والاجتهاد وقد تصدى لذلك بعضهم ونجح فيه بنجاح يرحى تقعه والذى اكسب الفرنسية الميل الى الفنون المستظرفة هو احد المصورين

بمفرده وذلك أن ما أبداه هذا المصور من محاسن صناعته انساهاهم ما كانوا يتعجبون منه من تصاوير القدماء الخشنة وقد تخرج عليه جيرانه وچيروديت وغيروس وغيرين وغيرهم من تلك الطائفة المتأخرة فليس منهم احد الا واستفاد من دروسه وامثاله وكان هذا المعلم الصعب اذا اطلع على اشغال تلامذته في هذا الفن يظهر ما فيها من الخطأ ولو كانت في عين الاهالي من اعظم الملح واظرفها بدون أن يراعى في ذلك خواطرهم او يخشى بأس احد منهم ويمثل هذه الطريقة يمكن للرسم الماهر أن يبلغ التلامذة على يديه اقصى الدرجات في هذا الفن وبواسطتهم يصل سائر الاهالي في ذلك الى مثل هذه الدرجة

وقد حصل لفن البناء ما حصل لفن الرسم من التقدم واتساع الدائرة وحسبك دليلا على ذلك مقابلة ما حدث في سائر الجهات من البيوت الساذجية الحسنة المنظر بمباني القرن المتأخر وما قبله ففي ذلك ما يقضى بتقدم هذا الفن وبلوغه في الحسن درجة لم تكن له قبل ذلك وكذا عمارات اسواق سنت جرمان ومباني موبيرت فانها الظرافة شكلها وحسن تناسبها اشبه شيء بعمارات اليونان القديمة ومما يدل على ذلك ايضا ما تجدد في شوارع مدينتي كاستيليوم وريوولي من العمارات ذات الابواب الشامخة فانها جدرة بأن تنظم في سلك مباني رومة وفلورنسه وكذلك العمارة الجديدة المسماة البورس (وهو مجلس التجار بباريس) فانها تذكرنا عمارات برويله وبروتون في لطافتها وحسن منظرها وبالجملة فهذا التحسين ظهر في جميع المباني الافرنجية نظهورا تاما بل وكذلك في جميع محصولات الصناعة وقد برع الفرنسيون في ذلك وفاقوا اسلافهم بل والدول الاجنبية في الفنون والمعارف بواسطة فن الرسم واستكمال حاسة البصر فيهم ومع ذلك ينبغي الاعتراف بانهم لم يبلغوا في التحصيل الدرجة القصوى لما أن التكميلات المترتبة لسائر الفنون لا يمكن حصرها فعلى ارباب الصنائع من الفرنسيين ان يسارعوا الى هذه التكميلات ويضيفوا الى ما عندهم من الفنون ما يظهر لهم من التحسينات المستترفة التي هي زينة

البلاد المتقدمة

وعليهم ايضاً أن يقبلوا الاقيسة الصحيحة المضبوطة ويذعنوا اليها حسب الامكان
وأن لا يقيسوا الاجسام بمقتضى ما يظهر من حجمها فقط بل لا بد ايضاً من قياس
نسبها ومعرفة ما بين تلك النسب من الاختلاف والتفاوت او التشابه وأن لا
يستحسنوا الا ما استحسنته العقل ويبدلوا الجهد في تحسين اشغالهم بحيث
يستنسبها ويقضى بحسنها ويجهدوا في اعمالهم حتى يصير لهم المام بصحة كل
فن وخبرة بنسبه وانتظامه ثم يثبوا ما اكتسبوه من المعارف الجديدة باقاضتها
على من جاورهم والقائمها الى تلامذتهم ليعملوا بمقتضاها في اشغالهم والى
الاهالى كافة ليذكروا نظرافة الاشغال ويعرفوا مقدارها وتحل منهم تلك
المعارف الجديدة محل القبول وانما اوردنا ذلك رغبة في نفع الناس وحملهم على
الغيرة والمنافسة في تحصيل الفخار وما يعود على الوطن بالمنفعة

والى الان لم نستوف الكلام على جميع ما يناسب حاسة البصر من انواع
التكميلات وانما ذكرنا ما بين هذه الحاسة وصورة الاجسام من النسب فقط
وكيف يمكن استيعاب جميع النسب التي بين البصر والاجسام حال تحرر كهائى
حين ظهورها للنظر على عدة احوال اذ لو تصدنا لذلك لجرنا الى الاسهاب
واخرجنا الى تفاصيل كثيرة يطول شرحها فان انواع الحركة كثيرة كحركة الحياة
التي نعيش بها والحركة التي نعرف بها حياة الاجسام الحساسة والحركة التي تؤثر
في حواسنا وبها تحصل لنا المعارف والحركة التي تجرنا الى ارتكاب الخطأ
في الافعال والاحكام

وينبغي لنا أن نعود حواسنا على قياس الحركة كما نعودها على قياس الامتداد
ويمكن التوصل الى هذه العملية المهمة باعانة الزمن فيلزم اذن للعقل والحواس
معرفة الزمن والمدة بحيث متى رأينا جسماً يقرب او يبعد عن اجسام اخرى
عرفنا معرفة صحيحة المسافة التي يقطعها هذا الجسم في زمن معلوم او الزمن
الذي يقطع فيه مسافة معلومة ولا ينبغي أن تقتصر في معرفة الحركات والحكم
عليها على ما نشاهده منها وقت حصولها فقط بل يجب معرفة قياسها واحوالها

وحفظ ذلك في الازهان بحيث يمكن مقابلتها بغيرها عند الحاجة
واغلب عمليات الفنون والصنائع تحتاج الى هذه المعارف المضبوطة اذ من
الصناع من يلزمه ان يعرف درجة السرعة التي تلايم الدواليب التي يستعملها
في سن آلاته وصقل السطوح وعمل الفخار والبلور والصيني بدون أن يحتاج
في معرفة قياس حركاتها الى ساعة كبيرة او صغيرة رمنهم من يلزمه أن يعرف
السرعة التي تلايم آلات صناعته كالمنشار والقارة والمكول ونحو ذلك وانما مثلنا
لذلك هذه الامثال العادية ليعلم أن هذه المعارف لا بد منها في سائر فروع
الصناعة

وقد يحتاج الانسان في كثير من عمليات الصنائع الى الاستعانة بالآلات المعدة
لقياس الزمن فحينئذ يلزم لكل امة تقدمت في الصناعة أن يكون عندها اقيسة
صحيحة للزمن كما يستفاد من التاريخ

فقد كان سلف الفرنسيات في عهد ملكهم كرلوس مانوس الذي لم تكن فيه
الصنائع متسعة الدائرة كهذه الاعصار لا يعرفون الاوقات الا بارتفاع
الشمس على الافق كما هو عادة اهل الارياض الآن واقل ساعة دقاقة وجدت
في مملكة فرانساهي الساعة التي اهداها الخليفة هارون الرشيد الى
ملك فرانسالمذكور ثم اخذت المدن الاصلية من هذه المملكة في تحصيل
ساعات من هذا النوع وكانوا اولاً يعرفون عدد الساعات بضرب النواقيس
فلما عرفوا الساعات الدقاقة صاروا يعرفون باصواتها المتنوعة وضرباتها
المختلفة عدد الساعات وانصافها وارباعها ثم اخترعوا الساعة عقريين احدهما
لعدد الساعات والاخر للدقائق في سائر الاوقات

وترتب على صحة قياس الزمن وضبطه فوائد عظيمة في ترتيب المصالح العامة
والخاصة وكذلك في اشغال الصناعة الا أن هذا القياس لما كان خالياً
عن الجدوى بالنسبة لمن لا يتيسر له سماع هذه الساعات ولا رؤيتها كالسياح
والشغال والعالم وغيرهم ممن يتفرغ لشغله او يمنعه عن سماعها كثرة اللغط او لا
يمكنه الانتقال من محل شغله الى المحل الذي به تلك الساعات خطر لهم أن

يختصر عواساعات صغيرة يمكن حملها الكل انسان ليعرف بها قياس الزمن ويتيسر
 له بها معرفة الاوقات مع الضبط في سائر الازمان والاما كان ويمكن بها المن
 كانوا في اطراف مدينة كبيرة او في مدن مختلفة وتواعد واللا اجتماع مع بعضهم
 في محل مخصوص ووقت معلوم لقضاء اوطارهم او لمجرد الحظ والموانسة أن
 يحضروا في الوقت المعين بينهم ومن فوائد هذه الساعات ايضا قياس مدة جملة
 من الاشغال وطول زمن عدة من الحركات وبالجملة فقد استفاد الناس من قياس
 الزمن فائدة عظيمة كان لا يمكن للاعم تحصيلها قبل ذلك وربما استفيد منه
 ايضا فائدة اخرى وهي كثرة العمل مع التوفير وله مدخلية في تنظيم جملة من
 المصالح العامة والخاصة وفي تكميل العلوم والفنون وله ايضا مدخلية عظيمة
 في اشغال الملاحة وعلم الفلك وكذلك الفنون الحربية فيلزم غالبا معرفة الزمن
 الكافي لاجل انتقال الجيوش من موضع الى آخر في مدة الحرب التي لا يتيسر
 فيها قياس الحال والمسافات الا بمجرد النظر فلذا كان لا يمكن التوصل الى
 ذلك الا بالتعود على معرفة المقابلة بين المسافات المقطوعة والزمن الذي
 استغرقه قطعها بأقيسة صحيحة مضبوطة

وطريق الوصول الى معرفة الازمان بمجرد النظر هي التأمل في حركة الاجسام
 واما معرفتها بالسمع فهي عبارة عن معرفة مدة الاصوات كما سيأتي في الدرس
 الثاني

فتجد معلم العساكر الجديدة باعتياده على ملاحظة السير المعتاد والسريع المعبر
 عنهما بيرايك بيرايك اعني واحد اثنين واحد اثنين يكتسب معرفة المدة التي بين
 هذه المسافات المتساوية فاذا رأى بعد ذلك عساكره تمشي أمامه عرف سرعة
 سيرهم بمجرد النظر كرئيس الجيوش المنتظمة

فعلى ذلك اذا رأى الانسان رجالا او خيولا او عربات او سفنا سائرة امكنه أن
 يعود نظره على معرفة قياس سرعة حركاتهم كالا لاني اذا سمع فرعا من فروع
 الموي سيقى فانه يعرف بمجرد سماعه النغم الذي يتسبب اليه هذا الفرع من غير
 احتياج الى مراجعة كتاب في هذا المعنى

وجميع هذه المعارف على اختلاف أنواعها لها فائدة عظيمة في كثير من الفنون فيمكن بها الرئيس الورشة الكبيرة والمعامل الصغيرة أن يعرف أسراع العمل أو توانيهم في الشغل بمجرد النظر أو السمع

وهناك معارف أخرى ليست مقصورة على بيان قياس أطوال المسافات والأوقات بل يعرف بها أيضا الألوان والأصوات (كما سنذكره في الدرس الثاني)

ومعرفة الألوان مما لا بد منه للمصورين والصبان وغيرهم من خري التيارات أي الملاعب وغيرها من الأماكن وهي ضرورية أيضا في كثير من الفنون التي يرغب في محصولاتها على حسب زيتها بالألوان المرغوبة قلة وكثرة فلذا كان ينبغي للرسام الماهر أن يعرف هذه الألوان معرفة جيدة ويعرف ما بينها من الاختلاف والاتحاد * والناس في شأنها على قسمين فمنهم من يعرفها حق المعرفة ومنهم من لا يعرفها إلا معرفة هينة

فأهل الأرياف عموما سواء كانوا متوحشين أو متدنيين لا يميلون بالطبع إلا إلى الألوان الناصعة الفاقعة وأما الأكابر والاعيان فزيتهم من قديم الزمان الحجرة الضاربة إلى السمرة بخلاف أهل البادية فانهم يؤثرون الأحمر الوردى على غيره وهو الأرجواني عند أهل القرى وأما ما كان من الألوان دون ذلك في الشدة فهو الملايم لأصحاب الذوق السليم لصحة حواسهم وقوة إدراكها بما توارد عليهم كثيرا من الألوان فعرفوا بمقابلةها على بعضها ما لا يعرفه العامة من التفاوت بينها ومثل هذه المعرفة الدقيقة مما يقوى الذوق ويكسبه السلامة والرقه

وبما ذكرناه هنا يمكن الوقوف على تقدم ذوق الإنسان وقوة إدراكه بالنسبة إلى الألوان كما سبق بيان ما يمكن به معرفة ذلك بالنسبة إلى مقادير الأشياء

* (الدرس الثاني) *

في الكلام على حاسة السمع المعتبرة آلة للقياس وعلى الاتجاه الذي تكتسبه

منها القوى الانسانية

قد اسلفنا في الدرس الاول أن حاسة البصر معتبرة آلة للقياس وذكرنا أنه يمكن للانسان بالتعود على الملاحظة والمقابلة أن يكمل هذه الحاسة الناقصة ويجعلها صالحة لاعائه في اعماله واشغاله وذكرنا ايضا أن استكمال تلك الحاسة امر ضروري لا بد منه لاسيما بالنسبة لتقدم الفنون المستظرفة والفنون النافعة التي هي عبارة عن الصناعة

وقد رأينا أن تتكلم في هذا الدرس على حاسة السمع كما تكلمنا في الدرس الاول على حاسة البصر فنقول

ان جميع الاحساسات التي توصلها حاسة السمع الى العقل ممتازة بثلاث خواص متباينة * احداها المدة * والثانية القوة * والثالثة ارتفاع الاصوات او انخفاضها

فيمكن للانسان بالتدريج أن يعودا ذاته على قياس مدة الاصوات وسكونها لان معرفة هذه المدة المكتسبة بالحواس مما لا بد منه في كثير من الفنون * ويتوصل الى معرفة هذه المدة بتوارد الاصوات المتشابهة وتكررها على الاذن حينئذ حين بان يتقطع توصلها بسكوت طويل او قصير * فلذا كانوا في العسكرية يستعملون تارة صوت الكندار (اي المعلم) وتارة صوت الطرمبينة واخرى صوت المويسقي ليعودوا العسكري الجديد على معرفة قياس السير السريع كثيرا او قليلا على حسب ما يلائم الحركات العسكرية من انواع السير

وكذلك اذا ارادوا انتظام فرقة عسكرية بحيث تحرك اسلحتها دفعة واحدة قسموا الزمن الذي تقع فيه اجزاء التعليم الى مدد متساوية لكل مدة منها حركة مخصوصة فيترتب على ذلك في التعليم توازن الحركات وانتظامها وهو المطلوب * فهذه الطريقة يمكن لثمانمائة وتسعمائة من العساكر المتقدمين في التعليم أن يجروا بالنداء المسمى تعليم ماهران وهو سلاح طولدر اي تعبير السلاح عملية اثني عشر فصلاوا اكثر من ثلاثين حركة مع الاتحاد التام بدون احتياج الى

إشارة أخرى

وكما كانت العساكر الجديدة مجموعة من الالهالي المتقدمة المتعودة بطبعها على مثل هذه الحركات كان تعود حواسها على هذه التعليمات قريبا قصير المدة فيكفي في تعليم العساكر الفرنسية مجرد التعبير عن الحركات اللازمة وتكرارها بخلاف العساكر المجموعة من الولايات القليلة المتدّن فان ذلك لا يكفي بالنسبة لهم بل لابد من أن يكون أمامهم رجل يفعل جميع الحركات اللازمة واحدة بعد أخرى حتى يتأقّل لكل واحد منهم الاقتداء به في تلك الحركات ويتعود على فعلها وحده بدون أن يحرك رأسه ويجب على المعلم الماهر أن يلتفت الى مثل هذا الاختلاف العظيم

هذا ولا ينبغي أن يعتقد أن الغرض من الانتظام والاتحاد في التعليمات العسكرية انما هو الزينة والفخر بل الغرض من ذلك هو ما يترتب عليه من النتائج النفيسة والفوائد المهمة وهو تعود العسكري على انتظام جميع حركاته واجرائها على صوت رئيسه واصوات الآلات الحربية * وبالاتظام المذكور يصير ايضا بعض اعضائه متعودة على قبول تأثيرات الاصوات فيكون بذلك قابلا للغيرة والحمية بمجرد سماعها اذا اقتضى الحال تحصيل نتيجة مهمة او عملية جسيمة فن ثم كانت الالهالي المتدنة اذا عتّلها أن تكمل الفن العسكري او تشرع في تعلمه تدخل الانتظام في جميع الحركات العسكرية وتراعى الهندسة في الصفوف والاتجاهات فتفوق بذلك على الالهالي الغير المتدنة ويحصل لها به من الفائدة والرجحان عليهم ما هو اعظم من فائدة كثرة الاسلحة لان هؤلاء المتبررين انما يرجحون على المتدنين بالشدة وشراسة الاخلاق والاستدكاف عن مكابدة الاشياء وتحمل مشاق معاناتها * ولانتظام الحركات فوائد كثيرة في الاشغال المدنية والاعمال الاهلية * فن فوائده في صناعة الحدادين مثلا أنهم اذا اجتمعوا لدق قطعة من الحديد على السندان ودقوها بالمطرقة مع غاية الانتظام دقا محكما مضبوطا لم تكن فائدة ذلك مقصورة على عدم ملافاة المطرقة للسندان ومنع ما يترتب على ذلك من المضارب بل فائده ايضا خفة العمل

وقلة المعاناة

فاذا كان لانسان صنعة يلزم لها حركة واحدة متكررة دائماً فانه يجعل لهذه الحركة مدة محدودة لا تتغير ويرى في ذلك فائدة تين احدهما انه لا يصرف من قوته في تلك المدة المعينة الا مقدار معلوما بحيث يمكنه استرجاع ما فقد منه في قدر تلك المدة * والفائدة الثانية وان كانت دون الاولى في الوضوح والامتياز الا انها جديدة بمساواتها في نوع من الدفعات الدورية ~~تكتسبه~~ الحواس من تكرر الحركة تكرر منتظماً بمعنى أن الحواس تتعود بذلك على هذه الحركة المتكررة المتوالية مع السهولة العجيبة والسرعة التي يتوصل بها الى عدة نتائج غريبة وبما ذكرناه تظهر ثمرة تقسيم الاشغال لاجل اجراء عمليات الصناعة (كما سيأتى في الدرس الرابع)

والانسان من مبدأ صغره يدرك تكرر الحركات المتساوية ويميل الى ذلك بطبعه فلذا كان يسهل تعود الحواس على هذا التكرر بدون كبير معاناة فتجد كل كلمة من الكلمات الاولية التي ينطق بها الطفل مركبة من جزئين متشابهين ويسهل عليه أن ينطق بها مركبة أكثر من نطقه بها مفردة

واذا اريد حفظ الاطفال وادخال السرور عليهم صنع لهم حركات سريعة منتظمة فبذلك يظهر اثر السرور على وجوههم وايديهم وارجلهم بل ينشأ عن هذه الحركات المتساوية المتكررة ما يظهر اثره على الجسم بتمامه

وهناك نوع آخر في جلب الخيال الى الاطفال وهو أن تصنع لهم حركات طويلة لطيفة موزونة تتناقص بها الشدة المنبثة في اعضاءهم ويلحقها الاسترخاء فيدركهم النوم باثر ذلك بمعنى أن اعضاءهم تمتنع بالراحة التامة الناشئة عن هذه الحركات الموزونة البطيئة

ومثل هذه الطرق تستعمل في كثير من التيارات ليحصل الخلق والفتور او الانجذاب والميل الكلى - او لجلب السعة والنعاس فعلى ذلك لا مانع أن يقال انه يتولد عن الشعر كثير من النتائج الميكانيكية التي من هذا القبيل ولا مانع ايضاً أن قانون الحركة له دخل في ضبط كثير من كلمات الفصاحة المستعملة

في تحسين الكلام الآن هذا ليس محل إرادته وبيان
وحيث ان ما اوردناه هنالم نتعرض فيه الا لذكر نتائج الحركة فقط بقى
علينا بيان اسباب التأثيرات المختلفة في السرعة والنتائج المذكورة اذ لو
اقتصرنا على ما ذكرناه لفتنا معرفة تلك الاسباب فلا يدري مثلاً ما السبب
في كون الانسان يسرع السيرة هراءه عند سماع ما يهوله ويمشى الهويناء عند
سماع الفروع الموزونة من الموسيقى

وشاهد ذلك ما وقع لي في هذا المعنى وهو اني كنت اذا اشتغلت بالكتابة ومررتي
من تحت شبابيك المحل احداً لا لآلية الذين يمرون في الطرق ارى حركات القلم
تأني على ضربات الموسيقى مع الوزن والانتظام على حسب ما يطرق آذان من
انغامها وطرب الحانها

والواقع اننا الى الآن لم نعرف سبب هذه الحوادث المؤثرة بطريق الجاذبية
وانما نذكر هنا نتيجة تجربة يعرف بها أن هذا السبب ميكانيكي محض
فنقول

انه قد وقع للعلم بريغويت وغيره من مشاهير الساعاتية انهم وضعوا على
مستو واحد من ساعتين من ذوات التواني اوساعتين من ساعات قياس
الزمن فوجدوا في سرعة حركتهما بعض اختلاف يسير حيث رأوا أن
الساعة التي هي اسرع حركة من الاخرى تتأخر وأن البطيئة تتقدم وانهما
ينتهيان معاً في السير مع أن كل واحدة منهما منفردة عن الاخرى في علبة لا
تعلق لحركتهما بحركة الثانية

وما ذكرناه من المقارنة في شأن التأثيرات الواقعة على الانسان وفي شأن
حركة عدة من الساعات ليس حاصلها بطريق الصدفة والاتفاق بل تتأثر الاعضاء
حقيقة بتأثير الاصوات الغريبة التي تضطرب بها بأن تجعلها موافقة لها
في حركاتها سرعة وبطأ ومن هنا النتائج المعروفة التي تحدثها فينا الآلات
المتحدة في الصوت

فاذا اخذت طرب مبيطة وشددت اوتارها شداً جيداً وضربت عليها ضربات

متوالية متساوية سريعة وفصلت بينها فصولاً هينا جذا بضربات سريعة وأخرى قوية أمكنك بهذه الطريقة منع الفرقة العسكرية عن سرعة السير والهجوم على العدو

وتفعل عكس ذلك في صورة ما إذا اردت ضعف صوتها بأن ترخي أوتارها وتغطيها بغطاء منظره محزن يضعف صوت حركاتها زيادة على الضعف الناشئ من أرخاء أوتارها فتسمع لها صوتاً منخفضاً غير متواصل يعقبه السكوت ثم تضربها بعد ذلك ضربة واحدة يعقبها السكوت أيضاً ثم تضربها ضربة هينة يسمع لها صوت ضعيف وبذلك تفتت حركة الاعضاء و يتولد الحزن في النفوس ويحصل تذكار الجنائز

وقد استنبطنا هذين المثلين من جاذبية السمع وتحرك الاجسام الزنانة التي يسمع لها دوى وصوت في الهواء

ومن هذا القبيل الناقوس فإنه يتولد عن ضربه مثل هذه النتيجة أيضاً فإذا كانت ضرباته خفيفة بطيئة دات على موت الانسان من مسافة بعيدة بخلاف ما إذا كانت مختلفة سريعة فانه تدل على ولادة مولود او عمل موسم او عيد وكذلك الساعة الدقاقة في صورة ما إذا كانت ضرباتها متساوية متواصلة شديدة سريعة فانه في هذه الصورة تؤثر في النفوس ما يزداد بالتدريج ويقوى شيئاً فشيئاً حتى يكسبها انبعاثاً واندفاعاً الى محل به حريق او قتل او نحو ذلك فنتيجة الساعة في الصورة المذكورة كنتيجة الناقوس في صورة جماع ضرباته من مسافة بعيدة

ثم ان بقية الحيوانات بهذه المثابة من حيث قبولها هذه التأثيرات وانبعاثها بها الى ما تجذبها اليه فان صوت البوق او النفير يغري الكلاب على الصيد والخيول على الهجوم في المعركة اذ حركة السير القوية السريعة تسري سرعتها في جياذ الخيل وتدفعها الى خطر المهالك قهراعنها * وقد تحدث الطرمبطة الحربية في الانسان قوة عظيمة تفضي به الى الجمل على العدو واقتمام خطر الالتحام ولم تنكلم الى الآن الا على الاصوات من حيث سرعتها وما يتولد عن هذه

السرعة من النتائج وبقي علينا أن نتكلم عليهما من حيث ما يولد عن قوتها من النتائج كبيرة كانت تلك القوة أو صغيرة فنقول

قد ثبت بالتجربة أن انغام الجسم الزنان تكسب الاذن طربا يختلف قلة وكثرة على حسب بعد هذا الجسم عنها وقربه منها * ومتى عرفنا صوت الاجسام الزانة عرفنا بواسطة السمع ما بيننا وبين هذا الصوت من المسافة * فاذن هذه الحاسة التي كانت قبل ذلك آلة لمجرد قياس الزمن صارت الآن آلة لقياس الزمن والامتداد معا * وربما نابت عن حاسي البصر واللهس

وذلك أن العميان لما تعذر عليهم قياس المسافات البعيدة ومعرفة مقاديرها لفقد حاسة البصر منهم اضطروا الى السعي فيما يكون به استكمال حاسة السمع فتبحروا في ذلك فجاا عظيمًا وترتب على سعيهم نتائج عجيبه وفوائد غريبة فقد صارت اسماعهم في اقرب وقت آلة لقياس الامتداد ولوسلك مسلكهم من له حاسة البصر في الاجتهاد وبذل الوسع والمقابلة بين الاصوات ومزيد الالتفات والانتباه لاستكملت فيه حاسة السمع مثلهم وبلغ في قوتها درجتهم

وقد احسن ارباب الفنون المستظرفة استعمال خاصية الاصوات التي هي عبارة عما يستدل به على قرب صاحب الصوت المسموع من السامع او بعده عنه * واستخراج الاصوات الخفية العسرة الادراك من الاقواء والالات له سبب يقتضيه وموجب يستدعيه اذ تكرر هذه الاصوات وعظمها وغلظها شيئا فشيئا وسيلة تؤدى الى الغرض المقصود من اهوية المويستى والخانها * وثم فائدة اخرى وهي معرفة السامع المسافة التي بينه وبين اشياء في التياتر لم يكن يبصرها بكيش او احتفال كبير او زفاف او نحو ذلك

واعظم الاهوية المعروفة هو ما اخترعه بعض مشاهير ارباب المويستى في عصرنا هذا وهو عبارة عن تطويل النغمات على التدريج بأن يمد صوته مقاما بعد مقام متاعظيما مع فواصل دقيقة وعلامات لطيفة تؤثر في النفوس بالتدريج تأثيرا عظيما في المحافل الكبيرة وهذا التأثير هو ما يعرف بثورة النفس المستوية

وهذه العلامات المنتظمة سواء كانت مرتفعة او منخفضة ليست مقصورة على بيان المسافات والحركات الطبيعية بل تحدث في النفوس تأثيرا يزيد او ينقص به على التدريب ما هي عليه من فرح او حزن او قوة او ضعف او شجاعة او جبن وكذلك اغلب الشهوات النفسانية

وعظماء الخطباء والشعراء ومهرة ارباب الفنون الذين يأتون بالعبارات المنتظمة المفترحة او المحزنة يعرفون حق المعرفة رموز الحركات سواء كانت سريعة سرعة تدريجية او بطيئة كذلك * ويعرفون ايضا طريق وضعها في تأليفهم ونقلها الى اقوالهم على وجه بحيث يكون لها تأثير في النفوس

فترى الخطيب حين يأتي بادلته وبراهينه مرتبة على مقتضى قانون القوة بحيث يكون لذلك موقع في النفس يؤثر فيها شيئا يعبر عما استحضره من التصورات والمعاني التي تنجذب اليها النفوس بعبارات يسلك فيها بالتدريج مسلك السرعة والحجاسة فيكون لهذه الامور الثلاثة المؤتلفة التي لا تخرج عن سرعة الكلام وقوة الاصوات وحركة النفس المتزايدة بالتدريج تأثير في نفس السامع وجوارحه بطرق ثلاث مختلفة كل واحدة منها تزيد في قوة الاخرين

وفي صورة العكس وهي ما اذا اريد الانتقال من قوة التأثير والاحساس والنزول من درجة ذلك الى درجة التصورات المحزنة والآفات السوداوية يخفض الخطيب صوته شيئا فشيئا حتى يصير خواص الصوت وعلاماته مدغمة غير متميزة ومتراخية غير متواصلة بحيث يشق على نفس السامع قبول تلك التأثيرات الجديدة القابضة التي يحاول الخطيب القاءها في ذهنه واثباتها في نفسه

ثم ان الاصوات التي تتميز بحجاسة السمع هي كأشعة الضوء بالنسبة لحجاسة البصر من حيث تفاوتها في اصلها وقوتها وليس اختلاف الصوت قوة وضعفها مقصورا على الصوت الواحد فقط بل قد تختلف الاصوات المتعددة وتتغير عن اصلها بالقوة والضعف * وقد حصر ارباب الموسيقى ما ينبغي اسماعه من الاصوات في عدد قليل يبلغ ثمانين ونيفا كلها على نسب مختلفة فاذا اسمعوا جميع تلك الاصوات وجد السامع منها ما يكون النغم فيه واحدا لا يختلف ومنها ما يختلف

نغمه وطربه قلة وكثرة ومنها ما اذا توافقت انغامه اضر بائفس السامعين
وقد اطلقوا هذا النوع الاخير من الحان الموسيقى
ولما كان الانسان باصل الفطرة لا يعرف فن الموسيقى كان محتاجا الى تعويد
سمعه على قياس ارتفاع الاصوات وقوتها ومدتها قبل أن يحكم بشئ في شأن
الحان الموسيقى وانكلم على هذا الغرض فنقول

حيث ان صوت الطرمبينة او الناقوس له في النفوس تأثير عظيم فصوت
الموسيقى في ذلك من باب اولى لاحتوائها على عدة كبيرة من الآلات
المتنوعة من كل آلة لطيفة تستعذ بها الازواق وتنجذب اليها النفوس
والآلة من عجة تمجها الاسماع وتنفر منها الطباع والآلة ندية الصوت مألوقة واخرى
ثقيلة النغم بالشدة موصوفة

وبالجملة فالموسيقى لها تأثير عظيم عند اصحاب الذوق السليم والحواس
المستكملة * والاقطار الجنوبية تفضل في هذا المعنى الاقطار الشمالية ومن هنا
ما يوجد في توارىخ اليونان من النتائج العجيبة المترتبة على التثام الاصوات
وانتظامها وكذلك ما يرى الآن عند الايطاليين من الحمية والحماسة في خطباتهم
وشعرائهم حيث يسلكون في خطابتهم ووعظهم وانشيدهم الطريقة
الحماسية التي يكون لها في قلوب العساكر وقع عظيم يحملهم على اقحام الاخطار
حتى يصلوا الى قلعة العدو ويتوجوا بازهار شجر الغار حسبما جرت به العادة
عندهم قديما من أن الملك يتوج بلك الازهار من حاز على العدو ونحر الانتصار
من فحول الرجال والعساكر الابطال

فاذن ما يوجد في لغات اهل الجنوب من انتظام الاصوات وتنوع الحان
ينبغي نسبته الى رقة المخارج ولطف الاعضاء بخلاف لغات اهل الشمال فان
ما فيها من الاصوات اليابسة الخارجة من الحلقوم او من بين الاسنان
يظهر انه انما خلق كذلك ليناسب الاعضاء الصلبة اليابسة بسبب برد الاقطار
الشمالية

وعلى كل فخارحة اللسان وحاسة السمع وان كانتا من القوى الحادثة بمحض

خلق الله تعالى الا انه يمكن اصلاحهما وتحسين عمليتهما بواسطة الصناعة البشرية ولو اختلفا في الناس لاختلاف الاقطار اختلافا كثيرا او قليلا فاذا تتبعنا حاسة السمع بالتعويد والممارسة المقبولة مع غاية الاعتناء وجدنا فيها من التقدم والاستكمال نظير ما نجده في حاسة البصر وهذا القياس الحاصل بين المتقدمين له منفعة عظيمة في حداثته ويدل ايضا على صدق ملحوظاتنا الاولى وصحة نتائجها النافعة

وذلك أن حاسة السمع متى استكملت عند امة من الامم عرفت بها ما يوجد من التفاوت بين الاصوات ذات المخارج اى الالفاظ والمخاطبات ومتى تقدمت هذه الامة في الفنون والآداب صارت تلك الحاسة عندها بمثابة آلة مضبوطة للقياس بل هذه الحاسة تستكمل في الشخص الواحد بحسن التربية وبحسب ما يكون عليه من الاحوال وقد توغل اليونان في هذا الفن الذي به تكتسب حاسة السمع قوة واقتدارا على ادراك الاشارات الدقيقة من مسافات بعيدة وفاقوا في ذلك غيرهم من الامم حتى انهم كانوا اذا سمعوا صوتا ساذجيا عرفوا منه انغاما ومقامات لا يسعنا معرفتها من الاغاني المعروفة بعلاماتها وكانوا لفصاحتهم لهم في فن المويسقى تنوعات كثيرة عجيبة وحسن انغام مطربة غريبة وسبب ذلك أنهم كانوا يعلمون اولادهم من صغرهم ويعودونهم على جعل كلماتهم آتية على طبق وحدة القياس الثابتة المحدودة حيث كانوا يعودونهم من مبدء امرهم على الانتظام في الكلمات والمخاطبات كما أن الفرنج الآن يعلمون اولادهم الانتظام في الاغاني على مقتضى الحان المويسقى

وينبغي أن يكون منشأ ما اشتملت عليه لغتهم من المحاسن التي يستحسنها الاجانب وتأخذ بجماع الباطن انما هو اهتمامهم بشأن المعارف واعتنائهم بمطالعتها وذلك أن اللغات في الغالب تكون في مبدء امرها خشنية فان الالفاظ التي تتركب منها الكلمات تكون وخشية غير مألوقة وكذلك الكلام المتركب من الكلمات يكون اولا خشنيا خاليا عن المحسنات وحسن الانتظام وكل لغة تبقى على هذه الحالة الاولى مدة طويلة حتى يأتي لها عصر مناسب تكتسب فيه

حواس السمع عند المؤلفين وارباب الكتابة والانشاء في اقرب مدة لطافة ورقة جديدة تعرض لهم على حين غفلة حتى ان ما كانوا يستحسنونه من الاصوات المفردة او المركبة يصير عندهم من انكرها واقبحها فيمعونه من تاليفهم ويهملونه في مخاطباتهم فعند ذلك تعجب الاهالي من هذا الاتقان العظيم والانتظام الغريب الذي ظهر لهم من هؤلاء المؤلفين والكتاب ارباب القرائح الجيدة فكأنه بهذه الطريقة حدث فيهم حاسة جديدة ومدركة قوية انتشرت بينهم واستكملت بها اعضاؤهم وجوارحهم حتى كأن لسانهم كان ينتظر هذا الزمن ليتقدم فيه ويبلغ درجة كمال

ولا مانع أن يقال ان مثل هذا التقدم الجديد لم يبلغ درجة كمال الا عند الرومانيين فان هذه الامة كانت اقلا فقيرة متبربرة وكانت مسامعهم خشنية كعوايدهم واغتهم وحشية جافية كطباعهم ولم يزالوا كذلك الى المخطاط دولة قرطاجة فلما تمول اعيانهم وتمكن الصلح في بلادهم ركنوا الى الدعة والبطالة ثم خلف هؤلاء المشاهير في اقرب مدة كتاب من الاهالي اخذوا عن اليونان الذين استكملت فيهم حاسة السمع ما توشحت بحاسنة اللغة اللاطينية من الاتقان الذي لم يكن معروفا عندهم الى ذلك العصر وما زال ذلك متداولا بينهم من تيرانسة الى بلوتة ومن ورجيل الى انيوس ومن الخطباء العظام الى قيقرون وقل أن مضت مدة خالية عن هذا التحسين والاتقان بل كان جل اجتهادهم فيا تخلل هؤلاء المشاهير من الازمان انما هو في تحسين اللغة وتهذيبها والامة الرومانية بأسرها نسجت على منوالهم في هذا التقدم السريع المنتشر

ولم يكن استكمال الحواس بالنسبة الى اللغة الفرنسية دون ذلك في السرعة والانتشار والعيوب التي كانت قديما في لغة الفرنسية ومكثت مدة طويلة بدون اصلاح ولا تحسين لم تستقلها السماع اسلافهم ولم تعجبها طباعهم الخشنية ولم تزل كذلك الى ايام لويز الرابع عشر وبالجملة فالشاعر ماليرب هو اول من اتقن في فرنسا الاوزان الشعرية واصلمها

فظهر وقتئذ أن حاسة السمع استيقظت من غفلتها وافاقت من نمرتها ونشأ بمملكة فرانسَا الذوق السليم والادراك الصحيح في أيام كورنيل الشهير الذي لم تزل أوائل كتيبه فيها خشونة اللغة بخلاف تآليفه المتأخرة فإنها اسفرت عن قواعد وميل تميل اليها الحواس والعقول معا ولكن الشاعر راسين توغل في هذا الفن العظيم الذي من خواصه تحريك الحواس وتوجيهها بالاصوات المؤتلفة والالحان المتوافقة التي تجذب اليها النفس بما يتحدث به فيها من المطربات وملح التخيلات

ثم ان محاسن اللغة المدقونة في الكتب كانت موجودة قبل استكمال اللغة المعتادة المتداولة على الاسسنة بمدة طويلة كما أن فن التعبير عما في النفس في الجماع الحاذقة والخطابة على المنابر والتكلم في مجمع المحامين بمحاكم القضاة وفي التيارات الكبيرة مكث في التوحش والخشونة بعد ظهور محاسن الفصاحة والشعر بمدة تزيد على قرن

وقصارى الامر أن جماعة من الخطباء المشهورين وارباب الالاعاب الماهرين وصلوا بفن التكلم في الجماع العامة الى اقصى الدرجات وتركوا الخطب المذهبية (اي التي يبين فيها الخطيب مذهبه في الفصاحة لجماعة مخصوصة) ولما كان هؤلاء الخطباء يترجون عما في الضمير لزمهم أن يتعلموا تنوعات الاصوات ومقاماتها الطبيعية حتى يعبروا في كلامهم عما يقوم بالنفوس من الوجدانيات والاغراض النفسية فوصلوا بقوة هذا الفن الى اعظم عبارة تلايم الطبع وتناسب ما في النفس وعودوا الالهالى على ادراك هذه العبارات البسيطة وقبولها بحيث لو سمعوا الآن كلام خطباء القرنين الماضيين الذين كانوا يأتون في خطبهم بما يلايم اهل عصرهم من المسار والخطوط النفسية لمجته اسماعهم ونفرت منه طباعهم بل ربما رأوا أن هذه اللغة انما هي من لغات الامم الخشنة المتبريرة مع انها كانت لسان اعظم خطبائهم الذين كانوا اذ ذاك بمنزلة عظماء مؤلفي هذا العصر ومن ذا الذي كان يظن أن هذه اللغة يلزم تهذيبها وتحسينها مائة وخمسون سنة حتى ظهرت محاسنها وصارت لغة بدعية

عجيبة حيث وضعها ارباب القرائح الفاتحة والاذهان الراققة فله درهم من رجال
استحقوا المدح الجزيل والثناء الجميل بسلامة اذواقهم وجودة قرائحهم
وقد اسلفنا لك أن الانسان في صورة ما اذا تعسرت عليه الرؤية بحاسة البصر
يذل وسعه في الاصغاء بحاسة السمع ليدرك الاصوات البعيدة ومقامات
الالان الدقيقة ومن هذا القبيل العميان الذين يعودون قوة سمعهم على
ادراك انواع الدوى والغناء ومعرفة جميع الاصوات التي تظهر فيما حولهم
ولهذا الاصغاء منفعة عظيمة وهي عدم انقطاعه بتعطيل حاسة البصر وبالعكس
ذلك قد يحصل احيانا أن من تعودت حواسه الخمسة على وظائفها يدرك ببصره
كيفما اتفق منظر الاجسام وتبقى بقية حواسه معطلة بحيث لا يسمع ما يقال
حوله ولا يشم الروائح العطرية التي يتكيف بها الهواء بل ولا يحس باللمس
وهذا هو منشأ ما يستعمله مؤلفوا قطع التيارات والالعاب من الامور
السرية مفرحة كانت او محزنة ولكن لاجل أن تكون هذه الامور موافقة
لمقتضى الطبيعة يلزم للناظر المتفرج أن يرى في الحاضرين الذين لا يلزم لهم
سماعها اشتغالا عنها بامور خارجية او بتفكرات نفسية حتى لا يسمعوها
ما يقع حولهم من الاصوات المرتفعة جدا بحيث تسمع في المحافل الكبيرة
وقد تكون هذه الامور السرية بتلك المثابة بالنسبة الى حاسة البصر ايضا
وذلك اذا اشتد الاصغاء والقاء السمع بالكيفية كما اذا سمعت كلاما فصيحيا خذ
لفصاحته بالالباب ويستميل القلوب اليه فان حاسة البصر في هذه الحالة
لا توصل الى العقل شيئا من وظائفها بل ربما يذهل السامع عن ذات المتكلم
نفسه بأن ينسى شخصه وتقاطيعه وحركاته ولا يلتفت الا الى مجزء كلامه
وفي دائرة الجمعية المنحصرة الضيقة يكون تأثير فن الكلام اقل فاعلية
بما اذا كان في دائرة جمعية متسعة ومع ذلك فقد يرى فيها الناس يجيدون الكلام
اجادة تحدث في النفس تأثرا بما ينبعث اليها بواسطة حاسة السمع من الانبساط
والمسرة بحيث ينسىها ذلك ما تنفر منه الحواس الاخرى ونتجه
ومن اهم المعارف بالنسبة اليها تعود الحواس وانهمالك النفس مرة بعد اخرى

بحسب ما تقتضيه ارادة صاحبها على الاحساسات الجزئية اى احساس حاسة
البصر وحدها وحاسة السمع وحدها او احساس كل واحدة من الحواس على
حدتها وكذلك تعود بجملة منها على أن تحس بعدة محسوسات فى ان واحد
وتوصلها الى العقل فيحكم عليها ويميز بين اصلها ونتائجها وبذلك يصير العقل
مدركا لجميع ما يصل اليه من المعارف على اختلاف انواعها ويمكنه بواسطة
احدى الحواس أن يدرك ما تقع فيه من الخطاء الناشئ عن ضعف حاسة اخرى *
مثلا اذا تأثر انسان من سماع صوت تأثرا شديدا فانه يجتهد فى كونه يعرف من
تقاطيع صاحب هذا الصوت الذى افزعته ما اوجب حيلته وهيجانه من الاسباب
التي لا يمكن له علمها من الصوت الذى ازججه

وكذلك صورة العكس وهى ما اذا ابصر الانسان خطيبا يترأى منه المهابة
والجاسة وتنجذب اليه النفوس فانه يبادر بالالتفات اليه ليسمعه مع الاصغاء
التام ولكن ربما ضاع هذا السعى سدى لان فصحاء الخطباء ومهرة اللاعبين هم
الذين يلقون الينا ما تأثر به نفوسنا من الامور العظيمة المتنوعة وان كانوا
تارة يرى شخصهم ولا يسمع صوتهم وتارة بالعكس

وقليل من الناس الذين يمارسون الفنون والصنائع من يستعمل قواه العقلية
فيستولى على العقول بفصاحته ويحجب السامعين بقوة عارضته ويستميل
اليه القلوب بتأثير عبارته بخلاف ما يليق بالانسان النافع لوطنه العارف بجلالة
نفعه من الكلام المعتاد المتداول على الالسننة والمنظر الجامع بين السذاجة
الثابتة وكونه جليلا غير متكلف يقضى باستئمان صاحبه والوثوق به فان ذلك
يشتمل من حساسة الخطاب وصحة النظر والهيبة والوقار على ما يوجب احترامه
واحترام وظيفته ايجابا اكيدا بحيث لو اخل به احد عد ذلك منه خطأ كبيرا
يستحق عليه العقوبة فهذه الصفة الشريفة هى اللاتقة بحال من يعانى الفنون
والصنائع اذ بها يبلغ فى اى جهة كانت ماله الحق فيه بين الجمعية من الدرجات
السامية والرتب العالية

وهناك طريقة اخرى فى هذا المعنى تلايم رؤساء القريقات والورش بحيث

لونسجوا على منوالها في مخاطباتهم لاطاعهم من تحت ايديهم من الصناعاتية واحترموهم وتلقوا ما يقولونه بالقبول فانك في اغلب الاوقات ترى رؤساء الفعريات بفرانسا صغيرة كانت او كبيرة يتشاجرون مع الصناعاتية كثيرا ويسبونهم ويطيلون معهم الكلام من غير أن يصادف محلا ولا يترتب عليه فائدة بل ربما جرحهم ذلك من الهزل الى الجد وأفضى بهم الى مجاوزة الحد في السب والفحش فيسمع لهم صخب وصياح شديد لا داعي اليه الا اسباب واهية ومقتضيات هيئة فالأوفق حينئذ بالحكومة المضبوطة ذات القوانين المعقولة والاصول المقبولة أن تكون الاوامر في جميع اشغال الصناعة بسيطة واضحة موجزة العبارة يجنب فيها التطويل الا بقدر الحاجة وبالجملة فلا ينبغي للرئيس أن يغضب او يصيح او يسب او يؤذي الصناعاتية لاسيما بالضرب فان الضرب يجرد المضروب عن صفة الانسانية ويفضي به الى الاحتقار والهوان بل الواجب عليه أن يبين للصنائعي عيبه ويوقفه على حقيقة ذنبه ويعين له ما يستحقه على ذلك من العقوبة ولو شديدة فان ذلك ادعى لعدم خبثه وابعده لشكبه وظلمه فان عفاه عنه الرئيس بعد ذلك تضاعفت عند الصناعاتي معزته وعظمت منزلته حيث صفح عن زلته وعدل عن اساءته وعقوبته فهذا هو ما يسمى عندى ببلاغة الصناعة حيث يتدارك به ما يقع من الخلل ويمنع من الحقد والغيط بل يبعث الصناعاتية على محبة الرئيس والانقياد اليه ومتى رأى الصناعاتية رئيسهم ووكلاءه لا يتكلمون الا عند الحاجة تأسوا بهم ونسجوا على منوالهم فيترتب على ذلك في الفعريات حصول الصمت التام والتفات كل انسان الى شغله والتفرغ اليه بالكلية بحيث لا يشتغل بغيره ولا تتعلو آماله الا به فينشأ عن تفرغ الذهن واعمال الفكرة في اشغال الصناعة اتقانها وكمالها وعدم استغراقها من الزمن مدة طويلة وبهذه الطريقة تتقدم الفنون بالسرعة ويكثر الشغل مع الاتقان ~~ال~~كن في الفعريات والمعامل التي ليست كسوق الفواكه الذي هو اشبه شيء بصرح بابل في تبلبل اللسان وتنافر الاصوات

ولم أر أعجب في هذا المعنى مما وجدته في معامل الصناعة بأنكثرة فاني
دخلت جميع معاملها الاهلية وترساناتها الملكية وعماراتها البحرية العسكرية
والتجارية فوجدت الصناعات بها على غاية من الهدء والصمت ورايتهم متفرغين
بالكلية لاشغالهم حتى انهم لا يلتفتون الى من يزورهم ولهذا الصمت فائدتان
الوفر في الفنون الداخلية والنصرة في الفنون العسكرية
وذلك أن الجيوش التي تتعلم مع غاية الهدء والصمت تصفى كل الاصغاء لنداء
التعليم وتلازم الهدء في جميع حركاتها وتكون رئيسة نفسها وثمره ذلك تظهرا تم
الظهور في الحروب البحرية فان القتال في السفن هو اكبر الصناعة واعظمها
لانه يلزم لادارة السفينة في البحر وتشغيلها وقت هبوب عواصف الرياح
واحوال البحر وخطاره جلة من العمليات الميكانيكية الدقيقة الصعبة وكذلك
اذا احتاجت لاصلاح ما عرض لها من الخلل وقت اطلاق نار العدو عليها فانها
تحتاج لهذه العمليات ولا يمكن اجراء مثل هذه الاشغال مع السرعة والانتظام
الا بواسطة الصمت والهدء ولا مانع من ذكر وقائع بحرية انتصر فيها من الامم
من هو اشد صمتا من غيره بملازمته للصمت وبماسلكه من الطرق التي حاقط عليها
في خلال الاخطار ومكابدة الاحوال

وكثير من المبل من هو متعود بالطبع على الصمت اكثر من غيره كالم الاقطار
الباردة من الولايات الشمالية فتجد اهل جنوبي فرنسا اكثر كلاما من
سكان المركز كما أن سكان المركز اكثر كلاما من سكان الشمال
واهل فلندرة الفرنسية يحصل الصمت عندهم بأدنى اشارة وكذلك
النورمنديون والبروتونيون الا انه لابد في تحصيله عندهم من نوع تعب
ومشقة بخلاف الغسقونية واللغودية فلا ينال الانسان منهم السكوت
والصمت الا اذا كان بمكان من التحيل والمهارة العجيبة واما اهل اقليم برونسة
فتباح الحيلة في اسكاتهم يعمد من المعجزات وقد عاينت ذلك بنفسى في الشغالة
العسكرية الذين وجدتهم في شمال فرنسا وجنوبها
هذا الذي اقوله انه لا يسعني أن امنع الغناء في الفريقات والاشغال كما منعت

فيها كثرة اللفظ والكلام

وذلك لان ما أسلفناه من الوزن والقياس يسهل على الانسان مشقة الشغل ويخفف عليه ثقل الحرب وصعوبة السير وشاهد ذلك أن العسكري اذا مشى على حركات صوت الطرمبيلة او المويسقي سهلت عليه الطريق واذا كان في الحرب وسمع صوت الآلات الحربية ازدادت حميته وقوى نشاطه وهيمته وكذلك الحزّات الذي يحرق الارض بحراثة تسهل عليه صعوبة اشغاله اذا مشى على حركات غنائه واوازن ترنماته والملاح يسلي اصحابه من الملاحين بالغناء فتذهب عنهم السآمة بسماع غنائه وبه تسهل عليه اشغاله البحرية وكذلك الصانع الميكانيكي فانه بالغناء والترنم يحاول اخفاء مشقة الحركات المتتالية المستمرة التي تستدعيها صنعتهم فالالخان ولو كانت خشنية قبيحة الترنم جدا فوثر اقرب الخواس من مركز الاحساس رياضية تستميل العقل وتجذب حركات النفس الى الآلة التي عليها مدار شغل الصانع حتى تكون عظامه وجوارحه في ذلك الشغل بمثابة عتلات وحبال لانهاية لها لينتج عن عمله محصولات واحدة وكل شغل يستدعي اجتماع عدة شغالة فلا بد أن يغني فيه احدهم بغناء موزون يسمعه الباقي حتى تزداد قواهم وهمتهم ويوفوا بشغلهم مع السرعة بدون سآمة ومن هنا كان مدار اشغال الننون والصنائع على المويسقي حتى ان القدماء الذين كانوا يبينون حقائق الاشياء باشارات وعلامات تدل عليها قالوا ان الاجار التي كان يبنى بها سور مدينة طيبة كانت ترفع وتوضع في محلها عند ترنم انعيمون بالاغاني والالخان حيث كانت مطربات صوته الحسن تسهل في هذه العمارة الكبيرة على الشغالة ما كانوا يكابدونه من المشقة ومعاناه العمل

ولما بينا تأثير الكلام وتقدماته الناشئة عن استكمال حاسة السمع ناسب أن نردف ذلك بالكلام على التقدمات الحاصلة عن الغناء والمويسقي وبيان تأثيرهما في طبيعة الشغالة وطبائع الامم فنقول

ان القدماء كانوا يقصدون بتعليم اولادهم فن المويسقي تهذيب اخلاقهم التي ربما كانت تكتسب الخشونة واليبس من رياضاتهم البدنية الشديدة

فكانت الموسيقى احد اصول التمدن عندهم لما انها اخذت في الظهور على
الحيوانات المهولة وذلتها بنغمات عود اورفة ثم هذبت اخلاق اوائل سكان
احدى ولايات الدنيا العظيمة وسهلت عليهم اشغالهم وزادت مسارهم
وحظوظهم وبواسطة العود المذكور تطبقت عليهم اشعارهم بالتطمين وحسن
التوقيع وصارت بها اعيادهم ومواسمهم تأخذ بالالباب وتبدى من انواع
خاص الطرب العجب العجائب

هذا ولا مانع أن الامة الفرنسية لو حاولت هذا الفن ومارسته حتى بلغت
فيه ولو درجة متوسطة لم يكن هنالك من الامم المتقدمة من يضاهيها في تقدماتها
في ذلك او يداينها في سلوك تلك المسالك وليس عدم التفاتهم الى الموسيقى
قصورا منهم اذ فيهم من ارباب الفنون والصناعات الماهرين من يطربهم بحسن
انغامه وانشاده عليهم اشعار النسيب وما في معناها ومنهم من يشرح حيتهم بأشعار
الحماسة ونحوها وفيهم من يتأثر طربا بسماع الاغانى والالخان واقل من أدخل
عندهم فن الموسيقى هو شرلمانيا وبعد ذلك بقرنين لما اجتمع الفرنسيون
والنورمندية وأرادوا التغلب على انكلترا ساروا الى قتال العدو في الغزوة
التي انتصروا فيها على الانكليز وانشيد الحماسة تقودهم حيث كانت تمشد
أمامهم قصيدة زولاند كما كان عليه اسلافهم الاقدمون ولم تزل ذرية هؤلاء
الابطال تحذو حذوهم في جميع الوقائع الشهيرة التي حصلت في الازمان
المخلدة الذكركر حيث وقع ذلك منهم وغانى النصره واشعار الحماسة تنشد
بين ايديهم

وبما ذكرناه لا ينبغي أن يظن بالفرنساوية أن عدم قبولهم لمثل تلك الموهبة
الالهية لاختلال في بعض حواسهم بحيث تكون لا قابلية فيها السماع الاصوات
الخالصة من الموسيقى المحكمة ولا لاسماعها غيرهم اذ التجربة تقضى
ببطلان هذا الظن حيث انه يشاهد الان انه يخرج من فرانساعة مغنيات
ومغنين يميلون بالطبع الى ما هو جار في عصرنا هذا من اعتقادات الصبيان
واوهامهم وليس عليهم في الوصول الى درجة الاسطوات الماهرين بالبلاد

التي وراء الجبال الآن يلحقوا بأواخر اسمائهم احد حروف ثلاثة من حروف لغتهم المتحركة وهي آ و أو و اى والاخيراكثرها استعمالا في ذلك فلو كان يمكن منع الاطفال الفرنساوية من مبدء صغره عن سماع الاصوات المختلفة حتى يرتب لهم معلون يعلمونهم فن المويسقي لغنوا على طبق اصول ذلك الفن بدون احتياج الى كبير ممارسة لكنهم من حين ولادتهم تلاعبهم داداتهم والمراضع ويغنين لهم باصوات واهوية تجهبها السماع الكبار وتتضرر منها كل الاضرار فكيف بالرضعاء الغضة اجسامهم اللينة اعضاؤهم بل قد يسمعون في كائس مدن فرانس و حاراتها بل وفي تياتراتها من هو كالمراضع والدادات في قبح الصوت ورداءة النغمة

واما بلاد ايطاليا فالامر فيها بالعكس فان الاطفال من حين ولادتهم لا يسمعون الا اصواتا لطيفة رقيقة تطبع في آذانهم حسن نغمة لسان كله مويسقي فلا يسمعون في الخارات والهياكل والتياترات الا اصواتا خالصة متناسبة فبذلك تربي فيهم حاسة السمع من نفسها بخلاف الاطفال الفرنساوية فيلزم لذلك فيهم أن ينسوا ما سمعوه حال صغره من اول من الاصوات المختلفة ويمحو من حافظتهم جميع ما انطبع فيهم من آثارها

ويلاحظ في هذا المعنى ايضا أن استكمال القوى البشرية متوارث وليس هذا مقصورا على النوع البشرى بل هو عام في سائر الحيوانات فقد ثبت عند الصيادين منذ مدة طويلة أن الكلاب الصغيرة المتعوده على الصيد اكثر صلاحية من غيرها من الكلاب الصغيرة التي لم تتعود على الصيد ولا تتبع المصيد وجلبه وكذلك صغار الحيوانات الوحشية تكون مثل كبارها في التوحش فلما أخذت من مبدء صغرها وتربت مع حيوانات صغيرة من نوع الحيوانات الوحشية الا أن اصولها كانت قد تربت في التأنس حتى صارت اهلية لتطبع بطباع مختلطة بين الوحشية والاهلية لا توجد في الحيوانات التي تربت معها فكذا الاطفال المتناسلة من امه لم تتعود على الغناء الايسيرا يكونون في هذا الفن على اقل قليل من الضبط والسهولة

فهذا هو السبب في كون الفرنساوية لا يمكنهم أن يغنوا مجتمعين او منفردين الا اذا مارسوا هذا الفن بالتعلم مدة طويلة بخلاف الايطالية والتمساوية فان عاصمتهم يعرفون ذلك حق المعرفة بدون احتياج الى موقف والذي أراه أن هذا العيب الذي يجنس بالامة الفرنساوية بالنسبة لغيرها من الامم يمكن ازالته في اقرب وقت وذلك بمنع الآلاتية النقالة عن الضرب الآلات مضبوطة حتى يمكن بواسطة بعض دروس أن يتحصل ولو من العميان على شيء من الضبط والانتظام في فن المويستي الذي هو اقوى ما يؤثر في الاسماع المدركة للالحن ولا عبرة بمن لا يعرف من اول وهلة منفعة هذه الاهتمامات واهميتها كيف وهي مما تكسب الاخلاق حسنا ولطافة وتورثها بهجة وظرافة ويردها ارباب الفنون والصنائع في الحظ موارد راتقة وتذهب بهم من انبساط النفس الى مناهل عذبة سائغة تجامع رقة طباع ارباب الرغبة وتمارح لطف اهل المودة والمحبة فالحق من لا يدرك منفعة هذا التغيير وطيب ثمرته وما اجهل من لا يشعر بعظيم اهميته وحسن فائدته

ولنختم الكلام فيما يخص الذوق بالنسبة لفن المويستي عند الامم المتبربرة والامم المتمدنة ببيان ما ثبت لهذا الفن من التقدم الشبيه بما سلكناه في شأن الاشكال والالوان فقول

انه لاجل الكلام على حاسة السمع عند الامم المتبربرة وتشغيل قواهم الحشنية نقول انه يلزم اهم اصوات مزججة وغناء مهولة كصوت الصنج عند العثمانية وهو المعروف بالنقارية وصوت الطبل المعروف بالبلدى عند اهل افريقية فترى الحشنى منهم عند سماع اصوات هذه الطبول المزججة يتقض على العدو عند الهزيمة ويذبحه ويأخذ جثته ليهد بها الى حاكمهم المطلق التصرف فيجعلها اليه مع الشم والتعاظم فيقبلها منه احسن القبول واما الامم التي على شطر من المتمدن فان الشعور وبعض الفنون المستظرفة عندها يحدثن في الشخص تأثرا وانفعالا بالاصوات التي لم تبلغ نهاية الحشونة والتنافر اما ترى أن من مار القربة عند الكاليدونية ومن مار البرونسية

الذي ليس له الا ثلاثة ثقوب وطبل الباسكية هو ما اختاره هؤلاء الامم من الآلات وكذلك نوبة موميس فانها وان كانت اقل تأثيرا واخفض صوتا الا انها مألوفة مرغوبة فقد كانوا يحبونها بمن ينشد عليها المدائح من شعراء المدح ويحملون على جيوش الاعداء حلة منكزة بدون مبالاة ولا تدبر وفي اليوم الثاني حين يدعو الغالبون المغلوبين الى حضور موسم النصر لا تجدد عندهم الا هذه النوبة فهي التي عليها المدار في مواد افراح النصر من الرقص والسباق والغناء والالعب التورنوازية هـ كذا كانت اذواق اهل القرون الوسطى وحفظوهم

واما الامم الكاملة التمدن التي كان فيها الانسان من مبدء صغره يتعود على صرف حياته فيما يقتضيه حب الوطن فلم تكن كذلك بل كان دأبها ملازمة الصمت وسكون الشجعان فلم يكن لجيوشهم القوية الملازمة للسكون طبق الاصول الا حركة الفكر والتدبير لا حركة الحمية الغضبية وكانوا يتوجون بالازهار كل من طلب من العساكر حيازة الفخر ولو بالموت وكانوا يقربون القرايين العديدة للموز (وهم عند القدماء آلهة الآداب وكانوا تسعة) وكذلك للغراس (وهن صواحب الزهرة ويعنون بهن محاسن الحياة) ويشهرون على العدو أسلحتهم المجزوم بنصرتها وتوابعها بشجر الغار فكانوا لاجل منع الخشونة أن تنفضي بهم الى الحمية والاختلال يسيرون الى القتال على نغم الآلات المطربة وهكذا شأن الابطال اذا أرادوا الطفر بالعدو يبدلون وسعهم حتى لا تغلب عليهم الحمية واضطراب الحواس ففي واقعة ترموبولاس (التي كانت بين اليونان والعجم) سلك ليونيداس (ملك اسبرطة) واصحابه وكانوا ثلثمائة رجل من ذلك مسلحوا به استحقوا بقاء الشهرة وتخليد الذكر قبل أن يتحقق لهم ذلك بالفعل ويتركوا للناس بعدهم ما يجب أن يتأسى به على مدى الايام في صفتي الشجاعة وحسن الاخلاق الناشتين عن التربية التي بها تكمل العقول وتقوى القلوب وتتكامل جميع الحواس وبما أبدىناه في هذين الدرسين من الادلة الناقصة يتبين لك ما ينشأ عن الاهتمام

الذى به يقل نقصان الحواس ويضعف بالتدريج ضعفها من التعلم واكتساب المعارف عند جميع افراد الناس على اختلاف درجاتهم ويتبين ايضا انه بواسطة هذا التعلم المنتظم يمكن الزيادة في اصلاح الجسم والعقل واستكمالهما معا وكلما تقدمنا في تكميل الآلات التى تنوب عن ضعف اعضائنا وعدم استكمالها استكشفنا استكشافات جديدة واتسعت عندنا دائرة المعارف البشرية وكذلك كلما كملت الحواس التى هى آلات طبيعية للعقل اتسعت دائرة الامور الخارجية التى يمكن للعقل ادراكها والوصول اليها وكلما ارتقت الحواس درجة في الاستكمال ثبت نظيرها للاعمال العقلية وبذلك تكون سلطنة العقل مؤسسة على قواعد صحيحة ودعائم متينة

ومن هنا يمكن لكل انسان أن يرقى في المعارف الى أعلى درجة وكذلك كل امة يمكنها أن تتقدم في الصناعة تقدما عظيما وتتسع عندها دائرة القدن وان تكون في اول درجة بين الملل المتقدي بها في شرف النوع الانساني ونفخاره فهذه هى الدرجة التى ينبغى أن تكون جميع مجهوداتنا وسائر رغباتنا مبدولة في تخصيصها للبلاذنا وابناء ملتنا * ولا ينبغى أن يكون ما عليه هذا الغرض من فرط العظم وبعد المال مرهبا لضعفنا وما نعالنا عن التشبث بتخصيله فان كل من جد وجد وبقدر اجتهاد المرء وقابليته * يحوز من ذلك الغرض على حسب طاقته * فلنجمع لاجله مجهوداتنا * ونظم انيلد رغباتنا * ولاجل الاستمرار وعدم التنبيط * فنأب في النجاح التردد والقنوط

(الدرس الثالث)

(في الكلام على قوى الانسان الطبيعية)

لا يمكن للانسان أن يستعمل قواه الطبيعية في غرض من الاغراض الا في مدة قصيرة من الزمن فهو يحتاج لتعويض ما فقد منها بالشرب والاكل والنوم وبلاستراحة حال اليقظة واغلب الناس لا يعوض ما فقد من قواه بالنوم الا مرة واحدة في كل اربع وعشرين ساعة أعنى مدة الليل كاهل الارياف وكثير من ارباب الصنائع واولاد البلد المقيمين بالمدن الكبيرة واما اكابر

الناس فيعدّون الجزء الأول من الليل للسهر وصرف القوى في المسامرات
والحفظ لا في الشغل بل في زمن الصيف تجد كثيرا من ارباب البطالة لا ينال
الا في النهار فقط

وفي بلاد الافرنج كثير من الشغالة تجبرهم حرفهم وصنائعهم على الاشتغال
في الليل دون النهار كما رباب الصنائع الدنيئة التي يحل ذكرها بالأدب
فانهم لاجل الطمأنينة والامن على أنفسهم لا يشتغلون بها الا في الليل
طلب الاستراحة

ولا يخفى أن الاشتغال الليلية لا تلائم الصحة كالا شغال النهارية لان ضوء الشمس
مما ينعش الشغال ويقويه

وفي البلاد الحارة بكنوب ايطاليا واسبانيا والبورثغال يضطر الشغالة
في مدة الصيف الى ترك العمل وقت الظهيرة عند اشتداد الحر ولا يشتغلون
حينئذ عن النوم وهو ما يسى بالقبولة وبعد هذا النوم القصير بالنسبة
لنوم الليل يعودون الى العمل باجتهاد وهمة جديدة

ثم ان الانسان في الاوقات التي اعدها للعمل تارة يلزمه أن يعمل عملا وقتيا
كبير في مدة قصيرة منها وتارة يلزمه ادمان العمل في جميعها
واقبل اعمال كاهة على الانسان هو مشيه بدون أن يعمل شيئا غير جسمه

واذا سار الانسان السير المعتاد قطع في الساعة الواحدة المسافة التي
كما ان يعتبرها الاقدمون وحدة قياس لتقويم المسافات السفرية وهي
الفرسخ لكن مما يستبعد العقل كما كون الفرسخ عندهم كان على اثني
عشر نوعا مختلفة أقصرها فرسخ البريد اي البوسطة فانه من الطول على
٢٠٠٠ نوازة اي ١٢٠٠٠ قدم وهو تقريبا ٤٠٠٠ متر اي ٤

كما كيلومترات فاذا كان الكيلومتر ربع فرسخ من فراسخ البريد ثم الفرسخ الذي
تعادل الدرجة منه ٢٥ فرسخا معتادا اي ٤ $\frac{1}{4}$ كيلومتر ثم الفرسخ
البحري الذي تعادل الدرجة منه ٢٠ فرسخا معتادا وهو يساوي
٥ $\frac{1}{4}$ كيلومتر

وفي عدة اقاليم من اقاليم فرنسا يطلقون الفرسخ على المسافة التي يقطعها
المسافر الراجل المسرع في السير الذي لا يحمل شيئا في ساعة واحدة وهو دائما
يزيد على فرسخ البريد واقل ما تبلغ زيادته النصف فعلى ذلك يقطع المسافر
الجاد في السير في الساعة الواحدة ٦ كيلومترات اذا كانت طريقه
مستقيمة فتكون مسافة سيره في الدقيقة الواحدة ١٠٠ متر ومقدار
الخطوة في الطريق المذكورة ٨ ديسيمترات فعلى ذلك يقطع المسافر
في الدقيقة الواحدة ١٢٥ خطوة وفي الساعة ٧٥٠٠ خطوة
فيمكن للمسافر أن يسير في كل يوم ثمانى ساعات ونصف ساعة بدون أن يضرت
بصحته ولا بقواه

وقد دلت التجربة على ان المسافة المتوسطة التي يقطعها المسافر في اليوم
الواحد بدون تعب ولا مشقة تبلغ ٥١ كيلومترا
وزنة المسافر المتوسط مع ملبوساته المعتادة تبلغ ٧٠ كيلوغراما في اليوم
الواحد ينقل المسافر ما يعادل ٧٠ كيلوغراما في مسافة تساوى ٥١
كيلومترا او ينقل ٣٥٧٠ كيلوغراما في مسافة كيلومتر واحد
وليس جميع الناس في السير على حد سواء فان أهل الارياض وسكان المدن
الكبيرة اشد في السير من غيرهم لانهم معتودون على قطع المسافات
الطويلة دون غيرهم
وللترية دخل عظيم في التمرن على السير كما سنذكره في الكلام على العساكر
الرومانية

وذلك أن تعود الرجال على المشى معدود من الاصول الجهادية التي يترتب عليها
النجاح والظفر كما يشير الى ذلك مارشال دوسكس بقوله ان فن الحرب
في السيقان وغرضه من هذه العبارة بيان أن المشى له تأثير في العمليات
العسكرية فلذا كانت قوانين الجهادية تعتني اتم الاعتناء بتعيين طول الخطوة
وسرعتها ثم تبين المسافة اليومية
فالخطوة عند الجهادية اربعة انواع العادية والسريعة والسفيرة وخطوة

الهجوم * فالعادية هي ابطء الجميع فان العسكري لا يقطع منها في الدقيقة الواحدة الا ٧٦ خطوة وطولها ٦٥ سنتيمترا ومثلها في الطول السريعة ويقطع منها العسكري في الدقيقة مائة خطوة والسفريه دونها في السرعة يسيرا واما خطوة الهجوم فهي قريبة من خطوة المسافر الراجل الذي يقطع في الدقيقة الواحدة ١٢٥ خطوة وينتج من ذلك امور أحدها أن الجيش اذا سار بالخطوة العادية لا يقطع في الساعة الواحدة ٣ كيلومترات كاملة (بل يقطع ٢٩٦٤ مترا) * ثانياها انه اذا سار بالخطوة السريعة يقطع في الساعة الواحدة ٤ كيلومترات تقريبا ثانياها انه اذا سار بخطوة الهجوم يقطع في الساعة الواحدة ٦ كيلومترات تقريبا

وبين العساكر الانكليزية والعساكر الفرنسية تفاوت عظيم في النوعين الاولين فان العسكري من عساكر الانكليز يسير بالخطوة العادية في الساعة الواحدة ما يزيد على نصف كيلومتر وبالخطوة السريعة ما يزيد على كيلومتر بخلاف العسكري الفرنسي فانه دونه في ذلك ويسير الانكليزي ايضا بخطوة الهجوم في الساعة الواحدة ٥ ١/٢ كيلومترات ولكن في صورة ما اذا اقتضى الحال أن العسكري يسير على هوى نفسه بحيث يكون في سيره حرا غير مكلف يفوق الفرنسي الانكليزي كما يفوقه ايضا في التجلد على ادمان السير والمواظبة عليه في صورة ما اذا كان مكلفا بنوع مخصوص ومنشأ ذلك عدم تعود الانكليزي على السير اجملا

وقد كان الرومانيون الذين كان معظم اشغالهم الحرب والقتال يرون أن استيلاهم على الدنيا بتمامها متوقف على تعويد عساكرهم على ما ليس عند غيرهم من القوة والسرعة في السير فادركوا بذلك من الاغراض العظيمة ما تستبعد العقول الآن ولا يكاد يصدقه انسان وقد ذكر المؤلف ويحس في كتابه الذي ألفه في الخدمة العسكرية الرومانية أن العسكري من عساكر الرومانيين كان في مدة التعليم يقطع عادة في ظرف خمس ساعات مسافة ٢٠

فرسخا فصاعدا الى ٢٤ مع حمله من الاثقال ما يساوى تقريبا ٢٩ كيلوغراما الى ٦٠ رطلا افرنجيا وذلك بالنسبة الى العشرين فرسخا التى هى ثلاثون كيلومترا يساوى كمية ٨٧٠ كيلوغراما تنقل الى مسافة كيلومترا واحد وبالنسبة الى الاربعة والعشرين فرسخا يساوى كمية ١٠٤٤ كيلوغراما تنقل ايضا الى مسافة كيلومتر واحد

ففي الصورة الاولى كان العسكرى من الرومانيين مع حمله لهذا الثقل العظيم يقطع ٣٠ كيلومترا في خمس ساعات اى انه كان يقطع في الساعة الواحدة ٦ كيلومترات وذلك يزيد كيلومترا على سير العسكرى الانكليزى بالخطوة السريعة

وفي الصورة الثانية كان مع حمله للثقل المذكور يقطع ٣٦ كيلومترا في خمس ساعات اى انه كان يقطع في الساعة الواحدة ٧ كيلومترات وخمس كيلومتر بمعنى انه كان يقطع في الساعة الواحدة ما يسمى الآن بالبوطة اى البريد

وعليه فالعسكرى من الرومانيين بالنسبة لسيره وحمله الثقل المتقدم يضاهى تقريبا سرعة سير عربات السياحين التى تسير في طرق فرانس المختلفة وما ينبغي التنبيه عليه أن الذين كانوا يسرون هذا السير السريع من الرومانيين كانوا جيوشا كاملة لا اناسا متفرقين كل على حدته

ويمكن أن نعرف بالسهولة المنافع التى عادت على الرومانيين من هذه السرعة العظيمة التى اكتسبتها عساكرهم في السير ولولا خشية المعارضة لقلت ان طائفة المشاة المؤلفة من مثل هؤلاء العساكر هى كطائفة الخيالة الحقيقية لو جود سرعتها المتوسطة فيها فن ثم ترى في تاريخ قيصر (رئيس جمهورية الرومانيين) أن جيوشه كانت تجول في بلاد الغلبة من جهة الى اخرى مع السرعة الشديدة وتقابل اعداء كثيرين وتواجههم بالاغارة وكانت في أغلب الاحوال تطفر بهم بسبب هذه السرعة

ولم يتفق لاحد من رؤساء العسكرية في الاعصار المتأخرة انه آزم جيشه بالاسراع في السير اكثر مما عينته في ذلك اصول الجهادية مما يلازم حفظ قوى الانسان ولا يضر بصحته وقد اقتضى الحال غير مرة أن الجيوش الفرنسية في الحروب الاخيرة أبدت في سيرها العجب العجيب من حيث السرعة وطول المسافة الا انهم لعدم اعتنائهم بشأن المؤونة والنوم والنعال والملابس العسكرية عاد ذلك عليهم بالضرر فانهم مع نصرتهم على العدو هلك منهم اكثر مما هلك من المغلوبين

ويؤخذ مما ذكرناه من التماسيل اليسيرة انه يرجى تكميل السير العسكري بحيث يبلغ درجة الكمال فانه لا مانع من تجديد غرائب الرومانيين في هذا المعنى او ما قارب ذلك بقدر الامكان حسبما تقتضيه احوال الاعصار المتأخرة من الرفاهية وحسن التربية في انتظام الجيوش

وذلك اننا لو قابلنا الآن سير العساكر الرومانية بسير اقوياء الشغالين من أهل عصرنا كالعثالين والخردجية الطوافة ولم تقتصر في ذلك على اعتبار مجرد السير الى مسافة بعيدة غير ملتفتين الى ما معهم من الاثقال المحولة بل لاحظناهما جميعا كان حاصل ضرب الثقل في المسافة المقطوعة هو عين النتيجة النافعة المطلوبة للعامل

وقد بحث المهندس الشهير كلب صاحب المعارف الوافرة الذي ابدى فيما يتعلق بالقوى البشرية عدة اجابات مفيدة سيما في الكلام عليها تفصيلا فلم يجد في الجمالين من يتقل من بيت الى آخر مسافة ما بينهما كيلومتران احسا لا زنة كل حمل منها ٥٨ كيلوغراما اكثر من ست مرات في اليوم الواحد

وهذه المسافة التي يقطعها الجمال ست مرات في اليوم عبارة عن نقل ٥٨ كيلوغراما ست مرات الى مسافة تبلغ كيلومتريْن او نقل ٦٩٦ كيلوغراما الى مسافة كيلومتر واحد

فاذا فرضنا الآن ان العسكري الروماني كان مجبوراً على أن يعمل في سيره

عمل الجمال قلنا انه لا يتقل في الواقع ونفس الامر الا نصف ما يتقله الجمال ولا يمكنه أن يرجع ماشيا على قدميه لنقل حل آخر من مسافة كيلومترين الى اخرى مثلها وانما كان يحمل ما يساوي ١٠٤٤ كيلوغراما في مرة واحدة الى مسافة كيلومتر واحد بخلاف الجمال فانه لا يحمل الا ٦٩٦ كيلوغراما وعليه فالعسكري من الرومانيين كان يسير في ظرف خمس ساعات مسافة كيلومترين ثمانية عشرة مرة في مقابلة ما يقطعها الجمال في اليوم بتمامه اثنتي عشرة مرة نصفها بالجل ونصفها بدونه

وقدر آي كلب بمقتضى ابحاثه أن الخردجي الذي يطوف بيضاغته في طرق فرانس يمكنه حمل ٤٤ كيلوغراما ونقلها الى مسافة ٢٠ كيلومترا بمعنى انه يتقل ٨٨٠ كيلوغراما الى مسافة كيلومتر واحد وذلك أقل من عمل العسكري الروماني الذي يقطع مسافة ٣٦ كيلومترا مع حمل زنته ٢٩ كيلوغراما واكثر من عمل الجمال

فاذا أضفنا الى عمل الجمالين حاصل ضرب ثقل اجسامهم في المسافة المقطوعة وجدنا مقدار المادّة المنقولة في اليوم الواحد يعادل كيلومترا واحدا الى مسافة ربع ساعة تقريبا

فالمسافة بالنسبة للفرنساوي السائر بدون ثقل = ٣٥٧٠ كيلومترا وبالنسبة للعسكري الروماني الحامل لثقل زنته ٢٩ كيلوغراما = ٢٩٧٠ وبالنسبة للخردجي الحامل لثقل زنته ٤٤ كيلوغراما = ٢٢٨٠ وبالنسبة للعتال الحامل ٥٨ كيلوغراما = ٢٣٧٦

فترى في النتائج الثلاث الاول أن مقدار عمل الانسان يتقص بزيادة الحمل فينثذ لاتكون كمية العمل اليومية ثابتة على حالة واحدة وفاقا لما قاله دانيال برنولي احد مشاهير علماء الهندسة والطبيعة

واقول من عرف التفاوت الذي يوجد في مقدار العمل مدة اليوم بتمامه هو الشهير كلب واستنبط ذلك من استعمال قوة الانسان مدة يوم كامل على الوجه والسرعة اللذين يهما تنتهي تلك القوة

ثم انه من الآن فصاعدا ينبغي مزيد الاهتمام بالملاحظة والبحث عن كل مادة تعود بالنفع التام على اشغال الفنون الميكانيكية فيجب على رئيس المعامل وناظر الورش والفبريقات أن يسعى في تحصيل ما لا بد منه للشغالة مع المحافظة على القوى حسب الامكان فيلزمه أن يعرف حق المعرفة من الوسائط ما يترتب عليه في جميع الاحوال نتيجة عظيمة لا تحتاج الى صرف كثير من القوى ولترجع الى الكلام على نقل الاثقال فوق ظهور الرجال والسير بها على طريق اقامة اى على ارض مستوية فنقول

قد أثبت كلب بما أبداه من الملاحظات هذه القاعدة الآتية وهي انه متى جعلت كمية السير الواقع من الانسان الذى لا يحمل شيأ قاعدة فالاثقال التى يحملها تكون مناسبة لما يفقد من تلك الكمية عند سيره وهو حامل للاثقال المذكورة

فاذا فرضنا أن الجمال لا يسير الا حاملا دائما كالخردجى الذى يطوف الطرق الكبيرة كانت زنة الحمل المعادل لكمية العمل اليومية على ما أثبتته كلب ٥٠ ر ٤ كيلوغرامات وكانت المسافة التى يقطعها وهو حامل لهذا الحمل تريد على ١٨ كيلومترا وعليه فأقصى ما تبلغه قوته اليومية يعادل ٩١٩ كيلوغراما تنقل الى مسافة كيلومتر واحد

ومن المعلوم أن هذه النتائج لاتفاوت بينها وبين النتائج التى اثبتتها ارباب الصنائع للخردجية الطوافة الا بمقدار يسير وذلك أن احوالهم لاتنقص عن الحمل المعتاد الا بمقدار $\frac{1}{4}$ وكذلك النتيجة النافعة التى يبدونها هؤلاء الخردجية لاتنقص عن اعظم نتائج الجمالين الا بمقدار $\frac{1}{16}$ ولعل هذا الجزء الناقص الذى هو $\frac{1}{16}$ انما نقصه الخردجية قصدا لتقص يومية عملهم جرأ يسيرا لاتعجز قواهم عن تأديته لانه بهذه الطريقة يمكن للانسان اذا ضعفت قوته في بعض الايام عن العادة أن يتم سيره المعتاد مع حمل المعتاد بدون أن يفقد جميع قوته

وهذا من خواص النتائج الكبيرة والصغيرة التي يمكن بها تغيير مقدار المواد التي
تتركب هي منها بدون أن تتغير النتيجة المطلوبة كما ذكرناه فن المهم لأرباب
الصناعة معرفة الخواص التي يترتب عليها اعظم النتائج فان الابداء بمثل تلك
الخواص المنتجة لهذه النتيجة العظمى يعطينا سعة وفسحة عظيمة بحيث
يكون في وسعنا تغيير المواد الاصلية بدون أن يحصل في النتيجة تغير لا يقدر
معلوم

ولك أن تثبت هذه المسئلة المستنبطة من مثال الجمال بوجه اخر بان تفرض
أن هذا الجمال يجرد من نفسه الحاجة او الميل الى حمل ثقل اقل من حمله المعتاد
لكن مع صغر المسافة فعوضا عن كونه مثلاً يحمل حملاً قدره ٤٤ كيلو غراما
يحمل حملاً قدره ٥٣ ر ٦ كيلو غراما وهو يزيد على الحمل الكبير المعتاد
بمقدار $\frac{1}{18}$ فجاء حينئذ نتيجة نافعة تساوى $\frac{1}{916}$ كيلو غراما
فهى اذن لا تنقص عن النتيجة الكبرى ولا يقدر $\frac{1}{334}$

وهذه الخاصية المهمة الثابتة لتلك النتائج الكبيرة والصغيرة انما يعرفها حق
المعرفة من له رسوخ قدم وفرط مهارة فى حسابات التفاضل والحسابات البالغة
مقادير كاملة واما من كان فى معرفة تلك الحسابات على درجة لا تكفى
فى الوقوف على حقيقة هذه الخاصية فينبغى له أن يتلقاها بالقبول و يأخذها
قضية مسلمة وانما نتم ببيان أهميتها وتوضيح حقيقةتها بعدة أمثلة متنوعة
فنقول

اى مانع من العدول عن فرض ان الجمال لا يسير الا حاملا الى تقسيم يومه الى
ذهاب واياب يكون فيهما على الدوام حاملا وغير حامل فيتغير بذلك موضوع
المسئلة فادن لا تكون النتائج واحدة فى صورة ما اذا أريد معرفة النهاية الكبرى
التي يحدثها الانسان باستعمال قوام مدة يومه ويكون الحمل الذى يحمله الجمال

كيلو غرام

كيلو غرام

مساريا ٢٥ ر ٦١ وهذا فى النتيجة الكبرى عبارة عن ٤ ر ٦٩١ منقولة
الى مسافة كيلومتر واحد

وقد شاهدنا أن الجمال الذي لا يعمل إلا بموجب قوانين الصناعة انما يرغب في حمل متوسط يبلغ ٥٨ كيلو غراما وهذا الحمل لا تفاوت بينه وبين الحمل المعتاد إلا بمقدار $\frac{1}{9}$ لكن مقتضى ما ذهب اليه كلب أن كمية العمل الكلية لا تفاوت بينها وبين النتيجة الكبرى إلا بمقدار $\frac{1}{29}$ وذلك مما يؤيد أن النتيجة سواء كانت كبيرة او صغيرة تثبت لها خاصية التفاوت اليسير جدا بينها وبين اصولها المترتبة هي منها ما لم تتجاوز تلك الاصول بعض حدودها وحيث تكلمنا على صورة ما لو فرض أن الانسان يسير في طريق افقية حاملا او غير حامل وجب ان تتبع ذلك بالكلام على كمية العمل التي يحدثها في صورة ما اذا سار في طريق منحدرة او صعد على نحو سلال مبدئين بالصورة الاخيرة من هاتين الصورتين فنقول

ان المهندس كلب الذي لانزال نسمة منه كثيرا من المعارف التي تصلح أن تكون قاعدة لهذا الدرس حدد على الوجه الآتي كمية العمل التي يحدثها الانسان حال صعوده على السلال بدون أن يحمل شيئا فجعل مقدار الارتفاع الذي يصعده في الدقيقة الواحدة على سلال لا يزيد ارتفاعها الكلي على ٣٠ مترا ١٤ مترا

فاذا قلنا ان الحمل المتوسط يعادل ٧٠ كيلو غراما مكررة اربع عشرة مرة ومرفوعة الى مسافة متروا حدد ذلك على كمية العمل التي يحدثها الحامل حال صعوده على سلال افرنجية في ظرف دقيقة واحدة فاذا قلنا ايضا انه يمكنه المداومة على هذا العمل مدة اربع ساعات من الاربع والعشرين ساعة كان قياس كمية عمله اليومية ٢٣٥٠٠٠ كيلو غرام مرفوعة الى متروا واحد من الارتفاع وهذا التحديد الذي ذكره المهندس المذكور انما هو بمثابة نتيجة فرضية بسيطة وسيأتي لك في النتائج التي يمكن نظمها في سلك النتائج الصحيحة المتعلقة بقوى الانسان ما حترناه في هذا المعنى من الحسابات التي تجبر ما في ذلك من الخلل باصلاحه وتحريمه

وحيث لم نجد أدلة كاملة في شأن الجمالين الذين يصعدون السلال لم أن نبحث

عما يلزم لهم من الزمن في صعودهم على الطرق المنحدرة فنقول
ان المهندس بوردا الذي كان من الضباط البحرية ومن ارباب اكدمية
العلوم لما أراد أن يأخذ قياس ارتفاع جبل تريف فرض صعود هذا
الجبل يومين فصعد في اليوم الاول هو وجميع من كان معه من الضباط راكبين
خيولهم واستصحبوا معهم ثمانية اشخاص من البحارة مشاة كل واحد منهم
يحمل حملا زنته من سبعة كيلو غرامات الى ثمانية قطعوا منه في ذلك اليوم
مسافة ٢٩٢٣ مترا فكان صعودهم من الساعة ٩ من الصباح الى
الساعة ٥ ونصف من المساء (على حسب الساعات الافرنجية) فتكون
مدة السير ثمانى ساعات ونصف منها ثلاثة ارباع ساعة للاستراحة والاكل فتكون
مدة سيرهم حينئذ في اليوم الاول سبع ساعات وثلاثة ارباع ساعة ولا يخفى
أن جماعة بوردا هم كغيرهم من البحارة ليسوا متعودين على المشى ولكنهم
استغرقوا في السير اليوم بتمامه بدون أن يلحقهم تعب ولا مشقة فانهم زيادة
على ذلك نزلوا مسافة ٥٠ مترا للبحث عن الوقود ثم صعدوا ثانيا الى
منزلهم الاول

ولكنهم لسوء حظنا لم يبينوا لنا بوجه الدقة والضبط طول المسافة التي قطعوها
بحيث كان يمكن بمعرفة ذلك مع معرفة الكمية التي صعدوها راسيا معرفة
انحدار الطريق التي سلكوها وانما اقتصروا على قولهم ان المسافة المقطوعة
تزيد على ٢٠٠٠٠ متر بالنسبة الى الطول الافقي بمعنى أن قاعدة الطريق
بالنسبة الى الصعود الرأسى :: ٧ : ١ تقريبا او كنسبة ٦٨ : ١٠
تحقيقا ومثل هذا الانحدار عادة لا يصلح لبيان النهاية الكبرى التي يحدنها الرجال
او الخيول وانما يصلح أن يكون حدا وسطا بين النهايتين

ومتى اعتبرنا أن ما يحمله الانسان هو دائما ٧٠ كيلو غراما يصعد بها
كما ذكرنا مسافة ٢٩٢٣ مترا من الارتفاع الرأسى فهذه النتيجة تساوى
٢٠٤٦١٠ كيلو غرامات مرفوعة الى متروا حدا ٢٠٥ كيلو غرامات
مرفوعة الى كيلو متروا حدا تقريبا وذلك اقل مما قاله كلب في تقويم شغل

الانسان الصاعد على السلام المعتادة بدون حمل
ويظهر في انه كان يلزم حساب ما حمله كل انسان من الصاعدين وهو سبعة
كيلوغرامات فاكثر الى ثمانية وعليه فالنتيجة عوضا عن كونها ٢٠٠
كيلوغرامات تكون ٢٢٤ كيلوغراما مرفوعة الى كيلومتر واحد وهذه
الكمية قريبة جدا من ٢٣٥ كيلوغراما محمولة في طريق مستقيمة
لا في طريق غير مستقيمة كالتى قطعها اصحاب بوردا في صعودهم جبل
تريف

وبالجملة فلاجل مجتابة كثرة الخطا في تقويم كمية العمل اليومية التى احدثها
اصحاب بوردا يكتفى في ذلك بما شين وخسة كيلوغرامات مرفوعة
الى كيلومتر واحد او ٢٠٥٠٠٠ كيلوغرام مرفوعة الى متر واحد
وهناك بحث آخر من اهم المباحث المفيدة لم يتعرض له احد الى الآن وهو
بحث الارتفاعات التى يمكن للانسان ان يصعداها في اليوم الواحد بدون حمل
او يصعداها حاملا لكنه يسلك في صعوده طريقا منحدرة كثيرا او قليلا
اي من أدنى الانحدار الى غايته القصوى

ومن المعلوم أن الانحدار الموافق لاعظم ارتفاع يصعد به الانسان في اليوم
الواحد ينبغي أن يكون عين الانحدار الذى يفرض للمسافرين في البلاد الجبلية
في صورة ما اذا كانت الطريق المنحدرة طويلة بحيث يستغرق قطعها
يوما كاملا

ومع ذلك فهناك امور اخرى بها يتغير هذا الانحدار وهى احتياج المسافر الى
الاستراحة في مدة سيره وهل الاوفق بالسائر أن يستمر في سيره على انحدار
واحد حتى اذا قرب من نهاية المسافة يستريح مرارا عديدة او يغير الانحدار
بأن يسلك في اول سيره انحدارا عظيما ويسلك في آخره انحدارا هينا حتى تخف
عنه مشقة السير وفي الصورة الثانية لا يدرك نهاية مطلوبه الا بكثير من العمل
فالظاهر أن الصورة الاولى وان اشقت على الاستراحة مرارا اوفق من الثانية
التى هي تغيير الانحدار

والأوفق للمسافر في طريق اقية أن يبحث السير في اقل النهار ويسير بالهويننا
في آخره حتى يكون ما يصرفه من قواه في هذا الوقت الذي ضعفت فيه سيراً
لا يضربه

ومع ذلك فقد ثبت بالتجربة أن هذه الطريقة ليست اعظم الطرق في السير فان
ارباب الاسفار الطويلة يستمرون في السير على حالة واحدة مع الانتظام
وانما يستريحون عند الحاجة فهم دائماً يسلكون هذا المسلك في سيرهم
سواء كانت الطريق اقية او منحدره قليلاً او كثيراً لم يعظم الانحدار وما ينبغي
التنبية عليه أن الانسان في مبدء سيره يؤثر السير بالهويننا سواء كان راكباً
او راجلاً لتوفر قواه وتبقى سرعته الى آخر المسافة

فمن ثم ترى فيما اورده القدماء في شان الالعاب أن الاحق بأخذ السبق هو
من كان من المتسابقين صاحب رأى وحزم ووفر في مبدء المسابقة قواه ليبذلها
مع الجية والشدة في آخرها

ولامانع من تأسيس هذه القاعدة وهي ان الانسان متى اراد الصعود الى اى
نقطة مفروضة فعليه أن يتبع في صعوده الطرق المنحدرة ويؤثر الاقصر منها
على غيره ما لم يعظم الانحدار ويتجاوز حتمه

فاذا فرضنا حينئذ جالاً يصعد بالجل على السلام وجدناه في القوة كالعتال
السائر في طريق اقية بمعنى أن كمية عمله اليومية تنقص بازدياد الجل

ولم يتفق لاحد من الجالين انه جل في اليوم الواحد كثراً من ست رحلات
(افرنجية) من الخشب وصعد بها الى ارتفاع يبلغ اثني عشر متراً بل ولا يمكنه أن
يسمر على الصعود بالستة عدة ايام متوالية فاذا أريد تحصيل ذلك من جمال
أخر أقوى منه جعل له على كل جملة قرنك فتكون اجرة اليومية ستة فرنكات
و يلزم أن يكون هذا العمل هو النهاية الكبرى للعمال في يومه وكل جملة من
الخشب زنتها ٧٣٤ كيلو غراماً فعلى هذا تكون زنة الستة ٤٤٠٤
كيلو غرامات مضروبة في ١٢ متراً فيكون الحاصل ٥٢٨٤٨ كيلو غراماً
مرفوعة الى متر واحد وهذا هو الشغل الذي يحدهه الجمال في اليوم الواحد

واذا أريد معرفة ما صرفه الجبال من القوى أي معرفة كمية عمله لازم أن ندخل في الحساب زنة الخطاطيف التي يحمل بها وكذلك زنة جسمه فاذن نجد أنه يرفع ١٠٩ كيلوغرامات إلى مسافة كيلومتر واحد

وهذا المقدار يزيد يسير على نصف ما يرفعه الانسان الذي لا يحمل شيأ مدة يومه من الكيلوغرامات التي قدرها ٢٠٥ حسبا تقتضيه تجربة بحارة المهندس بوردا غير أن تقويم الكيلوغرامات المذكورة قليل جدا كما سبق وعليه فلا مانع من تأسيس قاعدة هي ان الصاعد بلا حمل يحدث نتيجة يومية تساوي ضعف ما يحدثه الصاعد بحمل يبلغ ثقله ٦٠ كيلوغراما فاكثرا إلى ٧٠

ولم تتعرض في هذا الحساب إلى ما يصرفه الجبال من القوى في نزول السلام عقب كل مرة من الصعود فاذن يظهر أن كلب أخطأ في تقويمه لهذه النتيجة حيث جعلها أقل من ذلك فانه قومها كتقويم قوة السائر على طريق اقضية بدون حمل غير أن هذا التقويم لا يغير النتيجة التي بينها تغييرا بينا بمعنى أن كمية العمل اليومية التي يحدثها الجبال الصاعد بحمله على السلام هي على النصف من كمية العمل التي يحدثها الصاعد على هذه السلام بدون حمل فاذن لا تبلغ نتيجة الجبال المذكورة الا ٥٢٨٤٨ كيلوغراما مرفوعة إلى متر واحد او ما قارب ذلك

وذلك أن الصاعد بلا حمل إلى أي ارتفاع يبلغه في اليوم الواحد يمكنه ان يرفع ٢٠٥٠٠٠ كيلوغرام إلى متر واحد أي انه يمكنه رفع ٥٢٨٤٨ كيلوغراما إلى هذا الارتفاع أربع مرات وهذه هي نتيجة الشغال الحامل

واقبح طريقة بسلوكها الجبال هي أن يصعد بالاحمال على ككتفيه او راسه او يرفعها بالخطاطيف فان هذه الطريقة وان كانت غالبة في المدن لعدم الاحتياج معها إلى شئ من الآلات الميكانيكية الا انه ينبغي اجتنابها في المعامل والورش التي يجب فيها إجراء الاشغال بغاية السرعة والتوفير على الدوام

ولا يخفى أن للآلات الميكانيكية في مثل هذه الاشغال فائدة عظيمة اذ بواسطتها يمكن للانسان أن يعمل في يومه اعمالا مختلفة سواء كان حاملا او غير حامل وبها ايضا يحدث بعض نتائج ويستعمل فيها قواه استعمالا مفيدا يترتب عليه نتائج عظيمة ولو فقد فيها معظم قواه فان الوسائط الميكانيكية وان كانت لا تمتد قوة ولا تمدتها الا انها تدبر استعمال القوى وتوزعها وتوزيعا نافعا * هذا ولا أبالي من تكرار ذلك المرة بعد المرة وسأبين الحقيقة في هذا المعنى على وجوه عديدة عسى أن يكون في ذلك ما يمنع مهرة الشغالة عن اتلاف قواهم بلا فائدة وأن يؤملوا الخير والنفع في علم الميكانيكا وان كانوا الى الآن لم يعرفوا منفعتها حق المعرفة

ولما تكلمنا على قوى الانسان من حيث استعمالها في السير على سطح افقي او منحدر سواء كان صاحبها حاملا او غير حامل وسواء كان المحمول ثقيل او خفيفا ناسب أن نعقب ذلك بالكلام عليها من حيث تطبيقها على حركة الآلات الميكانيكية فنقول

ان اعظم نتيجة يحدثها الانسان في رفع ثقل ما الى ارتفاع معلوم هو أن يصعد بمجرد ذاته لا يحمل سواها بحيث تكون بالنسبة اليه كالقوة المحركة * وهذه الطريقة تستعمل في العجلات ذات الطنابير والعجلات المدرجة المسمى كل منهما بالكرات فاذا كان في الكراكة شخص او عدة اشخاص فانهم كلما ساروا تقدموا اجهة سطح منحدر وان وقفوا على سطح منحدر انحداراً مناسباً احدثوا من النتائج اعظم نتيجة يمكن أن يبلغ مقدارها في اليوم الواحد ٢٠٥ كيلو غرامات مرفوعة الى كيلومتر واحد ويلزم أن نطرح من قيمة هذا الشغل مقدار ما تراجعه المداهم التي هي قيمة الكراكة المستعملة في الشغل المذكور

ويمكن استعمال قوى الانسان في الكراكات على الوجه الجارى في سجون انكلترا * ومحيط هذه العجلات مضرس بألواح صغيرة ككاسرات عجلات الطواحين فترى الشغالة يصعدون عليها كما يصعدون على درج السلم فيستندون بأيديهم على قضبان افقية و يصعدون مع الموازنة وغاية الهدوء

وهناك ايضا كراكات من هذا القبيل تحتر كها النساء
ثم ان الشغالة الذين يصعدون على الكراكات المدرجة تتفاوت اشغالهم متفاوتا
عظيما على حسب اختلاف السجون وقد بينا ذلك في هذا الجدول الذي حررنا
حساباته بموجب امر الحكومة وهالك صورته

مجال السجون				رجاء *		ايام الصيف	
				في الدقيقة		في اليوم	
عدد الخطوات	ارتفاع الخطوات	الارتفاع المقطوع	كيلوغرام مرفوع الى مترواحد				
عدد	مليمتر	متر	كيلوغرام				
٣٥	١٩٩	٢٢٢٩	١٤٣٦٤٣				
٣٦	٢٣٧	٢٧٣٠	١٧٤٣٦٠				
٤٠	٢١٢	٣٠٣٥	١٩٥٣٧٩				
٤٤	١٩٩	٣٣٢٧	٢١٢٩٤٦				
٤٨	١٩٩	٢٤٧٥	١٦٩١٧٢				
٤٨	١٩٩	٣٠٥٧	١٩٥٦٢٥				
٥١	١٩٩	٤٠٥٨	٢٥٩٦٩٠				
٦٠	٢٢٢	٥٣٥٢	٣٤٢٥٢٨				
٤٨	٢٢٣	٤٢٨٢	٢٧٤٠٢٢				
٣٦	٢٢٢	٣٢١١	٢٠٥٥١٧				
٧٠	٢٣٢	٤٣٩٢	٢٨١١٠٤				
٨٠	١٩٢	٣٦٨٦	٢٣٥٩٣٠				
٨٧	٢٠٢	٣١٦٣	٢٠٢٤٥١				

فورتامبتون (يورك) (نمرة ٣)	
فوتنغام نمرة ٣ و ٤	
السجن القديم (بدفور)	
ميدلوزفيلد	
سبتنون مالبة (سومرست)	
دونبير	
كامبردج	
ورويك (١)	
شرحه (٢)	
شرحه (٣)	
يوسنتون	
هنتس	
نوكاستل	على نهر التين

فورتامبتون (يورك) (نمرة ٣)
فوتغام نمرة ٣ و ٤
السجن القديم (بدفور)
ميدلوزفيلز
سبتنن مالبة (سومرست)
دونشير
كامبردج
ورويك (١)
شرحه (٢)
شرحه (٣)
بوستون
هنتس
نوكاستل على نهرالتين

ومن ثم كان العمل اليومي في سجون انكلترة يتفاوت من ١٤٣٦٤٣
كيلوغراما الى ٣٤٢٥٢٨ كيلوغراما مرفوعة الى مترواحد

وتستعمل القوة الانسانية ايضا في جز الاثقال بواسطة الآلات ذات العجلات
كالعربات الصغيرة النقلة التي تجر باليد والعربات الكبيرة فيمكن للانسان
ان ينقل في اليوم الواحد بواسطة العرببة النقلة ٥ ر ١٤ مكعبة من
التراب الى مسافة ٣٠ مترا ويمكنه ايضا اذا جر عرببة من عربات اليد المعتادة أن
يحمل من ثقلها وثقل حملها ما يساوي ١٨ أو ٢٠ كيلو غراما فان كانت
خالية عن الاثقال كان ما يحمله في جرّها ٥ كيلو غرامات أو ٦ من غير
زيادة * والقوة اللازمة لدفع العرببة على الارض الصلبة المستوية قد تختلف
من ٢ الى ٣ كيلو غرامات ومنشأ هذا الاختلاف ما يعرض للعربة
في الطريق من خفيف الارتجاج والاضطراب قليلا كان ذلك او كثيرا على
حسب مهارة الشغال في توجيه العرببة وتسييرها * وزنة حمل العرببة
المتوسط ٧٠ كيلو غراما وزنة ثقلها المتوسط ٣٠ كيلو غراما فاذا ضربنا
١٤ $\frac{1}{4}$ كيلو مترا في ٧٠ كيلو غراما كان الحاصل ١٠١٥ كيلو غراما
منقولة الى مسافة كيلومتر واحد وذلك هو نتيجة عمل الشغال الدافع للعربة
وقد سبق أن الانسان يمكنه أن يعمل على ظهره في مدة اليوم ذهابا وايابا
كيلو غرام

٤ ر ٦٩٢ منقولة الى مسافة كيلومتر واحد ونسبة هذين العددين
كنسبة ١٤٧ الى ١٠٠ وحقق المهندس كلب انها كنسبة ١٤٨ الى
١٠٠ واستنتج من ذلك على وجه التقريب أن ما يحدثه مانه رجل
بواسطة العربات اليدوية يساوي شغل مانه وخسين رجلا بواسطة المقاطف
فانظر الى فائدة مثل هذه الآلات السهلة وقد حسب موسيو جونيرو
ما يحدثه جائر العرببة النقلة ذات العجلتين فوجد يساوي ٢٣٠٠ كيلو غرام
منقولة الى كيلومتر واحد ومقتضاه انه اذا اشتغل مانه رجل في نقل الاثقال
بواسطة هذه العربات كانت نتيجة شغلهم تساوي نتيجة شغل ٣٣٢ رجلا
يشتغلون في نقل تلك الاثقال على ظهورهم بواسطة المقاطف والخطاطيف
وتساوي نتيجة شغل ٢٢٥ رجلا يشتغلون في نقل الاثقال المذكورة

بواسطة النقلات المعتادة ذات العجلة الواحدة

ومما ينبغي التنبيه عليه في شأن النقلات ذات العجلة الواحدة انه يمكن زيادة نتيجتها زيادة عظيمة وذلك بتطويل عجلتها ووضع مركز حملها عمودا على محورها بحيث لا يكابد الانسان في دفعها كبير مشقة ما لم تكن طريقه فيها انحدارات مختلفة والاعظمت عليه المشقة ولو وضع مركز الحمل عمودا على المحور فينبغي له متى كانت طريقه غير افقية أن يصرف بعض قوته في موازنة ثقل الحمل واقل الطرق فائدة في استعمال القوة الانسانية هي شد الحبال التي تستعمل في دق الاوتاد بواسطة الشامردانات

وذلك أن نتيجة العمل اليومي بهذه الطريقة لم تبلغ بمقتضى حساب كلب الا ٢٠ ر ٧٥ كيلو غراما مرفوعة الى كيلومترا واحدا فعلى ذلك اذا اشتغل مائة رجل في اشغال الكراكات ذات الطنابير مدة يوم واحد وكان صعودهم على انحدار مناسب كانت نتيجة عملهم مساوية لنتيجة عمل مائتين وواحد وسبعين رجلا يشتغلون في دق الاوتاد بشد الحبال المربوطة في الخشبة الممدودة

واذا اشتغلت طائفة من الناس في ادارة الملفات على مقتضى المقدار المتوسط الذي فرضه كلب وهو أن يرض أن هؤلاء الأشخاص يضغطون ضغطا عاديا يبلغ ٧ كيلو غرامات على يد الملف الذي يرسم محيطا قدره ٢٣ دسميترا وأن الشغالة يدبرونها في كل دقيقة عشرين مرة وأن مدة شغلهم في كل يوم ست ساعات كانت نتيجة عملهم ١١٦ كيلو غراما مرفوعة الى كيلومترا واحدا فعلى ذلك اذا اشتغل ثلاثة رجال في ادارة الملفات كان النقل الذي يرفعونه مساويا لنتيجة خمسة رجال يدقون الاوتاد بشد الحبال ومن ثم استبدلوا الآن الحبال بالملفات والتعشيق في سائر الاشغال المحتاجة للتفطن والاتقان بحيث يرفع الشامردان الى ارتفاع ما وينحط بكيفية مخصوصة

وقد حسب كلب على وجه العجة شغل عازق الارض فوجد شغله في اليوم الواحد يبلغ ١٨١ مترا مربعا وأن المعركة تغوص في الارض كل مرة

٢٥ سنتيمترا وترفع معها من التراب في كل مرة ٦ كيلوغرامات فاذا أضفنا الى ذلك ثقل المعزقة كان مجموع عمله مساويا ٤٣ كيلوغراما مرفوعة الى كيلومترا واحدا واذا لم نعتبر الا ثقل التراب الذي ترفعه الآلة معها وقت العمل كان مجموع الشغل $\frac{1}{3}$ ٣٤ كيلوغراما مرفوعة الى كيلومترا واحدا وذلك لا يبلغ ثلث عمل مدير الملف كما هو مشاهد فلذا كان عزق الارض بالمعزقة من الاشغال المحتاجة لمزيد القوة وكبير العمل ولا يلائم من الاشغال الا ما يطلب فيه الاهتمام كاشغال البساتين والحدائق التي تصرف فيها القوى البشرية مع غاية الدقة والتبصر حتى يكون الشغل فيها مع تنوعه على غاية من الاتقان وينبغي أن نضيف ايضا الى عمل العازق ما يصدر عنه من ضرب الارض بالآلة لاجل تمهيدها واصلاحها ولم تبلغ هذه النتيجة في حساب كلب الاجر من عشرين من الشغل اليومي باضافته اليها قيمة القوة اللازمة للعزق بالمعزقة وادخالها في باطن الارض واستنتج من ذلك أن مجموع ما يصرفه العازق من القوى في اليوم الواحد ١٠٠ كيلوغرام مرفوعة الى كيلومترا واحدا والذي يظهر أن شغل المحفرة المسماة بالطورية في هذه الاشغال اكثر نفعاً من شغل المعزقة وان كانا متساويين في قوة الضرب بهما على الارض بمعنى أن هذه القوة في كل منهما جزء من عشرين من القوة اليومية فلذا كانت قوة العازق بالمعزقة او بالطورية كقوة الرافعة ثم ان اخر حركات الطورية وهي التي بها تكون تسوية الارض برد التراب الخارج من باطنها الى الارض المعزوقة افقية وحينئذ فلا داعي الى استعمال قوة تعادل $\frac{3}{4}$ ٣٤ كيلوغراما لاجل رفع التراب بالمعزقة الى الارتفاع الذي قومه كلب بأربع دسمترات فن ثم كان الجارى في سائر اشغال العزق المعتادة انما هو العزق بالطورية دون المعزقة ومن المهم في استعمال القوى البشرية درجة السرعة التي بها تتنوع الحركة وشم قوة اخرى لا يمكن بدونها احداث نتيجة مفيدة لان قوة الانسان العضلية لا توصل الحركة الى اعضائه الا اذا انصرفت كلها وبمجرد عروض النقصان للحركة يصير في الانسان قابلية الى تحصيل اعظم النتائج فيصل بذلك الى النهاية

الكبرى اذ لا ريب انه بالزيادة في تنقيص قوة حركانه يحدث تأثيرات كبيرة ومصادمات عظيمة ~~ولكن~~ الزيادة لاتعادل ما تنقص من السرعة وهذا هو الموجب لنقصان الحركة دون زيادتها

وبمقتضى تجارب شول يظهر انه في تطبيق القوة البشرية على الرافعة او قضيب الكابستان المسمى ايضا بالمعطف تكون النتيجة المقيدة حاصلة من

كيلو غرام ضغط ٧٠٦ ر ١٤٠ مع سرعة تساوى ٧٣٧ ر ٠ في ظرف ثمانية

وقد قابل روبرتسون بوكمان بين اعمال اربعة من الشغالة يشتغلون اشغالا مختلفة فكان أحدهم يشتغل في ادارة الملفاف والثاني في تحريك الجداف والثالث في تحريك طولبة معتادة والرابع في دق الاوتاد وكانت مدة شغل الجميع اربع ثوان

كيلو غرام متر فوجد الاول قدر رفع في ظرف هذه المدة ٦٤٨ ر ١٢ الى ارتفاع ١٨٥ ر ٥

كيلو غرام فتكون نتيجته الكبرى ٥٨٠ ر ٦٥ مرفوعة الى متر واحد

كيلو غرام متر ووجد الثاني قد نقل الى ٣٤٨ ر ٢ ثقلا قدره ٣٩٤ ر ٤٤ فتكون

كيلو غرام نتيجته الكبرى ٢٣٧ ر ١٠٤ مرفوعة الى متر واحد

كيلو غرام متر ووجد الثالث قدر رفع ٣٥١ ر ٣٠ الى ارتفاع ٣٤٢ ر ١ فتكون

كيلو غرام نتيجته الكبرى ٧٣١ ر ٤٠ مرفوعة الى متر واحد

كيلو غرام متر ووجد الرابع قدر رفع ٦١٨ ر ٣٢ الى ارتفاع ٧٤٥ ر ٢ فتكون

كيلو غرام نتيجته الكبرى ٥٣٦ ر ٨٩ مرفوعة الى متر واحد والظاهر أن النتيجة

الاخيرة لاتطابق حسابات كلب التي حررها في استعمال القوة البشرية في الشاگردانات ولكن لايجنى أن النتائج التي استنبطها روبرتسون بوكاتان ليست الاشغل اربع ثوان فقط وحيث فلا مانع أن النتيجة الوقتية في شغل الشاگردانات تكون كبيرة بحيث لاتساويها نتيجة الشغل اليومي بمعنى انهما لا يكونان على نسبة واحدة

ثم ان الانسان لا يصرف قواه الحيوانية بتمامها الا في الاعمال البدنية التي الغرض منها تحصيل اعظم النتائج وأجود ما يستعمله من الوسائط الانسانية في اشغال ارباب الحرف والصنائع لاسيما ما كان منها محتاجا الى فكر وتأمل ينبغى قصره على عمل للعقل فيه مدخلية ويصرف فيه من القوى الطبيعية جزء كبيرا وصغير بدون ضياع زمن * وباستكمال الصناعة يكثر من الصنائع ما كانت فيه مدخلية القوى العقلية قوية ومدخلية القوى الطبيعية ضعيفة * والانسان يزد على العمل البدني الشبيه بأفعال البهائم من ثور وحمار وفرس وما أشبه ذلك اعمال الحواس الخمسة التي هي البصر والسمع واللمس والشم والذوق من حيث ان العقل هو المرشد لها في سائر اعمالها فاذا جعل الانسان لعقله مدخلية في اعماله اكتسب من ذلك معرفة عتة عظيمة من النتائج تصير له دليلا صحيحا يعول عليه في جميع اشغاله وذلك ما يسمى باكتساب التجربة وهو اكتساب عظيم في الفنون والصنائع

ومما ينبغى التنبيه عليه أن التجربة التي تنشأ عن التدقيق في ملاحظة الاشياء ومقابلتها ببعضها وتودع في الحافظة ثم يستعملها العقل انما هي نتيجة القوى العقلية وحسن ممارسة الحواس فهذه الوسائط التي يتوصل بها الى اكتساب المعارف يمكن للانسان أن يكتسب خبرة صحيحة وتجربة جيدة وذلك من اهم الامور في تقدم الحرف والصنائع

وينبغي للانسان في الاشغال التي لا يحتاج فيها الا لاستعمال جزء من قوته العضلية أن يجعل في حركاته سرعة اكثر من السرعة الملايعة للنتيجة الكبرى بدون أن يفقد قواه ويجهد نفسه فان ذلك يقربه من النتيجة الكبرى ويوصله اليها

في اسرع وقت وهذا عام في جميع الاشغال الا ما كان منها محتاجا لمزيد الضبط والاحكام ومتوقفا على كثرة الاحتراس وزيادة الاحتياط فلم يبق اذن الا توفير الزمن وعدم اضاعته بلا فائدة وسنين هذه المخطوطات في الدرس الآتي الذي تكامفيه على استعمال قوة الانسان وازديادها وعلى الانسان أن لا يقصر في مجانبه الزام الشغالة بالمثل مدة طويلة على شغل واحد ايتاما كان من اشغال الفنون لان الالزام بالمداومة على شغل واحد يترتب عليه مضار كثيرة كالا مراض المزمنة وفقد القوى ومن كان عنده أدنى دراية بالمعارف امكنه تعيين الاشغال المطلوبة من الشغالة وتحديد ها على وجه بحيث يكون لهم دائما اقتدار على التوفيق بها واعل ذلك بعينهم على تحصيل اعظم نتيجة نافعة فلهذا كان رئيس الورش والمعامل اذا أظهر انه لا يشتغل الا براحة الشغالة نال بهذه المروءة من اشغالهم محصولا عظيما

*(الدرس الرابع) *

*(في ازدياد قوى الانسان واستعمالها على الوجه المناسب) *

قد رأينا أن نبدا أولا بالبحث عن الطرق التي تستعمل في ازدياد القوة المطلقة التي يمكن للانسان استعمالها في اشغال الصناعة والتي تستعمل ايضا في تحصيل امور نافعة وهي الاستمرار والسرعة والنشاط في عمل هذه القوة ثم نبين كيفية تحصيل هذه النتائج باجتماع القوة العقلية والقوة البدنية ونبين ايضا ما عساه ينشأ عن هذا الاجتماع لكل من الجنسين اى الذكور والاناث من النتائج العظيمة التي بها تزداد راحة العباد وتصير طائفة الشغالة جامعة بين السعد والمعرفة فنقول

متى بلغ الاطفال من العمر خمس سنوات اوستا فقد جاء أو ان تعليمهم اشغال الصناعة فيناطون منها بما يستمدى قليل الاستعمال من القوة البدنية ويسير التفكير من القوة العقلية فيناطون مثلا في اشغال الزراعة بحراسة الحيوانات الاهلية المألوفة السهلة الانقياد وفي المعامل والورش بالعمليات التي

لا تحتاج لكبير تعب ويمكن اتقانها بأدنى تدريب واقل تعويد ولا شك أن
في تعويد الصبيان على الشغل من مبدء صغرهم فائدة عظيمة جدًا الا انه ينبغي
أن لا يسلك في ذلك ما سلكه كثير من رؤساء المعامل والورش في ابريطانيا الكبرى
من الافراط والقسوة حيث كانوا يلزمون صغار المتعلمين بالشغل مدة طويلة
من الزمن ويجبرونهم على مداومة العمل مدة ساعات عديدة حتى وضع أرباب
القوانين لذلك قانونا حصر الشغل المطلوب من الصبي في اوقات يسيرة وجعل له
حدًا محددًا ومع ذلك اذا نظرنا الى ما يعانيه الصبي من المشقة في هذا الشغل
مع حداثة وصغره سنه أخذتنا عليه الرأفة والشفقة

وفي بعض الورش التي يديرها رؤساء جمعوا بين المروءة والمعركة تجده هؤلاء
الرؤساء يعينون جزءًا من الزمن المعتاد لا شغال الصبيان لاكتساب المعارف
اللازمة لكل من أراد الامتياز منهم في اشغال الصناعة فكانوا يعلمونهم
في ورشهم القراءة والكتابة والحساب ثم يضمنون الى ذلك بعد مدة قليلة تعليم
تطبيق الهندسة والعمليات الميكانيكية كما هو الجارى الآن عند الفرنسيين
فاذا لم يعلموهم هذا التعليم الثانوى بل اقتصروا على الاول أمكن للصبيان
بعد أن يعرفوا القراءة والكتابة وتستكمل عقولهم أن يطالعوا بأنفسهم
دروس هذين العلمين ويتعلموها بدون اجرة وعمال قليل يترتب تعلم هذين العلمين
في جميع مدن فرنسا ذات الفنون والصنائع

واما اذا كان التعليم خاليا عن التدبير والادارة بأن كان على وجه يضر بصحة
الصبيان لما فيه من الافراط وكثرة الشغل فان ذلك يسلب قواهم العضلية
نحوها وسرعها لاسيما اذا جروا في اغذيتهم واعمالهم على النظام المقرر الذي
بدونه لا تتم الصحة

والى هذا الوقت لم يلتفت رؤساء المعامل والورش الى تأثير الاغذية في الشغالة
من حيث كمية العمل التي يمكنهم تحصيلها ومن حيث النتائج التي تكون لزيادة
الشغل في راحة الشغالة وثروة رؤسائهم

فاذا قابلنا طريقة الشغالة الفرنسية في الغذاء بطريقة الشغالة الانكليزية

في ذلك عجبنا غاية العجب من التفاوت الذي بين هاتين الملتين في طريقة المعاش
فان الشغالة الفرنسية في كثير من الصنائع لا يأكلون اللحم مدة الاسبوع
وان اكلوه يوم الاحد فاذك الامر دالتنم والترقه بخلاف الشغالة الانكليزية
فان اللحم عندهم هو الغذاء المعتاد

وقد قومت مقدار ما يأكله الانسان من اللحم سواء كان في فرنسا او انكلترا
فكانت نتيجة التقويم أن الفرنسي اذا اكل من اللحم ٦١ كيلو غراما
فالانكليزي يأكل منه اكثر من ١٧٨ كيلو غراما بمعنى انه يأكل منه بقدر
ثلاثة امثال الفرنسي وينشأ عن هذا التفاوت في الغذاء تفاوت عظيم
في القوى البدنية لان الاغذية الحيوانية تكسب الانسان من القوة البدنية التي
يصر فيها في الاشغال كل يوم ما لا تكسبه اياه الاغذية النباتية وهذا هو السبب
في كون الشغالة الانكليزية تفوق في الشغل الشغالة الفرنسية

فاذن يلزم تحريض الشغالة الفرنسية على اكل اللحم بقدر الامكان فانهم
الآن في كثير من الصنائع يأخذون من المأكولات ما لا ينفي بما فقدوه من
القوى اليومية فلا يأتى عليهم الاسبوع الا وههم في غاية الهزال والضعف
وفي يوم الاحد يبحثون عن تعويض ما فقدوه من القوة عاكلا ومشارب
مباينة بالكلية في الطبع والكمية للمأكول والمشارب التي استعملوها قبل ذلك
في باقى ايام الاسبوع فيلحقهم بسبب ذلك من الضرر وسوء الحال ما يلحق من
مكث جائعامة طويلة ثم انهم مك على الاكل دفعة واحدة مع انهم كانوا يؤملون
من تعاطى هذه الاغذية الراحة وحسن الحال فتراهم يوم الاثنين لا يقدر
على الشغل كيوم الاحد الذي هو يوم البطالة

والظاهر أن هذا هو السبب الاصل في كون اكثر الشغالة بالمدن الكبيرة
يتركون العمل يوم الاثنين

واعظم طريقة في جبر هذا الخلل هو تعويد الشغالة على تعاطى الاغذية الجيدة
بأن يذكراهم من نصائح الحكمة وصحيح الامثال ما يبعثهم على ذلك فانه بهذه
الطريقة يؤمل رجوعهم عن ترك العمل يوم الاثنين ولو فرضنا انهم لا يصرفون

في تحصيل الاغذية الجيدة التي يتعاطونها في ايام العمل الستة الاجرة عمل هذا اليوم (يعني يوم الاثنين) التي لا تزيد على مصاريفهم المعتادة لوجدوا من انفسهم في الواقع ونفس الامر اقتدارا على تحصيل كمية عظيمة من العمل في مدة الابرار الخمسة فيكون ذلك وسيلة لهم في طلب زيادة الاجرة من رؤسائهم ويتقطع عنهم ما يلزم الحياة المحتملة النظام من تراكم الامراض وسرعة الهرم والضعف فتطول بذلك مدة صرفهم لكمية عظيمة من قواهم العضلية وتقصّر مدة ما يلزمهم من الفاقة والفقر في صورة ما اذا لم يكن عندهم اقتصاد وحسن تدبير في زمن شربو بيتهم بحيث يتدخرون ما يتفعهم وقت الحاجة والكبر

وعلى رؤساء المعامل والورش ان يبذلوا جهدهم في ازدياد صندوق التوفير ويستعملوا في ذلك ما يمكنهم من الوسائط بأن يأخذوا من كل شغال مقدارا من اجرة اليومية ويضعوه في هذا الصندوق على سبيل الودعة لوقت الحاجة اليه كحدوث مرض او بطلالة او بلوغهم سنالا يمكن معه العمل

وبعد ان تكلمنا على الطرق التي تزيد بها كمية العمل ظهر لنا ان هذه الكمية لا اقل من انها زادت الخمس في مثل مدينة باريس فوجب علينا الان ان نبحث عن الفائدة التي تعود على رؤساء الورش من هذه الزيادة فنقول

اذا فرضنا ان ورشة من ورش الصناعة يبلغ رأس مالها ١٠٠٠٠٠٠ فرنك وأن ما تصرفه مدة السنة في اصلاح ما تلف من آلاتها عشر هذا المبلغ اعني ١٠٠٠٠٠ فرنك وأن فيها من الشغالة مائة شخص يشتغلون من الاسبوع خمسة ايام اجرة كل واحد منهم في اليوم فرنكان بمعنى انهم يشتغلون من السنة مائتين وستين يوما فيكون مجموع اجرتهم ٥٢٠٠٠٠ فرنك وفرضنا ايضا أن الاجرة السنوية للمستخدمين فيها من ملاحظين ورؤساء وغيرهم تبلغ ١٠٠٠٠ فرنك فمجموع مصاريفها السنوية هو المبلغ الآتي

رأس المال المفروض	١٠٠٠٠٠٠ فرنك
المصرف منه للاصلاح	٠١٠٠٠٠ فرنك
الاجر السنوية للرؤساء وغيرهم	٠١٠٠٠٠ فرنك
الاجر اليومية	٠٥٢٠٠٠ فرنك
المجموع	<u>١٧٢٠٠٠</u>

فاذا ورد لهذه الورشة في نظير اثمان بضائعها مبلغ ٧٢٠٠٠ فرنك فانها لا تربح ولا تخسر واما اذا جرى بنا على ما هو المعتاد في سائر الورش التي تربح العشر في المائة فينبغي أن حاصل الاجر يبلغ من جهة ٧٢٠٠٠ فرنك ومن جهة اخرى ١٧٢٠٠ فرنك فمجموع ذلك ٨٩٢٠٠ فرنك فاذا فرضنا الآن أن الشغالة يشتغلون من الاسبوع ستة ايام عوضا عن الخمسة المتقدمة بأن كان شغلهم يستغرق من السنة ثلثمائة واثنى عشر يوما عوضا عن المائتين والستين يوما السابقة وفرضنا انهم يعملون في كل يوم خسا زيادة على عملهم المعتاد وياخذون اجرة مناسبة لهذه الزيادة بحيث تكون اجرتهم اليومية من فرنكين الى فرنكين واربعين سنتيما ويكون مجموع اكسابهم مدة السنة ٧٤٨٨٠ فرنكا وفرضنا ايضا أن المصاريف اللازمة للاصلاح الآلات زادت قدر نصف زيادة الشغل بحيث صارت ١٢٢٢٠ فرنكا عوضا عن المقدار السابق الذي هو ١٠٠٠٠ فرنك ينتج من ذلك أن مجموع المصاريف كلها هو المبلغ الآتي

رأس المال المفروض	١٠٠٠٠٠٠ فرنك
المصرف منه للاصلاح	٠١٢٢٢٠ فرنك
الاجر السنوية	٠١٠٠٠٠ فرنك
اجرة مائة شغال	٠٧٤٨٨٠ فرنك
المجموع	<u>١٩٧١٠٠</u>

فرأس المال المفروض في هذا المبلغ هو ١٠٠٠٠٠٠ فرنك والمصاريف ٩٧١٠٠ فرنك فلما زادت كمية العمل في نسبة ٥ الى ٦ زائد على عني من ١٠٠ الى ١٤٤ كان مجموع الاجرة الذي بلغ في الفرض الاول

كما ذكرنا ٨٩٢٠٠ فرنك

يبلغ الآن ١٢٨٤٤٨ فرنك

ولكن تكون المصاريف ٩٧١٠٠ فرنك

٣١٣٤٨

فيكون الباقي

فيكون حينئذ مبلغ ٣١٣٤٨ فرنكا هو مقدار ربح راس المال الذي هو ١٩٧١٠٠ فرنك وهذا هو السبب في أن كل مائة صار ربحها ستة عشر بعد أن كانت في الفرض الأول تريح عشرة

وهاهي النتائج المتحصلة من الفرض الثاني * أولاً أن الشغالة تأخذ عوضاً عن ٥٢٠٠٠ فرنك ٧٤٨٨٠ فرنكا وبذلك تزيد راحتهم النصف تقريباً * ثانياً أنه يتصل عن الصناعة محصولات تزيد النصف على محصولات الفرض الأول * ثالثاً أن صاحب الورشة يربح في كل مائة من رأس ماله ١٦ عوضاً عن كونه يربح فيها ١٠

وهذا الترتيب يعود على الشغال بالمنفعة إذا قنع صاحب الورشة بربح اثني عشر في كل مائة وجعل اجرة العمل ستة في كل مائة

ويلزم الآن أن نعرف ما يكون لرؤساء الورش في تلك الوسائط الممكنة من عظيم المنفعة بحيث يتحصل لهم من العملة كمية كبيرة من العمل في اوقات معلومة فتقول هي أن جملة من التعهدات الصناعية التي يتراعى الآن انها متعذرة او مضرّة يتحقق نفعها بازياد العمل اليومي بدون نقص الاجرة اليومية وبهذا الازدياد ايضاً يزداد نفع التعهدات النافعة * والعمل لهم في ذلك ايضاً منفعة عظيمة فينبغي افهام كل من الرؤساء والعمل هذه المنفعة المشتركة التي ربحاً ترتب عليها لكل من الطائفتين ازدياد الراحة والسعادة

واما الوسائط التي يزيد بها العامل عمله فهي قليلة محصورة في انتظام المؤونة واجتناب الافراط في جميع انواع المآكل والمشارب والمواظبة على العمل بحيث لا يضيع وقتاً من اوقات الشغل بلا فائدة

وله غير تلك الوسائط الاولى وسائط اخرى يزيد بها عمله ايضاً وهي عبارة عن

الآلات التي يشتغل بها والقطنة التي بها يحسن تشغيل تلك الآلات فان الآلات معدة للعمل على اختلاف انواعها يحدث عنها نتائج متنوعة تختلف باختلاف شكلها ومادتها جودة وريادة قلة وكثرة اذ العامل الذي يشتغل مثلاً بالمبارد الجيدة الشكل والسقي يحدث من النتائج ضعف ما يحدثه العامل الذي يشتغل في هذا العمل بمبارد لا تضاهي الاولى في الجودة وكذلك باقى الآلات كالمقصات والبريمات الصغيرة والكبيرة والمناشيرو نحو ذلك

وفي بلاد انكلترة يعرفون حق المعرفة اهمية الآلات التي بها يحدث العامل في اليوم كمية كبيرة من العمل ففي كثير من الصناعات الواهية بتلك البلاد تجد عند الصانع الصغير من الآلات ما يساوى ١٠٠٠ فرنك فصاعداً الى ١٢٠٠ فرنك بخلاف من كان على صنعة من صناعات فرنساوية فانه قل أن يوجد عنده من هذه الآلات ما يساوى ١٠٠ فرنك * ولنفرض أن الصانع اذا اشتغل بالآلات مما يساوى ١٠٠ فرنك يكتسب في اليوم ٣ فرنكات وأنه اذا اشتغل بالآلات جيدة الصفة متنوعة الشكل صالحة لكل شيء يحتاجه في صنعة و كانت مما يساوى ١٠٠٠ فرنك فانه يكتسب في اليوم ٤ فرنكات وذلك فرض صحيح مناسب فينتج عن ذلك أن الصانع المذكور يكتسب في طرف ثلثمائة يوم من ايام الشغل ٣٠٠ فرنك زيادة على ما يكتسبه لو اشتغل بالآلات مما يساوى مائة فرنك

فاذا قلنا ان مبلغ ٩٠٠ فرنك الذي هو فرق ثمن الآلات يلزم له مصروف سنوى يبلغ ١٥ في المائة كان مصروف الآلات السنوى ١٣٥ فرنكات طرح من الربح السنوى الذى قدره ٣٠٠ فرنك فيكون الباقي ١٦٥ فرنكا وهو الربح الخالص المتحصل من رأس مال الآلات التي قيمتها الف فرنك

فاذا صرف الصانع من هذا المبلغ الباقي الذى هو ١٦٥ فرنكا في تنظيم مؤوته اليومية ٦٥ فرنكا وأبقى المائة في صندوق التوفير فانه في ظرف ثمان وعشرين سنة يتحصل عنده ٦٠٠٠ فرنك وفي ظرف اثنتين واربعين

سنة يتحصل عنده ١٤٠٠٠ فرنك فهذا التوفير المستقر يجود الصانع ما يكفيه مع الراحة في المعيشة زمن الهرم والشيخوخة فعلى المعلمين أن يبينوا للتلامذة تفصيلا فائدة هذا الإبقاء ومنفعته بأن يعلموهم درسا في الحساب يعرفون به التدبير المنزلي والسعادة الاهلية

وبالجملة فازدياد العمل الناتج عن جودة الآلات وتحسينها يترتب عليه فوائد عظيمة لرؤساء الورش والمعامل حسبا تظهر لنا في الصورة التي ذكرناها أن العامل يمكنه أن يزيد كمية عمله اليومية بوسايط أخرى فلذا كان الرؤساء يرغبون في أن العملة يكون بأيديهم جميع أنواع الآلات الجيدة التي تصلح لجميع الأشغال على اختلاف أنواعها

فإذا وقف الصناع والرؤساء على حقيقة ما ذكرناه كان ذلك باعنا للصناع على أنهم من الآن فصاعدا لا يشترون إلا الآلات الجيدة من سائر الأنواع كالمساطر والزوايا والبراجل التي تكون على غاية من الصحة والضبط وكالمبارد والمقصات والبريمات الكبيرة واللواكب ونحوها مما يكون قد بلغ في جودة الصفة والمادة أعلى درجة ومتى عظمت رغبة الصناع والرؤساء في هذا الغرض اضطر صناع الآلات إلى مزيد الاعتناء بصنعتهم وجبروا على الاهتمام بشأنها كاختخاب أجود المواد وتجهيزها ومن مثل هذا التغيير تحصل نتائج كثيرة النفع عظيمة الفائدة

ومتى وجد في الآلات جميع الصفات المطلوبة واستعمل الصانع جميع الوساطات التي تزيد بها قوته البدنية كطبيب الغذاء وحسن السلوك لم يبق عليه من الوساطات إلا ما يزيد به عمله اليومي وهو أن يحسن استعمال آلاته ويستعمل في تشغيلها المهارة والنشاط وهذا انما ينشأ من حذق الصانع ومزيد التفاته إلى اشغاله بخلاف ما إذا تعود على الإهمال والتساهل فيها فانه قل أن يصل إلى درجة الكمال والسرعة ولو فرض التخير في الشغالة لترجع منهم من كان دأبه الصمت والتفرغ للاشغال على من لازم الهذر وكثرة المحادثة واللعب والملاهاة عن الشغل فاذن يلزم اصناع الفرنسيين كثرة السعي والاجتهاد حتى يصلوا إلى

درجة صناع الانكليز في الصمت والتفرغ للعمل

ولما انكلما على ما يؤثر في كمية العمل من حيث هي ناسب ان نعقب ذلك ببيان ما يكون فيه العمل ناجحا او غير ناجح على حسب ما في حركات الصانع من السرعة كثرة وقلة فنقول

قد رأينا أن نمثل لذلك بنقل العتالين والحدوجية للاعمال كما في الدرس السابق فنقول ان العتال اذا حمل ما يحمله الناس المتوسطون في القوة وهو حمل قل أن يبلغ ٢٠٠ كيلو غرام لا يمكنه أن يتحمل به اصلا ما لم ينقص حمله بالتدريج شيئا فشيئا والا أمكنه أن يقطع مسافة تزيد بنقص الحمل المذكور على التدريج حتى يصير غير حامل بالكلية واذن يمكنه أن يقطع في اليوم مسافة لا تزيد بالنسبة للناس المتوسطين في القوة على ٥١ كيلومترا وذلك في صورة ما اذا كان مجبورا على سلوك طريق متعبة وفي الحالتين اذا ضربت النتيجة المفيدة التي تعرف بموازنة الحمل في المسافة المقطوعة ساوت صفرا وهذه هي الحدود الدالغة الغاية التي يمكن أن نجد فيها نسبة بين الحمل والسرعة ونجد فيها ايضا أن حاصل ضرب الحمل في طول الطريق التي يقطعها الجمال بهذه السرعة هو النهاية الكبرى

وكذلك جميع انواع الاشغال التي يعانها الانسان بجسمه أو بإطرافه يوجد فيها نوع نسبة بين القوة والسرعة التي بها تحصل النتيجة الكبرى المفيدة أي السرعة التي بها يقطع الانسان مع مقاومة موانع محدودة مسافة يكون حاصل ضربها في هذه المقاومة هو النتيجة الكبرى

فعلى الصانع الماهر لا سيما رئيس الورش والمعامل أن يبذل الجهد في معرفة القوة والسرعة اللتين باجتماعهما تحصل النتيجة الكبرى واذا التفت ارباب الصناعات الى هذه الملحوظات فلا بد أن يحدث في معظم اشغال الفنون نسب جديدة بين القوة والسرعة تكون اهم وانفع من النسب الحاصلة بالتجربة والممارسة

وقد ذكر غير مرة موسيو نالوواي وهو من الماهرين العارفين بالآلات

في بلاد انكلترا أن من جملة استكالات اشغال المعادن الشهيرة التي ترتب عليها قلة التعب في صناعة الحديد السائل نقصان سرعة المتعب نقصا يينا وبذلك عرفوا أن القوة اذا ضربت في المسافة المقطوعة تكون عظيمة جدا بالنسبة الى القوة المفروضة

وكثير من انواع الصناعة ما تكون فيه زيادة السرعة منشأ لفوائد جسيمة وقد مثلنا لذلك فيما سبق في الجزء الثاني من هذا الكتاب بالمناسير المستديرة من حيث انه اذا زادت سرعة حركتها تولد عنها بالقوة المفروضة لها نتيجة عظيمة

واما تعب الاجسام بالارصاص والكلل والسهام وغير ذلك من الاجسام فانه عند زيادة السرعة لا يحتاج الا الى كمية قليلة من الحركة ومن هنا استعملت القوة التي بها تزيد سرعة الاجسام التي يرمى بها في الحروب وهدم الاسوار ثم انه يلزم الاهتمام بان تثبت لكل نوع من انواع الصناعة تفاوت درجات السرعة اللازم لكل عملية ميكانيكية وأن ننشر في مجموع مخصوص هذه النتائج النفيسة المترتبة على العملية عند استكمالها بتقدم الفنون

وبقطع النظر عن النتيجة العظيمة المترتبة على ما بين القوة والسرعة من النسبة تجد للسرعة فوائد خاصة بها يلزم الالتفات اليها

ولنفرض أن ورشة من الورش من اى فرع كان من فروع الصناعة تستدعى أن يكون رأس مالها مليونان من الفرنكات وانه يلزم لها من المواد الأولية لاجل التشغيل ما يساوى ٢٠٠٠٠٠٠ من الفرنكات في ظرف سنة وأن عدد الشغالة فيها مائة ومدة العمل ثلثمائة واثنا عشر يوما واجرة كل واحد منهم فرنكان في كل يوم فيكون مجموع اجرة الشغالة ٦٢٤٠٠ فرنك فيضم اليها مقدار الربح وهو ٦٢٤٠ فرنكا وكذلك مقدار ربح المليون المفروض للورشة وهو ١٠٠٠٠٠٠ فرنك فيكون مجموع المصاريف ١٦٨٦٤٠ فرنكا وذلك هو مصاريف تشغيل المواد الأولية التي

تساوى ٢٠٠٠٠٠٠ من الفرنكات في ظرف سنة فيكون ربح التاجر عشرة في المائة ويلزم في تقويم البضائع المشغولة حساب المبالغ التي في هذا الجدول وهي

مواد أولية ٢٠٠٠٠٠٠٠ فرنك

ما يخص قيمتها من الربح ٢٠٠٠٠٠٠ فرنك

مصاريف التشغيل ١٦٨٦٤٠ فرنك

المجموع ٢٣٦٨٦٤٠

فإذا فرضنا الآن أنه يلزم لهذا الشغل مائتا يوم ومائتا عامل اجرة كل واحد منهم فرنكان كما في الفرض الأول كان مجموع اجرة الشغالة ٨٠٠٠٠٠ فرنك عوضا عن ٦٢٤٠٠ وهو مبلغ جسيم فتكون نسبة ٣١٢ يوما من ايام الشغل السنوي الى ٢٠٠ يوم كنسبة ١٠ الى ٦٤١ التي هي ربح المال في مدة التشغيل الجديد فعلى هذا لا تزيد مصاريف التشغيل على ما في هذا الجدول وهو

اجرة الشغالة ٨٠٠٠٠٠ فرنك

مصرف الورشة ٦٤١٠٠ فرنك

المجموع ٨٦٤١٠٠

فإذا ضربنا هذا العدد في ٠.٦٤١ نحصل معنا مبلغ ٩٢٣٦ فرنكا و ٨١ سنتيا وبإضافة هذا المبلغ الى ٨٦٤١٠٠ فرنك يكون المجموع ١٥٣٣٣٦ فرنكا و ٨١ سنتيا وبذلك يمكن تحرير هذا الجدول وهو

اجرة لتشغيل ١٥٣٣٣٦ و ٨١ سن

ربح البضاعة في ظرف مائتي يوم من ايام الشغل ١٢٨٢٠٠

مجموع ثمن المواد المشغولة بطريقة التشغيل الجديدة بأن كان الشغالة مائتي عامل والمدة مائتي يوم ٢٢٨١٥٣٦

وهذا بخلاف الفرض الأول فان اجرة الشغالة فيه لم تبلغ الا ٢٣٦٨٦٤٠

ي طرح منها ٢٢٨١٥٣٦ و ٨١ س

فالباقى وهو الربح الذى يقسم بين الرئيس والصنابعى هو ١٩٠٣ و ٨٧١ س
ويتحصل هذا الربح مع زيادة المصروف الناشئة عن كون الشغالة
يستغرقون فى العمل اربعين الف يوم عوضا عن كونهم يستغرقون
فيه واحدا وثلاثين الف يوم ومائتى يوم (وحرف ف الموضوع فوق العدد
رمز الى الفرق س رمز الى السنتيم)

وبهذا المثال يتضح لنا أن الورش التى يكون رأس مالها جسيما بالنسبة
الى مصروف شغالاتها ينبغي لها استعمال جميع ما يمكنها من الوسائط فى سرعة
الشغل ولو فى حالة ما اذا زادت على النتيجة العظمى التى يمكن تحصيلها من
الشغالة والآلات

وكلما تقدمت الصناعة عند ائمة من الامم وصار رأس مالها جسيما صارت
مقادير المواد الصناعية عظيمة بالنسبة الى مصاريف العملة فعلى ذلك ينبغي
اسراع الشغل حسب الامكان

فيلزم حينئذ أن نجعل من القواعد الصحيحة المضبوطة انه كلما استكملت
الصناعة عند ائمة من الامم زادت السرعة فى عملياتها الصناعية بحيث تحصل
عندها النتيجة العظمى فى جميع الاوقات

ثم ان التفاوت الذى يكون فى سرعة الاشغال يمكن معرفته معرفة جيدة
اذا قابلنا صناعة الاهالى الذين لم يبلغوا درجة الكمال فى التقدم بصناعة
الاهالى الذين هم على درجة فى ذلك فان جميع الاشغال عند الاهالى
الذين لم يتقدموا فى الصناعة لا تحصل الامع غاية الفتور وكذلك الانتقالات
والسياحات لا تصدر منهم الامع غاية البطء والتراخى فلا مانع حينئذ أن يقال
ان الاشغال والانتقالات فى اسبانيا قليلة السرعة جدا بالنسبة لغيرها
من عمالك اوروبا المتدنة واما ايطاليا فهى اقل بطأ من اسبانيا
و فرانس اكثر سرعة واسرع منها ابريطانيا الكبرى

ومتى ملك الانسان رأس مال جسيما وعرف قيمته حق المعرفة كان الزمن عنده من اهم الاشياء واعظمها حيث ان ارباحه تزداد بازدياد العمليات التي تحصل في ذلك الزمن فعلى كل انسان أن يبذل جهده في عدم اضاعة الزمن وفي سرعة جميع الاشغال على اختلاف انواعها بمجرد ما تحصل عنده رأس مال جسيم فعوضا عن كونه يسافر ماشيا يركب عربة ولوزادت مصاريقها عن مصاريق المشي فاذا لم تسعفه العربة بأن كانت تعوقه عن ادراك غرضه سلك مسلكا آخر يكون اسرع من ذلك كالبوسطة فان كان هذا الامر مهما جدا بحيث لا يسعفه ذلك ايضا أرسل السعاة الذين هم اكثر سرعة من غيرهم وبالجملة فينبغي أن تكون مراسلاته اسرع من مراسلات الدولة وهذا الامر المرغوب الكثير النفع الذي هو زيادة السرعة بالتدريج في اتصالات الاشياء والاشخاص منذ عدة قرون لا يسعنا أن نتكلم عليه هنا تفصيلا وانما أتاني بطرف منه على سبيل الاجال فنقول

ان توزيع الاشغال معدود من قوى الوسايط في سرعة العمل واستكمالها وذلك انه كلما كانت الحركات المنوط بها الصانع قليلة لا اختلاف فيها كانت سهولة التكرار مع السرعة والكمال ومن ذلك تظهر النتائج العجيبة المترتبة على توزيع الاشغال

واذا أردت بيان اهمية توزيع الاشغال بذكر المثال الشهير الذي يلهم به كثيرا ارباب الاقتصاد والوفرو بيان ما ذكرناه من فائدة هذا التوزيع التي لم تصد احد لبيانها الى الآن على ما يظهر وان كانت معدودة من النتائج الطبيعية الناشئة عن حواسنا المعتبرة كأنها آلة قياس ومكررة للحركات الدورية فتمثل لذلك بصناعة الدبايس فنقول ان الصانع اذا لم يكن متعودا على هذه الصناعة بأن كان غير متمرن على تدوير الآلات اللازمة لها فانه وان كان بإمكان من الخدق والمهارة لا يمكنه أن يصنع من الدبايس في مدة اليوم الاعداد قليلا وقل أن يعمل منها اثنى عشر ديو سافي يومه وبموجب الطريقة الجديدة المرتبة الآن في عمليات هذه الصناعة لا يكون مجموع تلك العمليات وظيفة

واحدة بل توزع الى عدة اشغال خصوصية بحيث يكون كل منها
وظيفة مستقلة بأن يصب أحد الصانع السلك المعدني مثلاً بواسطة
الآلة المعدة لذلك والثاني يساويه ويعدله والثالث يقطع رأسه والرابع
يصنع له سنا والخامس يسن منه الطرف الذي يوضع عليه الرأس وهذا
الرأس ايضا من وظيفة اثنين من الصانع او ثلاثة وهنالك ايضا عملتان اخرى
احدهما تطريق الرأس والاخرى تبيض الدبايس وهذه العملية غير عملية
تقب الاوراق ووضع الدبايس فيها فعلى ذلك تكون صناعة الدبايس موزعة
الى ثمانى عشرة وظيفة تقرىبا يقوم بادائها فى الورش المستكملة عدد كثير
من الصناعات كل له وظيفة تخصه

وقد ذكر آدم سميت فى هذا المعنى ورشة صغيرة من جنس هذه الصناعة
صناعها لا يزيدون على عشرة ومقتضاه أن الصانع فيها يقوم بوظيفتين
او ثلاث وهذه الورشة وان كانت قليلة الآلات الا انه يحصل منها
فى كل يوم ٦ كيلو غرامات من الدبايس فهى على ذلك تصنع منها ما يزيد
على ٤٨٠٠٠ دبوس فكل صانع يعمل عشر هذا الم محصول بمعنى انه
يعمل فى يومه ٤٨٠٠ دبوس وهذا بخلاف ما لو كان كل صانع
يستغل على حدته بدون أن يكون منوطا بوظيفة مخصوصة فانه لا يعمل
فى يومه عشرين دبوسا بمعنى انه لا يصنع من ذلك مائتين واربعين جزءا
كما يصنعه فى صورة توزيع الوظائف واذا أمعنت النظر فى هذا المعنى
لم تستغرب صدور هذه النتيجة من الصانع الواحد حيث انه يحدث
من الحركات ما يكتفى فى عمل هذا المقدار أعنى ٤٨٠٠ دبوس
كل يوم اذ لو فرضنا أن اليوم عشر ساعات لم يساو اليوم المعتاد بالنسبة
الى الورش الكبيرة لان الساعات العشرة عبارة عن ستائة دقيقة او ثلاثين
الف ثانية فلو فرضت أن الصانع يعمل فى كل ثانية خمس حركات وذلك فرض
مناسب خال عن المبالغة وجدت مجموع الحركات التى يعملها فى الساعات
العشرة ١٨٠٠٠٠٠ فاذا قسمت هذا العدد على ٤٨٠٠ دبوس

وجدت لكل دبوس من ذلك $\frac{1}{37}$ بخلاف ما اذا قطع الصانع الدبابيس عشرة عشرة وسنّها كذلك وعدّها ايضاً كذلك فانه يلزم له في الحقيقة أن يحدث لصناعة كل دبوس ٣٧٥ حركة واذا فرضنا أن جميع هذه الحركات تصادف محلاً ولا يصعب منها حركة سدى كان هذا العدد كبيراً جداً بالنسبة لصناعة شيء هير كند دبوس

وقد سبق أن الصانع اذا لم يكن متعوداً على تكرار هذه الحركات الاولى وأزم بعمل الدبابيس واحداً بعد واحد لم يعمل منها عشرين في كل يوم بمعنى انه لا يمكنه أن يحدث في يومه من الحركات النافعة ما يزيد على ٧٥٦٠ حركة بل وتضيع منه اربعة اجناس رهنه بدون فائدة ودون وجوه * الاول بطء هذه الحركات وتراخيها * الثاني عدم الموازية والاتلاف عند الانتقال من نوع الى آخر في كل وقت * الثالث كونه لا بدله من تغيير بعض الآلات واستمداله ببعض حرثه تغيير هذا المعنى ايضاً بعد معنى * مدة يسيرة وبأجره في نسون لنفيسة النافعة لرؤساء المعامل والورش معرفة توزيع الاشغال الى مباد اولية سهلة بهذه المتابعة وتقليل عددها حسب الامكان بحيث يكون كل جزء من الشغل موزعاً على حدته على الصانع ور بما كانت فائدة التوزيع في الورش الكبيرة اعظم منها في الصغيرة بكثره الصانع في الكبيرة وزيادة عددهم على صانع الصغيرة ويسقى عند التوزيع مزيد الاعتناء بحساب مدة كل نوع من نواع الاشغال حتى يحصل تناسب بين تلك النواع وعدد الصانع المنوطين بعملها وبهذه الطريقة لا يبقى احد منهم بدون عمل ويلغون جميعاً أقصى درجة في السرعة

ومن فوائد توزيع الاشغال التي يعملها الانسان كون ذلك يؤدي الى عدة عمليات سهلة منتظمة يمكن عملها بالآلات الميكانيكية مع غاية السهولة ففي مثال الدبابيس الذي ذكرناه يمكن أن يستعمل في سن بجلة من الدبابيس منصوعة في لورشة دفعة واحدة اجبار مخصوصة وكذلك يمكن استعمال الملاوي في طي بجلة من الخيقات لصغيرة التي تتكون منها رؤس الدبابيس وثنيها

دفعه واحدة واستعمال المقصات التي تقطع دفعة واحدة بجله من الخيوط المعدنية بحيث تكون على الطول المناسب لحجم الدبابيس وأما اخراج تلك الخيوط من المسحبة وتحويلها الى دبابيس بالآلة واحدة متووعة الحركة فذلك من الامور الصعبة التي محتاج الى كثير كلفة وكبير مشقة

فعلى ذلك تكون فائدة توزيع الاشغال متضاعفة اذ به نصير اشغال الانسان سريعة ويصير اتحادها مع اشغال الآلات سهلا مؤثرا وقد سبق أن الحركات اذا تكررت تمرنت عليها الاعضاء المخصوصة بها وصارت من اسهل شيء عليها بدون أن يكون للعقل في ذلك مدخلية الا انهم قالوا ان عدم مدخلية العقل في التعليمات من اعظم المضار التي تقرب الانسان من البهائم وقد يفضى الى تأخر استكمال الفنون الميكانيكية

وقد ذكر بعض الخذاق من المؤلفين أن اقبح شيء في الانسان هو أن لا يعرف مدة حياته الا صناعة عشر دبوس فقط وذلك من اعظم المضار التي تخل بالصناعة وتضرر بتقدم الفنون

ولكن لاجل الضبط في الصناعة ينبغي أن يلتفت الى المجموع لا الى التفاصيل وأن ينظر الى مجموع الصناع لا الى افرادهم فانك اذا قابلت اثنين مختلفين ببعضهما كما لو قابلت مثلاً امة الرومان التي كانت تحتقر الفنون الميكانيكية بامة الانكليز التي تبذل جهدها في اقامة الآلات الميكانيكية مقام الانسان في الشغل وجدت في صورة تساويهما في عدد افراد الصناع أن احدهما تريد على الاخرى اناسا كثيرين لا يشتغلون بانفسهم كالبهائم

فكنت ترى في مبدء الامر عند الامة الرومانية عددا كبيرا من الناس يشتغلون بأنفسهم في ادارة ابحار الطواحين لاجل طحن القمح وعصر الزيت ورفع الماء لما أن رؤساءهم كانوا يجهلون فن استعمال القوى الطبيعية الذي يتقده الانسان من مثل هذه الاشغال الصعبة التي هي البقية بالبهائم المعدة لنقل الاحمال وجر الاثقال بخلاف الانكليز فان هذا الشغل عندهم انما يكون بقوة الماء والهواء والبخار

وكذلك في الفنون الخشبية المستغلظة ترى أن جملة من الاعمال الصعبة
المادية التي كان يعملها عند الرومان اناس اشبه بالبهايم لا تعمل الآن عند
الامم المتقدمة الا بواسطة الآلات فعوضا عما كان عند الرومان من كثرة
الملاحين الذين يسرون المراكب بواسطة المجاذيف مع غاية المشقة التي بها صار
هذا العمل يضرب به المثل في كل شغل صعب بل واقول عوضا عن غير ذلك من
اشغال السفن الصعبة استعمل المتأخرون قوة الهواء فتراهم الآن يستعملون
الجار حتى استراح السفان من كثير من الاعمال التي تجعل صناعة البحر
من اصعب الصنائع وان كانت متقدمة مستكملة

وغاية ما عرفت من الفرق بين شغالة المتقدمين وشغالة المتأخرين هو أن المتقدمين
كانوا يعملون بأنفسهم الاعمال الصعبة التي هي أليق بالآلات واما المتأخرون
فيعملونها مع الخفة والسهولة ألا ترى أن الاول كانوا يديرون الاحجار بأنفسهم
والاخر يسنون الدبابيس وكان المتقدمون يحركون المجاذيف الثقيلة
بأيديهم والمتأخرون انما يديرون اللوالب او يرفعون الصمام ومثل ذلك بحسب
الظاهر لا يفضي الى تعب ولا يضر بصحة البشر

وقد اظهرت صناعة المتأخرين اعمالا كثيرة كان يجملها القدماء بالكلية وكانت
سببا في اتساع دائرة العقل وازدياد المعارف فان طواحين الهواء والماء والجار
زيادة على كونها انقذت النوع الانساني من معاناة هذه الاشغال الصعبة التي
حقها أن تكون بواسطة الآلات تستدعي بالنظر لعمارتها وصناعتها كثيرا
من الصناع الماهرين اصحاب المعارف الذين لهم خبرة بالميكانيكا والطبيعة
والكيمياء وكذلك بقيمة الحرف على اختلاف انواعها كصناعة الساعات
والآلات الحسائية والآلات الهيئية وآلات النظر ونحو ذلك فانها تستدعي
صناعا متمرنين ذوى قرائح ومعارف وبذلك يعرف أن الفنون التي جهلها
المتقدمون وعرفها المتأخرون كثيرة جدا ولا شك أن كل فن منها يستدعي
صناعا مخصوصين وآلات جيدة ومجموع ذلك كله يستدعي ايضا بالنظر
لاجرائه وعموم ادارته وكذلك بالنظر لعملياته الاصلية اناس ذوى خبرة صحيحة

وعقول ذكية رجيحة

ولامانع أن يستنبط من ذلك اعماداً على حوادث صحيحة واقعية انه مع توزيع الاشغال ومع الصناعة الآلية التي انخرط في سلكها عدة فنون مستكملة بواسطة تقدمات هذه الفنون لاسيما باستكشاف الميكانيكا يوجد الآن من الصناع المحتاجين الى ما هو لازم لصنعتهم من الفطنة والممارسة اكثر مما كان يوجد منهم في الزمن السابق عند الامم التي لم تكن الصناعة عندهم مستكملة وقد عني أن لا التفت الى ما وقع من الاعتراضات الواهية والمناقشات اللاغية في شأن استعمال الآلات وتوزيع الاشغال لما أن ميل الحواس الى تكرار الحركات البسيطة السهلة المتشابهة مع الانتظام والسرعة يجعل هذا التوزيع من اهم الامور واكثرها فائدة

وانما يجب الالتفات الى معرفة الوسائط القوية المتنوعة التي تستعمل في تحصيل نتيجة عظيمة من القوى البشرية المتوزعة على اشغال الصناعة بموجب تقسيم تلك الاشغال وتوزيعها اللازم وانما تحصل تلك النتيجة باستعمال العدد والآلات والادوات الجيدة وبالاسراع في العمليات بسرعة مناسبة لقوة المواد وللأهمية ولزوم الاحتياجات التجارية وبأن يضاف الى ذلك جميع وسائط المعرفة والمهارة التي بها يمكن اجتناء ثمرة ما ينتج عن الملاحظة والدقة

فنبعث حينئذ عن تعليم الناس المعدين للصناعة وهذا التعليم ليس الغرض منه مجرد تعويد الاطراف والجسم على الحركة بل الغرض منه ايضا استكمال الحواس كما ذكرناه في الدرسين الاولين وكذلك استكمال العقل ومعرفة القراءة والكتابة والحساب والهندسة والميكانيكا المستعملة في الفنون

ففي هذه المناجيع تلك الوسائط الى بعضها لاجل أن تحصل من القوة البشرية على اعظم نتيجة ممكنة تعجبنا غاية العجب من النتائج العديدة المتنوعة الكاملة المتحصلة من هؤلاء الناس فاذا زدنا في الناس المنهمكين على الصناعة وسائط المعرفة والتعود على الملاحظة فان استكمال الفروع التي ينشأ عن مجموعها

نتائج عظيمة ترد في جميع نواحي المشاعر وترد دست الحركات وتكثر
الهندسات ولا بد أن يكون فيها أشياء مهمة كثيرة للتعلم وبهذا تأخذ
الهندسة في معرفة التقدم والمستكمل

وحيث أن إلى الهندسة على شعاع مناهة ليدية وحسب أساسا ثم بلغت
إلى هذه العرس لهم فمقول الرقعة مناهة ليدية من كثير من قوة رجال
الهندسة في عرصة الامراس كثيرة فمن متى حمل من عرصة درات على
الشغل الهندسي بأكثية لرجل كرس عرصة صاغات المشعل الصاعقة مملكتا
في اواخر مدة الحمل وفي أيام الولادة وما قربها وصعدت في مدة الزمان
وتربية الاطفال لا يتبع بين في اعمال السور الهندسية

فحينئذ ينبغي أن لا ينأى النساء لا بالمشغل التي مدخلية العقل وبما أعظم
من مدخلية القوة الطبيعية فمن عتواهن على في رقة كثيرا وديت في
تربية البنات وتربية في ما كرس من الهندسة في طائفة من الصاعقة
الهندسية واما السور وقوة منظمة في جميع اوقات

وهذا في الهندسة متى تقدمت وجد فيها شعاع كثيرة يبقى به النساء من
المرأة حتى لا قدر مثلا على مباشرة المشغال الهندسية قوتها في ملاحظ
حركتها له قوية في قوتها عن حركتها وتحررها بواسطة رقيقة صغيرة او وتر
خفيف بحيث ياتوا حركتها في العمل الحسن من اقوى من الرجال

فعلى رؤساء المعامل والنورش أن يورعوا شعاعهم على الهندسة من نورها اساسا
حيث كون النساء في اوطاف يتدرن على احرائها بهذه الطريقة يحكمهم
بقلوا حرة لرجل وكون كل مجموع اخر صناع جميعا بلع مقدار عظيما

وجميع ما في حق النساء يقال في حق الاطفال بمعنى انه لا ينبغي أن يسلطوا
لهم في وسعهم من المشغال التي لا تصرف احدهم ويمنع ايضا
باعدى لهم من رمن وسعة كذبة تتسع ويهادرة عقولهم عادي التعليمات
الرجوع ما في الهندسة في لدرس ثامن ولتاسع في الصاعقة من حرة الثاني
من هذا (د) وهذا امر حرمهم جدا يتعلق تربية طائفة الصناع

وهو انه يلزم تعويدهم بالتدريج على احترام بعضهم بعضا وعلى معرفة اهمية المعيشة الالهية المنتظمة وتعميرهم على معرفة ما يترتب في الممالك المتدنة من السودد والشرف على حسن سلوك الرجال والنساء وتوقير بعضهم بعضا الذي ينشأ عنه ايضا الالتئام والسعادة ومقاربات الراحة ناتجة عن تقدم الصناعة واستكمالها وجدت الاشغال البدنية التي كانت لا تعمل الا بالقوى البشرية تعمل بواسطة الآلات ورأيت اعمال الصناع تستدعي مزيد العلم والتفكر والفطنة والقيزور بما ترتب على هذا التغيير والاصلاح الحاصل في الاشغال اصلاح الاخلاق وتهذيبها وبذلك تحصل مبادئ السعادة الالهية والراحة العامة

(الدرس الخامس) *

(فيما يتعلق بقوى الحيوانات)

ومع ما نحن عليه من استكمال العلوم واتساع دائرة الفنون لم نزل نستغرب ما عليه النوع البشري من كمال العقل وقوة الفطنة التي وصل بها الى استعمال قوى الموات الغير الحية في تحصيل محصولات منتظمة ونتائج صحيحة مضبوطة القياس من حيث أبعادها ومدتها وشدةها

واغرب من ذلك هو أن البشر عرفوا من مبدء التمدن والاجتماع والتأنس طريقة تقع الحيوانات ذات العنفوان والشدة وكيفية تذليلها وعرفوا ايضا طريقة تغيير ما لا يقبل التغيير وميزوا بين طبائع الاجناس والاصناف وعرفوا كيف يكسبون هذه الحيوانات صفات التذلل والتأنس والانقياد والطاعة بدلا عن النفور والتوحش حتى انطبع ذلك فيها وصار من صفاتها الغريزية وهذا هو اول ما استكشفه العقل البشري واستخرج من حير الجهالة ولكن هذا الامر الذي هو في حد ذاته يوجب التعجب والاستغراب على الدوام قل استغرابه وتناقص استعظامه بسبب تكرره واعتياده

فقل أن يكون لنا الآن فضل فيما يصدر عنا في هذا المعنى من التذليل والتأنس والتعليم للحيوانات التي تأنس منذ مدة طويلة حتى صرنا نستخدم اصنافها

في ضرورتنا

في ضرورتنا واحتياجاتنا وصارت افرادها بالنسبة اليها كالعبيد
والاصحاب بل اذا قابلنا هذه الافراد بافراد اخرى من صنفها متوحشة
لم تتأنس ولم تخالط النوع الانساني عرفنا انه لا بد للبشر من مزيد المهارة
والصبر والشجاعة حتى يذلل عدوة عظيمة من تلك الحيوانات التي هي اكثر منه
سرعة وقوة وجسارة

وايس في الحيوانات المتأنسة ما يستعمل في الاشغال الا اصناف قليلة
وذلك لان معظمها لا يستعمل الا في ضرورة الغذاء والقوت وبعضها
يستعمل في مجرد الحطوط والاهو كالطيور المغردة والحيوانات المقلدة ومنها
ما هو كثير التلطف والتودد فيكتسب بذلك منا الميل والمعزة حتى نتخذه
صاحباً ورفيقاً غير أن هذه الحيوانات لما كانت مجردة عن التصور والتفكير
في شأن صروف الدهر من سعادة وشقاء كانت في خسة العبودية وذل التبعية
على حالة واحدة بحيث لا يزيد ذلك فيها بازدياد عظمنا وثروتنا ولا تنقص
بنقصان اموالنا وقوتنا فلذا كان الانسان اذا اشتد فقره وصار على غاية
من الذقة والمسكنة لا يبقى معه من الاصحاب الا الكلب

ثم انه زيادة على اهمال اصناف الحيوانات التي لا تستعمل الا في الاهو
والحطوط وعدم التعرض للكلام عليها يلزم أن تقتصر هنا ايضا على اصناف
الحيوانات التي يحصل عن قوتها محصولات ميكانيكية كثيرة الفائدة والمنفعة
فنقول

ان هذه الاصناف المهمة تختلف باختلاف صورها الظاهرية وتراكيبها
الباطنية وهذا الاختلاف الذي هو من موضوع علم التشريح المقابل
والفلسوفية ينشأ عنه في هذه الحيوانات تفاوتات شتى بالنظر الى قوتها
من حيث هي وبالنظر الى كيفية استعمال قواها والى مدة الشغل الذي
في طاقتها ولما كان لا ينبغي لنا هنا أن نتكلم تفصيلا على هذه التفاوتات اكونها
من موضوع علوم اخرى رأينا أن تقتصر على ايراد بعض امثلة سهلة
متعارفة يتوصل بها الى معرفة هذه الاختلافات الكبيرة فيما يخص القوة

والتركيب فنقول

إذا اعتبرت حيوانا من حيث جمال صورته وقوة بنيته وكونه يرفع مع الخيلاء
والاعجاب رقبته اللينة ورأسه الذي يلوح عليه علامات الحمية والشدة وكونه
لين الجسم ناعم البشرة قابلا للحركات السريعة المتنوعة دقيق عظم الساق
ثابت القدم إذا سار رأيت لسيقانه واقدامه انتقالات متنوعة واندفاعات
مختلفة باختلاف انواع السير بطا وسرعة وكذلك من حيث صبره على قطع
المسافات الكبيرة واقتداره على مجاوزة الخنادق والحفر الواسعة والربوات
العالية بوثبة واحدة وكونه هو الذي أمكن استعماله من الحيوانات لجبر
ما فينا من البطء وعدم ادمان الحركية وجدت هذه الاوصاف الصحيحة
وان كالم نستوعبها كلها متحققة في صنف الخيل الذي أمكن للنوع الانساني
تذليله وتعويده على السير والحروب

واذا اعتبرت حيوانا آخر لم يكن على هذه الصفة اللطيفة بل كانت اعضاءه
صلبة ورأسه ضخما ثقيلًا مرتبطا بالذعن بواسطة اعصاب كثيفة وجبهته
عريضة لها قوة عظيمة في الدفع والمصادمة وحركته في المشي بطيئة لقصر
سيقانه وعدم لين مفاصله لكنه كثير الصبر والمداومة على مكابدة العمل حتى
انه يستغرق الايام الطويلة من الفجر الى الغروب ما عدا بعض اوقات قليلة
للاستراحة في شق الارض اليابسة الصلبة وجدت هذه الاوصاف متحققة
في صنف الثيران الذي ينبغي استعماله في المجهودات العظيمة والمشاق الجسيمة
مع التؤدة والتأني

ومعرفة مثل ذلك اهم واولى من معرفة تأليف الحيوانات وتسييرها ومعرفة
طبائعها بل واقول انها هم ايضا من تعلمها وتربيتها وهي ليست اجنبية
مما نحن بصدد غير انه لما كان استيعاب الاوصاف على الوجه المذكور
مما يطول شرحه لم أن أكتفي في ذلك بالاحالة على ما ذكره منها بوفون
في طبائع الحيوانات فانه بذلك اكتسب الشهرة المخلدة وحاز الفضل وحسن
السيرة الدائمة مادامت تلك الحيوانات التي أحسن في وصفها بأسلوب فصيح

وأجاد في بيان طبائعها على وجه صحيح
وأحيل القارئ ايضا على مختصر مفيد للمؤلف بوريلي تكلم فيه على قوة
الحيوانات وكذلك أحيله على بعض دروس من التشریح المقابل للمعلم
جوويه جمعها ونشرها المعلم دي موريل احد اعضاء اكاديمية العلوم
فان هذه الدروس تكلمت على سكون الحيوانات وحركاتها ملحوظات دقيقة
ومناقشات نفيسة تنفع من أراد استعمال قوة الحيوانات في الصناعة
والاوفق أن يؤلف في ذلك كتاب كامل يشتمل على تربية الحيوانات النافعة
وينكلم على الوسائل المتنوعة التي تستعمل في تزييلها وتعويدها على الاشغال
التي يحتاجها النوع الانساني فاذا شرح هذا الكتاب بما يحتاج اليه من
الهندسة والميكانيكة والتشریح والفلسفة جية واستحسن ما فيه من العمليات
الاصلية باجرائها على التواعد والنسائج النظرية فلا بد وأن تحصل منه على
معارف جديدة جيدة تخص استعمال قوى الحيوانات في اشغال الصناعة
مع كثير من النفع والفائدة

وقد يستعان على الاشغال في بلاد الشمال يشر الرمح انا تانس وفي بلاد
المناطق المعتدلة بالفرس والحمار والبغل والفرس والبساطوس والقطب
وفي الاقطار الخارية بالنار المخطط والصيل والخنبل والجبان وغير ذلك ولا تتعرض
للبحث عن القوى الحيوانية التي يمكن استعمالها في الصناعة بغير اقطارنا
وانما تقتصر على الاهتمام بمعرفة النوع الاصل من الحيوانات الشغالة التي هي
كلها من ذوات الاربع كما يشهد به العيان لشرط قوتها وقبولها لتناس اكثر
من غيرها ونبدء منها بالخيول لانها اكثر استعدادا للعمل والبارزات السرعة
المتساوية والتحمل على قطع المسافات الطويلة اليومية فتقول
ان الخيل ليست على حد سواء في الاستعداد لجميع انواع الحركة بل منها
السمين الذي لا يصلح الا لجر الاحمال الثقيلة ومنها النحيل النيف المرتفع
لقامة الذي يصلح للعدو والجرى اكثر من غيره
وللعادة دخل في اكساب الخيل استعدادا قليلا او كثيرا لانواع كثيرة من

الاشغال فتجد الخيل المتعوده على السير في البلاد الجبلية مثلا تصعد وتهبط على الطرق الوعرة المخدرة بدون تعب بخلاف المتعوده على مجرد السير في السهول

وبالجمله فانواع الخيل مختلفة فمنها ما هو على القامة ومنها ما هو عريض ومنها ما هو قوى ومنها ما هو رشيق خفيف وهي ايضا متفاونة في هذه الاوصاف قلة وكثرة وبموجب تلك الاوصاف المختلفة يكون استعمالها في ما يستعمل للزينة والرفاهية ومنها ما يستعمل في الاشغال النافعة كغيره من الحيوانات المعتدة للعمل او الجتر ومنها ما يستعمل في السير البطيء ومنها ما يستعمل في السريع سواء كان كل من البطء والسرعة قليلا او كثيرا وفي مملكة فرانس بعض انواع من الخيول الطريفة المستعملة لجميع الشروط اللازمة لاسائر الاشغال الا انها السوء الخط قليلة الافراد وهي ايضا صغيرة ضعيفة فان الحروب الاخيرة هلك فيها بالتدريج معظم تلك الخيول النفيسة حتى اضطررنا الى بذل الجهود في تعويض ما خسرتة الصناعة من هذا النوع

ثم ان الفرس الجيد الذي يحمل فارسه وجميع ما يلزم لهما من الادوات واللوازم يتمكن ان يقطع مع هذا الحمل الذي يبلغ ٩٠ كيلو غراما مسافة ٤٠ كيلومترا في ظرف سبع ساعات او ثمانية من كل يوم فتكون جملة شغله اليومية ٣٦٠٠ كيلو غرام منقولة الى كيلومتر واحد

والحمل المعتاد للفرس المعداد من حيوانات الاحمال قد يحصل فيه التفاوت من ١٠٠ الى ١٥٠ كيلو غراما بمعنى أن نتيجة شغله النافعة ٤٠٠٠ كيلو غرام منقولة الى كيلومتر واحد في طريق أفقية تقريبا

وقد سبق أن نتيجة شغل الحمل اليومية عبارة عن حمل قدره ٤٤ كيلو غراما ينقل الى ٢٠ كيلومترا أعني ٨٨٠ كيلو غراما منقولة الى كيلومتر واحد وذلك عبارة عن خمس نتيجة الشغل اليومي للفرس المستعمل لحيوانات الاحمال فعلى هذا يمكن نقل هذا الحمل في يوم واحد الى نفس تلك المسافة بعشرين فرسا او بمائه رجل فاذا جرينا على ما هو المعتاد من تقويم قوة

فرس الحمل بقوة ثلاثة رجال يحملون الاثقال على ظهورهم فأقل ما يبلغ الخطأ
٤٠ في كل مائه

وأعظم طريقة في استعمال الخيل هي أن تستعمل كحيوانات الجر لا كحيوانات
الحمل فإذا عملنا بمقتضى ما يوجد في الخانات التي تخرج منها لاجمال من
الحسابات المنظور فيها الى القوة المتوسطة لخيول الجر رأينا أن الفرس يمكنه
أن يجتر في اليوم الواحد ٧٠٠ كيلوغرام فصاعدا الى ٧٥٠ بدون
أن نحسب في ذلك ثقل العربية ويمكنه أيضا أن يقطع هذا الحمل على طريق أفقية
مسافة ٣٨ كيلومترا في اليوم الواحد فعلى ذلك تكون نتيجة شغل النافعة
٧٠٠ كيلوغرام او ٧٥٠ مكررة ٣٨ مرة ومنقولة الى كيلومتر
واحد بمعنى انها في الصورة الاولى تساوى ٢٦٦٠٠ كيلوغرام
وفي الثانية ٢٨٥٠٠ كيلوغرام منقولة الى كيلومتر واحد ومن هنا
تظهر منفعة الآلات فتسألوا استعمالنا آلة بسيطة خفيفة الكلفة كالعربة
النقالة ذات العجلتين رأينا أن ما كان يتحمل بالحمل على الظهر
٤٠٠٠ كيلوغرام الى مسافة كيلومتر واحد ينقل بجتر هذه الآلة قدر ذلك
سبع مرات

ولو قابلنا شغل حصان ينقل بالجر بشغل انسان يحمل على ظهره وجدنا نتيجة
الاول قدر نتيجة الثاني ٣٢ مرة فذن كل اثنين وثلاثين جمالا لا ينقلون
بالحمل على ظهورهم الا حمل حصان واحد ينقل بالجر وهذه نتيجة
مهمة جدا

وخيول الجر تمشي دائما بالتأني والراحة وانما تكون حركتها بطيئة قليلا
في الصعود وسريعة قليلا في الهبوط وهذا تقريرا كسير الجيوش الفرنسية
السريع فهي تقطع في الساعة الواحدة مسافة ٤ كيلومترات فأكثر
الى ٥

ولتكلم الآن على شغل الخيل المستعملة في جتر العربات مع سرعة السير فتقول
ان عربات السفر الى العربات التي ينزل فيها المسافرون لا يجرها عادة الا الخيول

التي تسير خيلاً بحيث تقطع في الساعة الواحدة بريداً أعنى ٨ كيلومترات فعلى ذلك تقطع في اليوم الواحد مسافة ٣٤ كيلومتراً فصاعداً الى ٣٨ وهي على العموم كل واحد منها يتقل ثلاثة اشخاص بأمّعتهم ولا يحسب عادة على السياح ١٥ كيلوغراماً من أمّعته بل ربما كان معه ضعف ذلك بدون حساب ولا يحسب عليه ايضاً ما معه من الصرر التي تخص مأموريته مع أن ذلك كله محمول على العربة وحينئذ فلا مانع أن نقول بدون مبالغة ان جملة الاثقال التي لا تحسب على كل مسافر تبلغ ٥٠ كيلوغراماً وباضافتها الى رنة جسمه المقدرة بسبعين كيلوغراماً تبلغ ١٢٠ كيلوغراماً وباضافة ذلك الى الثقل المقدّر لكل حصان تبلغ ٣٦٠ كيلوغراماً فاذا ضربنا هذا العدد في ٣٦ كيلومتراً التي هي مقدار المسافة المتوسطة المقطوعة في اليوم الواحد تحصل معنا ١٢٩٦٠ كيلوغراماً منقولة الى كيلومتر واحد

وقد كان يمكنني أن اخذ بعض هذه الحسابات من رسالة جونيور التي ألفها في تجربة علم الآلات الا اني وجدت النتائج التي استخرجها من هذه الحسابات تحتاج الى بعض تحقيق ونظر

ثم اننا نجد مقدار ١٢٩٦٠ كيلوغراماً المنقول الى كيلومتر واحد هو النتيجة النافعة للحصان الذي سرعته في السير ضعف سرعة حصان الجر الذي نتيجته النافعة ٢٥٨٠٠ كيلوغراماً منقولة الى كيلومتر واحد فعلى ذلك اذا لم نعتبر الاثقل الاشياء المراد نقلها والمسافة المراد قطعها بدون اعتبار للزمن رأينا أن الاصوب استعمال خيول الجر دون خيول عربات السفر ولاجل نقل الاثقال والاشخاص من مدينة باريس الى مدينة كالس تأخذ عربة السفر على كل كيلوغرام اجرة متوسطة قدرها ٢٥ سنتيماً واما عربة الجر فتأخذ على كل كيلوغرام ٩ سنتيمات

ونسبة النتائج النافعة اليومية لخيول السفر وخيول الجر كنسبة ١٠٠ : ٢٢٠ بخلاف نسبة اجر النقل فانها كنسبة ٢٧٨ : ١٠٠ فينئذ

يومية حصان عربية السفر تزيد على يومية حصان عربية البحر الربع تقريبا
ولكن هذه الاجرة لا بد منها لاصحاب البوسطة مكافأة لهم على سرعة خيلهم
ولا بد منها ايضا لصناع عربات السفر نظرا الى أن عرباتهم أعلى قيمة من عربات
البحر

وهذا التقريب يكفي في بيان أن تقويمنا لنسب التي بين التسايج النافعة
لعربات السفر وعربات البحر ليس بعيدا عن المقدار المتوسط الحقيقي لان مثل
هذه المباحث يقتصر فيها على التقريب الممكن
واذا لم تلقت الا الى الاقتصار في كمية العمل وأجرة النقل فلا نستعمل
الا عربات البحر كما تقدم

ثم ان عربات السفر الاولى اي التي هي اول ما صنع من هذا النوع كانت
لا تزيد في السرعة على عربات البحر قليلا ومع ذلك كان في استعمالها اقتصاد
ورفر عظيم وكانت ملائمة لبلاد التي كانت فيها الصناعة اذ ذلك غير متقدمة
والمعارف غير متسعة والتي كانت تقدمت الفنون واتسعت دائرة التجارة
وجدت كما في الدرس السابق أناسا كثيرين من اصحاب الاشغال المهمة يعرفون
قيمة الزمن حق المعرفة فخل هؤلاء الأشخاص يحسون السفر بغاية السرعة
ولو بلغت الاجرة ما بلغت فهذا هو اصل زيادة السرعة في عربات السفر
بالتدريج ومن ثم كان البلاد التي استكملت فيها الفنون واتسعت فيها دائرة
التجارة هي التي يسافر فيها الأشخاص مع غاية السرعة ففي بلاد ايطاليا
لا يسافرون الا على عربات سرعتها تزيد النصف على سرعة عربات البحر
وفي فرنسا تكون سرعتها ضعف سرعة عربات البحر مرة او مرتين
وفي النمارة ثلاثا او اربعا وكثير من طرق هذه المملكة ما تقطع فيه الخيل
في الساعة الواحدة مسافة ١٢ كيلومترا وفي اليوم الواحد مسافة
٤٠ كيلومترا فصاعدا الى ٤٨

وكل أربعة من خيل التكاير تجزأ أربعة أشخاص يجلسون في داخلها وتسعة
فوقها واثنين في محل العربي فالجموع خمسة عشر

فأذن كل حصان انكليزي يجتز ثلاثة أشخاص و $\frac{3}{4}$ وذلك أكثر من الخيل
الفرنساوية ولكن العربات الانكليزية خفيفة جداً حتى انه لا يحتاج فيها الى
سواق يركب ظهر الحصان فينقص قوته الثلثين تقريباً
فاذا قدرنا أن السباح مع اثقاله يبلغ في انكارة ١٢٠ كيلوغراماً
كما في فرانساً أن الحصان الانكليزي ينقل ٤٥٠ كيلوغراماً الى
مسافة ٤٠ كيلومتراً وهو يساوي ١٨٠٠٠ كيلوغرام منقولة الى
مسافة كيلومتراً واحد (ولملاحظ أن اثقال السباح في انكارة أقل بكثير
مما في فرانساً كما أن عربات السفر فيها لا تحمل من الاثقال ما تحمله العربات
الفرنساوية)

فأذن النتيجة النافعة للحصان الانكليزي الذي يجتز عربة السفر تزيد نحو
الثلث تقريباً على نتيجة الحصان الفرنسي
وقد تصدى بعض مؤلفي الارلندية الى مقابلة الصناعة الفرنسية بالصناعة
الانكليزية فلم يقتصر على أن يفضل بكثير ابناء وطنه على اهل فرانساً بل فضل
ايضاً خيول مملكته على الخيول الفرنسية وجعل بينهما تفاوتاً عظيماً حيث
اثبت بمقتضى حساباته أن نسبة قوة الحصان من خيول البريد المستعملة
في أدنى البوسطات ببلاد انكارة الى قوة الحصان الفرنسي المستعمل
في جزر عربات السفر كنسبة ٩ : ٤ مع انك اذا قومت زنة الاثقال
والعربات تقويما صحيحاً وجدت النسبة الحقيقية لا تبلغ ٦ : ٤
ومع انه قد تبين خطأ هذا المؤلف في حساباته فعلياً أن نلاحظ أن الامة التي
لا تفصل خيلها على خيل البلاد المجاورة لها الا بالثلث او الربع فقط تكون
على فائدة عظيمة ومنفعة جسيمة اذ بواسطة هذه الحيوانات المساوية للحيوانات
المفضولة في العدد وفي كمية الغذاء تقريباً تكون النتيجة المتحصلة عندها زائدة
الثلث او الربع على النتيجة المتحصلة عند غيرها من اصحاب الخيول المفضولة
ولكن خيول انكارة المستعملة في انواع الاشغال الصناعية على العموم لا سيما
المستعملة في جزر العربات عموماً يزيد عددها بكثير على عدد الخيول المستعملة

في هذه الاشغال يبلد فرانساً فعلى ذلك يكون الانكياز اكثر جذاً في الحركة والانتقال من الفرنساوية

وقد اشتغلت فيما أبديته من الابحاث في شان قوة ابريطانيا الكبرى بالمقابلة بين محصولات هذه المملكة المتحصلة من النوع الانساني وغيره من الحيوانات ومنتجات مملكة فرانساً فظهر من ذلك بين المملكتين نسبة تقريبية ينبغي الالتفات اليها وانبدأ من ذلك بمقابلة عدد الافراد من كل نوع فنقول

في فرانساً في ابريطانيا الكبرى نسب

النوع الانساني	١٣٠٠٠٠٠	١٥٠٠٠٠٠٠	٢٠٨٦ : ١٠٠٠
الخيول	٢١٢٢٦١٧	١٧٩٠٠٠٠	١١٨٦ : ١٠٠٠
البقر وغيره	٦٩٧٢٩٧٣	٥٥٠٠٠٠٠	١٢٦٧ : ١٠٠٠
الحيوانات ذوات الصوف	٣٥١٨٨٩١٠	٢٦١٤٨٤٦٣	١٣٤٦ : ١٠٠٠

ولتقابل الآن عدد النوع الانساني بعدد الحيوانات بأن نذكر من هذه الحيوانات عدداً يناسب عشرة آلاف من الاهالى فنقول

في فرانساً في ابريطانيا الكبرى نسب

الخيول	٦٧٨	١١٩٣	١٠٠٠٠ : ١٧٥٩٦
البقر وغيره	٢٢٢٧	٣٦٦٦	١٠٠٠٠ : ١٦٤٦١
الحيوانات ذوات الصوف	١١٢٤٢	١٧٤٣٢	١٠٠٠٠ : ١٥٥٠٦

فاذا جعلنا قوة الانسان المتوسطة حداً للمقابلة ظهر لنا على وجه التقريب ان الاعداد الآتية القوى المتحصلة من الانواع الآتية

في فرانساً في ابريطانيا الكبرى

المتحصل من النوع الانساني	١١٠٠٠٠٠٠	٥٠٠٠٠٠٠٠
من الخيول	١١٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠
من البقر وغيره	٢١٠٠٠٠٠٠	١٦٥٠٠٠٠٠٠
فيكون مجموع تلك القوى الحيوانية	٤٣٠٠٠٠٠٠٠	٣١٥٠٠٠٠٠٠٠

و بناء على ذلك تكون نسبة مجموع قوى النوع الانساني في مملكة فرانس
الى مجموع قوى غيره من الحيوانات كنسبة عشرة الى تسعة وعشرين
وفي ابريطانيا الكبرى تكون نسبة مجموع قوى النوع الانساني الى مجموع
قوى غيره من الحيوانات كنسبة عشرة الى ثلاثة وخسين
واما الزراعة التي يستعمل فيها معظم قوى الحيوانات غير النوع الانساني فان
شغل الانسان اللازم فيها لتكميل هذه القوى لا يقوم به في ابريطانيا الكبرى
الا ثلث الاهالي بخلاف فرانس فانه لا بد فيه من الثلثين وعلميه فالخصوص
باشغال الفنون والصناعات من اهل ابريطانيا الكبرى هو الثلثان ومن اهل
فرانس الثلث فقط وهذا بمجرد يدل على أن المحصولات الصناعية والتجارية
التي تحصل في ابريطانيا الكبرى بواسطة القوة الحيوانية المنفعة الى
القوة الانسانية تفوق بكثير محصولات فرانس

ولهذه الحيوانات المستعملة في اشغال الصناعة والفنون منفعة اخرى
في الصناعة فانه يحصل منها مواد اولية كثيرة النفع والفائدة حتى ان الصناعة
في ابريطانيا الكبرى تجد كثيرا من المواد الاولية اللازمة لكل شخص
من حيث شغل وصنعتة كالجلد والشعر والقرون والعظام والامعاء وغيرها
و يزداد على ذلك اصواف الحيوانات ذوات الصوف وجلودها فلذا كانت
اشغال الصناعة يلزم لاجرائها مع ملاحظة النسبة المقررة كمية عظيمة من
الاشخاص وكذلك الحيوانات التي يستعين بها الانسان على اشغاله فانه
يحصل منها ايضا في ابريطانيا الكبرى مقدار عظيم من المواد الاولية
بالنسبة لما في فرانس ولما كانت حيوانات ابريطانيا الكبرى على
العموم اقوى من حيوانات فرانس كان الغذاء المتحصل منها للانسان
في نسبة ١ الى ٣ تقريبا وحيث كان هذا الغذاء الحيواني بتلك
المثابة اي زائدا بقدر ثلاث مرات فان شغالة ابريطانيا يكتسبون منه ايضا
قوة عضلية كبيرة ويكتسبون منه ايضا قوة على تحمل المشاق الصعبة
والجلد لها زمنا طويلا

هذا ولا اطلب هنا في هذه الملاحظات لاني سأتكلم عليها تفصيلا وأبينها بيانا شافيا عند طبع بعض رحلاتي الذي تكأمت فيه على القوة المنتجة في ابريطانيا الكبرى

وقد عدت في مملكة انكلترة ١٠٠٠٠٠٠ حصان من الخيول الجزاراة المعلقة في العربات الصغيرة والكبيرة التي تشتغل ثلثمائة يوم من السنة ويجزر كل واحد منها في كل يوم ٨٠٠ كيلوغرام الى مسافة ٤٠ كيلومترا فيكون المجموع الكلي في السنة الواحدة ٩٦٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الكيلوغرامات منقولة الى مسافة كيلومترا واحدا فاذا أضفت الى هذا المقدار الشغل الذي لا يتقص عن عشرة اضعاف المجموع المذكور كالشغل المتحصل من خيل عربات السفر وعربات الوسطة وخيل التعليم وخيل الحراث عرفت كمية القوى العظيمة التي ينتفع بها الانسان من الخيل في اراضي انكلترة القليلة الاتساع ولا تنس أن مجموع القوى المتحصلة عن الآلات البخارية يزيد بكثير عن مجموع قوى خيول الجزار وخيول الزيتة معا فاذا حسبنا بعد ذلك ما يستعمل في الملاحة على الانهار والخلجان والشواطئ من قوى الماء في الآلات المائية وقوى الماء والانسان جميعا عرفت كيف تكون البلدة الصغيرة من بلاد اوروبا معدودة مع صغرها من البلاد التي تكون فيها القوة على العموم أعنى مجموع ما يستعمل فيها من القوى الطبيعية كبيرة جدا

ثم ان الانكيز لم يكتفوا بكثير عدد الحيوانات التي يستعملونها بل اعتنوا ايضا بتحسين اصلها فتوصلوا بذلك الى تحصيل خيول جيدة ايست جودتها مقصورة على مجرد الزيتة والسابق بل تصلح ايضا للجزر والشغل بل الظاهر انهم نجحوا في الاخيرين اكثر من الاولين ولكن حيث كان اغلب الناس على حب المظهر والزينة والمباهاة كانت المسابقة والملاحة العظيمة في مملكة انكلترة سببا في شهرة خيالة الانكيز اكثر من غيرهم بخلاف حيواناتها المستعملة في الجزر فانها وان كانت قوية سريعة السير مع المداومة والمواظبة الا انها دون ذلك في الذكر والشهرة

ولما قابلنا شغل خيل عربات السفربين فرانسا وانكلترة وجدنا هذه الخيول يتحصل منها في الثانية اكثر مما يتحصل منها في الاولى حيث انها في انكلترة تحدث نتيجة نافعة لا تزيد على ٥٠ في كل مائة واما خيول جزر الاثقال فانها في انكلترة تزيد في القوة على خيول فرانسا الربع تقريبا

وهذا في الحقيقة نقص ينبغي للحكومة والتجارة والصناعة ازالته بل وأظن انه يجب على ان أنبه عليه جميع الاهالي وجميع ابناء الوطن الذين يحبون وطنهم فان ذلك يعود علينا بالمنفعة العظيمة والفائدة الجسيمة وأقول ايضا انه يجب علينا وجوبا اكدنا ان نعم كل الاهتمام بتحسين اصل الخيل وأن لا ندع شيئا من اوصاف الجودة والحسن الا ونكسبها اياه وعوضا عن كوننا نستعمل في البوسطة خيلا صغيرة ضعيفة تقاد وتساق وينقلها ثقل سواقها نستعمل فيها خيلا بلجم وعرجية او خيلا طويلة القامة يركبها صبيان خفاف الاجسام نحفظ قوتها بتدبير الغذاء ونعتني بصحتها في جميع الاوقات فهذه الطريقة يحصل عما قلل تغير عظيم تزيد به الثروة الاهلية والقوة العمومية

وفي جميع اشغال الفنون تستعمل الخيل غالبا في التدوير ونقل الاثقال الى محال بعيدة قليلا او كثيرا وفي جميع هذه الاحوال ماعدا بعض احوال خصوصية تستدعي الاسراع والجرى ينبغي تسيير الخيل بالهويناء على مهل حتى تحدث اعظم نتيجة مفيدة وينبغي ايضا في الاحوال التي تستدعي الاسراع أن تكون السرعة على حسب ما يحتاجه رواده

ولما قوبلت النتيجة التي تحدثها خيول الخربانية التي يحدثها الرجال الجرارة وجدنا اننا وبنتيجة السرعة تدريجية سمعنا الناس

ومقتضى الحساب الذي ذكرناه في الدرس الثالث أن الشغال الذي يشتغل به عربات اذا نقل في اليوم الواحد ٢٣٠٠ كيلو غرام الى مسافة كيلومتر واحد فحسان الجرارة نقل في اليوم الواحد ٢٨٥٠٠ كيلو غرام الى مسافة كيلومتر واحد فينتدكون "يجة الحصار مساوية لمية قاشي عشر

شخصاً ونصف

فاذا قدرنا حينئذ أن اجرة الشغال في كل يوم فرنك واحد و ٥٠ سنتيماً كانت أجرته في اثني عشر يوماً ١٨ فرنكاً و ٧٥ سنتيماً وأجرة الحصان الذي يحدث هذه النتيجة في يوم واحد لا تزيد على ٤ فرنكات فاذا زدنا على ذلك أجرة السواق التي قدرها فرنكان بلغت أجرة الحصان بتلك الزيادة ٦ فرنكات مع أن أجرة الشغالة الذين يحدثون هذه النتيجة بعينها تبلغ ١٨ فرنكاً و ٧٥ سنتيماً فاذا استعملنا عربة تجرها ستة خيول مع سواق واحد أجرته ٣ فرنكات في اليوم كانت أجرة كل حصان ٤ فرنكات و ٥٠ سنتيماً وهي لا تبلغ ربع أجرة الشغالة الذين يحدثون هذه النتيجة

ولتخدم الآن على قوة تخيل المستعملة في جرّ الاثقال فنقول انه يلزم قبل كل شيء بيان وصف الآلة التي بها يكون للجرّ قياس صحيح وهي المسماة بالدينامومتر

و اخترع هذه الآلة هو موسيو رنية الذي كان سابقاً محافظاً حريئة لمدمع أكبرى وكان اختراعه لها الجبلة لسؤال كل من جيسود و دو موبليارد و لشهير بوفون اللذين اجتهدا غاية الاجتهاد في بيان المنفعة الحقيقية لقياس قوى الميكانيكية وكان قد اخترع قبل ذلك حراهم آلة تعرف بها بقرى غيرانها انت عسر البيان ويلزم لتركبها نية كبيرة من الاخشاب وقد وصف هذه الآلة تفصيلاً ديرا جوليريس في كتاب الطبيعة

وقد راع ضاموسيو لوراي احد اعضاء ا카데미ة العلوم القديمة الآلة من عدة مركبة من انبوبة معدنية طوله من ٣ دسمترات الى ٤ رموصوعاً وضعا عمودياً على قائمة كتائمة المصباح ومحتوية على لوالب ذي مو سير عليه قسمة مدرجة في رأسها كرة واذا ضغطت هذه القسمة بالاصبع دخلت في الانبوب كثيراً او قليلاً على حسب الضغط ووسطة هذا قياس المدرج بين مقدار الضغط وبين تعرف قوة الصاعطة بآلة يصنعها

اويده وهذه الطريقة وان كانت عظيمة الا انها لاتضاهى طريقة موسيو رنية في الصلاحية لقياس جميع انواع العمل وذلك أن موسيو رنية استعمل لولبا طويلا مغلوفا يمكن استعماله على طريقتين احدهما ضغطه بالعرض فتعرف به القوى الضعيفة الصغيرة وثانيتهما ضغطه بالطول فتعرف به القوى الشديدة الكبيرة وذلك أن هذا اللواب يحترق ابرة على عقرب مدرج تدريجيا اولها علامة الكيلوغرام لبيان القوى الصغيرة وثانيها علامة الميريا غرام لبيان القوى الكبيرة ومتى عرفنا قوة جر الخيل عرفنا قوتها الوقتية اى مجموع قوتها اليومية فنجدها كبيرة جدا بالنسبة الى قوة الجر

فاذا استعملنا مقياس رنية وجدنا الخيل تحدث في قليل من الزمن جرابساوى جر الخيل الذى يتعلق به ثقل زنته من ٣٠٠ كيلوغرام فصاعدا الى ٥٠٠ كيلوغرام فيكون الحد المتوسط للجر ٤٠٠ كيلوغرام ولما كانت الخيل التى تحدث أعظم نتيجة في الجر الوقتى هى التى تحدث في اليوم أعظم نتيجة في الشغل قدر موسيو رنية قيمة خيل الجر على حسب مقياسه وقال ان هذه الآلة وسيلة للمشتري يعرف بها قيمة الدابة التى يريد شراؤها قبل أن يعرف سيرها

واذا استقر الفرس على شغل واحد مدة يومه أحدث من الجر ما يساوى ٦٠ كيلوغراما فصاعدا الى ٩٠

فاذا فرضنا حينئذ أن قوة جر الفرس تساوى قوة سبعة اشخاص استنتجنا من ذلك أن الانسان اذا اشتغل مدة يومه لا يحدث من الجر الا ٨ كيلوغرامات فصاعدا الى ١٣ وذلك أقل بكثير مما يحمله على ظهره ويقطع به المسافة التى يقطعها الفرس

ولملاحظ ايضا أن جر الفرس خمسين او سبعين كيلوغراما على ارض أفقية هو أقل بكثير مما يحمله كدواب الاحمال وذلك تقريبا نحو النصف واذا أحدث كل من الفرسين المعلقين في المحراث نتيجة تساوى ٧٢ كيلوغراما

وقطعا مسافة ٢٦ كيلومترا كانت نتيجة جرها ما اليومية تساوي
١٨٧٢ كيلوغراما مرفوعة الى كيلومتروا احد

وفي بلاد انكلترا يقدرون أن الفرس الذي يشتغل مدة ثمانى ساعات
ويقطع في كل ساعة ٤ كيلومترات يجتمع قوة تساوي ٩٠ كيلوغراما
ثقالا يساوي $٩٠ \times ٨ \times ٤ = ٢٨٨٠$ كيلوغراما مرفوعة الى كيلومتروا احد
وذلك تقريبا هو عشر الثقل الذي يتقله الفرس المستعمل في جرها العربية

وينتج من ذلك أن استعمال العربات يجعل الانتقال الافق أسهل من الجر
بغير آلة عشر مرات مع أن هذه السهولة لا تباع زيادتها إعادة الاثمانية
وقد عمل موسيو رمفور عدة تجارب عظيمة ليختبر بها النسبة الاثقال
المنقولة على العربات الى قوة الجر فوجد العربية التي تحتوى على ثلاثة أشخاص
ترن ١٠٦٠ كيلوغراما

ووجد الجر على الارض المبلطة يساوي ما هو مذكور في الجدول الآتي فرأى
أن الجر مع المشى الهويني أقل ما يساوي ٢٠ فصاعدا الى ٢٢ كيلوغراما

ومع الهرولة ٢٤ الى ٢٨

ومع الحبيب ٤٢ الى ٤٧

ومع العدو ٦٠ الى ٦٥

والظاهر أن هذا الاختلاف مناسب لسرعة الخيل تقريبا بمعنى أن المسافة
المتطوعة تميز كمية العمل المنصرفة بضرب الجر اى القوة في الزمن

(فالجر مع المشى الهويني يساوي ٢٨ فصاعدا الى ٤٢ كيلوغراما

على الارض) ومع الهرولة ٤٠ الى ٤٢

ومع الحبيب ٤٠ الى ٤٤

ومع العدو ٤٢ الى ٥٠

وعلى الارض) مع المشى الهويني ٨٠ الى ٩٠

الاشيرة الرمل) ومع الهرولة ٨٠ الى ٩٠

وعلى جسر) مع المشى الهويني ٣٦ الى ٤٠

سنت كاودا شجر) ومع الهرولة ٤٠ الى ٤٢

و بمقتضى هذه التجارب تكون نسبة قوة الجربعربة مسيو رمفور مع المشى الهوينى على البلاط الى مجموع الثقل المنقول :: ١ : ٢٥ ولكن اذا لم نعتبر الا الاشخاص الثلاثة الذين فى العربة وجدنا النتيجة النافعة هى ثقل ثقل يساوى الجربع الضعيف عشر مرات ويلزم أن نلاحظ بعد ذلك أن زنة الاشياء المنقولة فى عربات السفر كزنة العربات المعتادة تقريبا فلذا امكن أن نعتبر أن قوة جربع خيول عربات السفر تساوى عشر الثقل المناسب الذى تنقله هذه الخيول بدون أن يكون فى ذلك خطأ بين وان كانت الخيل تكابد فى الهرولة من المشقة ما لا تكابده فى المشى الهوينى اذا كان سيرها على ارض مبلطة

ثم ان مسيو رمفور لما سافر الى بلاد ايطاليا (١٧٩٣ سنة) و (١٧٩٤ سنة) من الميلاد عمل تجارب نافعة ليعرف بها الاوفق من انواع السفر هل هو المشى الهوينى الذى هو عادة المسافرين الذين يسرون مدة النهار من طلوع الشمس الى غروبها او هو سير الهرولة الذى يفعله المسافر مدة اربع ساعات او خمسة من كل يوم مع الاستراحة مدة طويلة فرأى بمقتضى تجاربه أن خيله بعد أن سارت خمسة عشر يوما مع الهرولة التى كانت تقطع بها فى كل يوم من تلك الايام ثمانية فراسخ او عشرة أحسن حالة من كونها قطعت هذه المسافة بعينها فى الايام المذكورة مع المشى الهوينى وهدا من النوادر الغريبة ومشاؤه ضرورة هو أن جربع خيوله المذكورة لم يصل الى الحد الذى يمكنها تحصيله بل كان أقل منه ولا مانع أن مسيو رمفور كان يسير فى طريقه على ارض شجرة او كان فى الغالب يسير على ارض معتادة لا على ارض مبلطة

وفى كل وقت يمكن معرفة ما يصرف من القوى اللازمة للجربع بالجربع نفسه فاذا كان جربع ٤٠ كيلو غراما مع المشى الهوينى على الارض المعتادة يدل على كمية القوى المنصرفة فى المدة اللازمة لقطع كيلومترا واحدا مع السير المعتاد فجربع الفرس ستة وأربعين كيلو غراما مع الهرولة أعنى مع سرعة تساوى السير السابق مرتين فى نصف المدة المتقدمة انما يتج عنه فى شان القوى

المنصرف ٢٣ لا غير ونصف المدة الباقي يكون للاستراحة وتعويض ما فقد من القوة في النصف الاول

وبذلك يعلم سبب كون الايطاليين عند عبورهم النجود اى الاراضى المرتفعة يركضون خيولهم حتى تهزل وتسرع السير وذلك لان ما ينقده الفرس من اقوى في الصعود مع سير السريع أقل مما ينقده من امع السير البطيئ ويؤخذ من ذلك أن الخيل اذا قطعت مسافة الطريق مع السير السريع ثم وقفت للاستراحة يكون تعبها في هذه الحالة دون تعبها في السير البطيئ حتى تصل الى آخر الطريق

وفي بلاد انكثرة تجديخول عربات السفر تقطع النجود بالهرولة وسرعة السير ما لم تكن هذه النجود صعبة جدا اى انها تقطعها بسرعة دون سرعة السهول بخمس او سدس وقد شاهدت ذلك في كثير من الطرق والساعة في يدي

وقد كان الفرنسيون الى هذه السنين الاخيرة يخطئون في تحميل عربات السفر احمالا جسمية متجاوزة الحد وأرجو عدم المواقفة فيما أقوله في شأنهم مما يتعلق بذلك لانه عين الواقع وهو أنهم كانوا في أغلب الاوقات يستعملون الخيول العاطلة المجردة عن الاستعداد في توصيل عدد معلوم من السياحين والاثقال بحيث اذا صادفت في طريقها بعض ارتفاعات قليلة او كثيرة اضطر الى ارتكاب أمرين أحدهما ترجى السياحين في النزول والثاني تسيير الخيل بسرعة أقل من الهرولة أربع مرات وذلك من اقبح الطرق وبالجمله لجميع ما يتعلق بخدمة العربات العمومية مكث مدة طويلة في مملكة فرانسا وهو على غاية من التبجح والجهالة وسائر العيوب الظاهرة ولم تتوصل الى هذه الحالة السهلة البسيطة الابتداء بالازمان والاقتدار على الكلام والتعبير وقوة التفهم والتفوييم ورخصة تعهد العربات حتى ترتب على ذلك أن صار الاهالى يأخذون من العربات ما يناسب حوائجهم وضرورتهم ويلامح حظوظهم ومسراتهم

ثم انى لأطنب في الكلام على قوة الخيل وان كانت اعظم القوى الحيوانية

بل ربما كان لا يستعمل في اشغال الآلات سواها ومع ما يترتب من الفوائد على مقابلتها بغيرها من قوى الحيوانات الاخرى لا تبسط الكلام في هذا المعنى بأى وجه كان واتماقتصر على بعض تنبيهات لابد منها في شأن الحيوانات لما فيها من أهم الامور نظرا لعموم نفعها من وجهين وهما الثروة وتهذيب الاخلاق فنقول

انه كان من جملة قوانين اثينا مدينة حكماء اليونان قانون مستحسن يامر بقتل كل من سلك مسلك القسوة والجبر في شأن الحيوانات وليس ذلك لمجرد رعاية الحيوان فقط بل كانوا يخشون أن هذه القساوة ربما جرت صاحبها الى أن يعامل بها امثاله من النوع الانساني فكان هذا القانون يمنع وقوع بعض المصائب المخوفة وهو ما يذهب بالشفقة والرأفة من قلوب امة من الامم ولا يكفي أن تقتصر على ما في ذلك من تهذيب الاخلاق بل يلزم أن تتكلم ايضا على ما فيه من النفع والمائدة فان اسلوب كلامنا هذا وما سقناه في هذا الشأن من الادلة يدلان على فائدة الحيوانات والادميين حيث اتبينا نتيجة ذات وجهين وهما المنفعة ومحبة الناس بعضهم بعضا

فاذا وجدنا حيوانات من صنف واحد كالخيل مثلا تحت ايدى اناس مختلفين في الطباع رأيت أن هذه الحيوانات تكنسب من طباع من هي تحت ايديهم فتكون طباعها مختلفة ايضا فتجد بعضها يلوح على وجهه وعينه الهدوء والبشاشة والسرور وتزينه الصحة كما تزين سائر الحيوانات لان الصحة تكسب اعضاءه المختلفة نورا كاملا يناسبها فيظهر على شعره الرفيع الزاهي النظافة والروث وتكون حركاته الاختيارية التي يلطفها امنه وراحته نافعة في اغلب الاوقات ولا ضرر فيها بالكيفية حتى اعتنى صاحبه بشأنه كان معه على غاية من الانقياد وكان صاحبه بالنسبة اليه كالحسن الذي يصنعى لقوله في سائر الاوقات وحيث انه غير ناطق لا قدرة له على اجابة فارسه بالسمع والطاعة فليسان الحال الذي هو عبارة عن حساسته التي تتوى عضلات جسمه وعضلات وجهه يقوم في ذلك مقام لسان القال وكذلك عيناه وشفته ومنخراده وصهيله وقيام

شعر معرفته وضربات ذنبه وضرب اقدامه على الارض كل ذلك جواب منه
لصاحبه فيما قصده منه من زجر او ملاعبة والخيول الموصوفة بهذه الصفات
الجازية للقلوب في اى وقت كان هي الخيول العربية الموجودة في برارى
مصر واسيا فهي اقوى حيوانات هذا الصنف وألطفها لانها عزيزة
عند اصحابها فيتعهدونها ويعتنون بشأنها اكثر من غيرها من الحيوانات
وتجذب بعضها كغير الخيول العربية يسير من خفض الرأس ملتوى الرقبة تلوح
عليه آثار الذل والمسكنة فهو ينظر كالاسير. أسوأ حاله منه وترى جلده
كثير الاوساخ واطرافه النخيفة المجردة عن اللحم مستورة ببشرة عارية
عن الشعر ومخططة بضربات السوط العديدة فتجده من أدنى اشارة يرجف
وترتعذ فرائضه ويثب وثبات عذيفة اما للتخلص من الجروح المؤلمة التي هو
عرضة لها في جميع الاوقات واما لانتقام من صاحبه الذي أساء معاملته
ببعض ضربات على حين غفلة حتى يخلص من يده

ثم الى لم اسلك في هذا المعنى مسلك المبالغة التي تتأثر منها العقول تأثرا لا طائل
تحته فان الانسان اذا وقف على قارعة الطريق وتأمل وجد حقيقة ماقلته
وصحة ما ذكرته في الخيول واصحابها من وجوه عديدة اذ لا يخفى أن العربجية
والسواقين في كثير من المدن يعاملون ما تحت أيديهم من الحيوانات أسوأ
المعاملة ويسلكون معها مسلك الجبر والقساوة فتراه هم يحملونها أحمالا
لا طاقة لها بحملها فاذا عجزت عن جرّها لسوء بحتها ضربوها ضربا مؤلما
على ما يتأثر بالضرب من اجراء جرحها اكثر من غيره كالرقبة والرأس والانف
وربما ضربوها على عينها في بعض الاحيان فيسيل الدم من المحل الذي
وقعت عليه آلة الضرب سواء كانت جبلا او سوطا او عصا او غير ذلك
مما يصادفه هذا السواق الخشني عند ارادة ضربها فهذا هو السبب في عدم
وجود الخيل الجيدة وفي هلاك الخيل المتوسطة في أقرب مدة

فينبغي حينئذ لاهالى فيما يريدون اجراءه من الاشغال أن يتخذوا من السواقين
من كان رقيق القلب ذا شفقة ورأفة ورعاية واعتناء بشأن هذه الحيوانات

التي تعمر زمانا طويلا وتبقى على القوة وكثرة الشغل ماداموا يحسنون
معاملتها ولا يسيئون بها بتخويف أو أذية هذا واكرر القول مرارا أن كل ما فيه
نفع للانسان من الحيوانات يلزمه من حيث نفعه أن يسلك معها مسلك الشفقة
والرأفة وان لم تلزمه بذلك المنفعة ألزمته به المروءة لانها كما تحترس على حسن
المعاملة مع الناس تحترس ايضا على حسن المعاملة مع بقية الحيوانات وهذه
الفضيلة أعنى المحبة والشفقة على جميع الخلق من بشر وغيره من خصوصيات
الانسان ومتى وجدت رفعت صاحبها الى أعلى الدرجات وامتاز بها عن البهائم
وغيرها من لاشفقة عندهم ولارأفة

هذا ولا أريد أن اذكر نفسى عند السامعين بكونى استعمل فى مخاطبتهم لسانا
غير لسان القوانين الصحيحة المتعلقة بالمعادلة والحركة بل الامر بخلاف ذلك
اوليس أن كل انسان أحب الوطن بالطبع يجب عليه أن يمارس قوى الشبوعية
ويهتم بتوسيع دائرة الميل القابى والقوى العقلية معا ففى أمكن التحسين
حسننا كلامنا وأفعالنا كما نحسن أفكارنا ومؤامراتنا بالحسن العقلى الذى
يجب أن يقتصر على مجرد حل المسئلة النظرية التى يقتضيها حب النفس
وطمع الانسان الذى يسأل عن مصلحة نفسه بما صورته كيف اصل بالسرعة
الى الغرض المقصور نفعه على بل يحل ايضا هذه المسئلة الاخرى التى تعود
بالنفع على عموم الناس وهى مسئلة من يقول كيف اصل الى الغرض المهم الى
وانشرفى مسعاى اليه على عموم الناس كثيرا من الحيرات والمنافع
ولما أنهينا الكلام اجمالا على القوى الحية اى القوى الحيوانية التى يستعملها
الانسان فى اشغال الصناعة ناسب أن نتكلم الآن على قوتين عظيمتين تحتاج
اليهما الصناعة من القوى العير الحية اى الجمادية وهما قوتا النقل والحرارة
فنقول

*(الدرس السادس) *

فى الكلام على قوة الثقل المعبرة خصوصا فى توازن المياه وضغطها
اعنى الضغط الادروايكى

لم نعتقد في هذا الجزء درسا لخصوص استعمال القوة التي يؤتيها للصناعة ثقل الاجسام الصلبة لان الجزء الثاني من هذا الكتاب قد تكفل بتفاصيل الاستعمالات الضرورية لهذه القوة وانما نتكلم الآن على تأثير الثقل في الموائع وعلى ما ينتج عن هذا التأثير في الفنون والصنائع فنقول اننا نطلق اسم السائل على كل جسم يمكن تفريق اجزائه الصغيرة عن بعضها بدون صلابة محسوسة ولا تعاص ظاهر ونطلق اسم السائل الناقص على كل جسم لا يمكن تفريق اجزائه الصغيرة بدون تعاص ولا صلابة ظاهرة بل مع يسير معاناة وقليل مكابدة

ثم ان السوائل كالمياه لا يتغير حجمها تغيرا ظاهرا بالضغط اياها كان وانما اذا خفف الضغط ولم يحسر السطح الظاهر من السائل استحالة جزء من ذلك السائل الى بحار كما سيأتي ويؤخذ من ذلك أن اجراء السائل تقبل الانفصال عن بعضها وسياتي في الكلام على الحرارة ما تعرف به هذه النتيجة حق المعرفة

ولا نعرف سائلا من السوائل في اي وقت كان الا وفيه قابلية لقوة من القوى فالثقل الذي يؤثر في جميع الاجسام وسائر الاجراء الصغيرة من كل جسم يميل الى أن يقترب من مركز الارض كل جزء من الاجراء الصغيرة التي تتركب منها السوائل وحيث ان هذا الميل يؤثر دائما في توازن السوائل وحركتها وجب أن نبدأ بالكلام على حالة التوازن فنقول

اذا وضعنا على مستوا أفقي كمية كبيرة من السائل المطلق (اي غير المحصور) ولم يكن هنالك ما يمنع تأثير الثقل في كل جزء على حدته من اجرائه الصغيرة فان جميع تلك الاجراء تهبط على المستوى المذكور حتى يتكون عنها طبقة متسعة رقيقة بتدر الامكان بحيث يكون سمكها واحدا في جميع جهاتها و يكون جميع نقطتها على ارتفاع واحد

واذا صيبت السائل على سطح منحني كسطح الارض مثلا تغير موضوع المسئلة وصار حلها وسيلة الى معرفة نتيجة مهمة جدا وهي حالة التوازن

في كتل المياه المتسعة التي تتكون عنها البرك والبحيرات والبحار
فاذا كانت المياه المنتشرة على كرة الارض منبهة في بعض المحال التي هي ابعد
عن مركز الارض من النقط المحيطة به ولم يكن هنالك ما يمنع اجراء السائل
عن الاتصال بحيث تتأثر بقوة النقل هبط بعضها على بعض فوق سطح الارض
كهبوطها على مستويات مائلة بمعنى انها تقرب كثيرا من الاجزاء السفلى
اعنى الاجزاء القريبة جدا من مركز الارض

فبعد أن يتغلب بهذه الطريقة عمق الاجزاء المرتفعة قليلا عن الارض يلزم
أن تكون اجراء السائل متوازنة وهذا لا يحصل الا اذا كان كل جزء من تلك
الاجزاء لا يمكن هبوطه اكثر من الآخر فاذن يلزم أن يكون السطح الاعلى
من السائل على اتجاه واحد في سائر جهاته حتى كأنه على مستوى أفقي
والاهبطت الاجزاء المرتفعة على غيرها كهبوطها على مستو مائل فلا تحصل
الموازنة حينئذ

ولذا كانت المياه المنصبية على الارض كالامطار والندى والثلج والجليد الذائب
تهبط من الاماكن العالية الى المحال المنخفضة فيستكون عنها الترع والنهيرات
والانهر وتجتمع في حياض طبيعية كالبرك والبحيرات والبحار التي تكون
شواطئها دائما على من سطح السائل بحيث تمنعه من الانتشار بعيدا عنها
وتجبره على ملازمة الموازنة ما لم تعرض قوة شديدة تتغير بها تسوية سطحه
الاعلى

فحينئذ تكون حركات اعظم السوائل على الارض ناشئة عن قوة الشغل الثابتة
وعن ميل السائل الى موضع يناسب الموازنة

فاذا سافر الانسان في البحر تعجب غاية العجب من نتيجة هذا الميل
وذلك أن هذا السائل يظهر للنظر من جميع الجهات كأنه سطح مستو متسع
حدوده المسماة بالافق واقعة في مستوي يقال له المستوي الافقي - أخذا
من تسوية الافق

وكما توغل الانسان في البحر سار معه هذا الافق ولما كانت الارض كرية الشكل

كان الافق دائما ينخفض من الجهة التي يسير نحوها الانسان ويرتفع من
الجهة التي يسير عنها بحيث يترأى انه كلما تقدم في السير صعد على الافق
ومن هنا قولهم سافر فلان نحو البحر الاعلى وصعد في البحر الاعلى
فلو كانت الارض تامة الكرية ومتناسبة بالكثافة لكانت جميع الخطوط
الراسية اى القائمة عمودية على سطح الارض وكان لا يمكن أن يكون سطح
الماء في جميع المحال عمودا على الخط الرأسي بدون أن يحدث عنه كرة تامة
الكرية ولكنها عوضا عن أن تكون كرية من جميع جهاتها ليست الا كرية
مسطحة وليست مفرطة الا في اتجاه المتوازيات فلذا لم يكن لسطح المياه
الراكدة شكل مستدير الا في الجهات المتوازية من الارض
ولهذه الخاصية استعمل كبير في الفنون فان السوائل متى كانت راکدة
كان سطحها المطلق افقيا بالكثافة في جميع المحال ثم ان ميزان تسوية الماء
مرسب من انبوبة شجوفة مثل **ا ب ث** (شكل ١) ذات شعب
مرتفعة وتكون هذه الانبوبة ممتلئة بالماء او بأى سائل كان الى ارتفاع
معلوم وتكون ايضا الانبوبة المذكورة متكونة في نقطتي **ا و ث** من
مادة شفافة كالزجاج او البلور فاذا مكث الانسان حينئذ خلف سطح السائل
في نقطة **ا** ونظر الى السطح الشفاف من السائل في نقطة **ث** فان
الشعاع المرئي يكون أفقيا بالضرورة وهذه الطريقة أضبط بكثير من الطريقة
المستعملة في معرفة وضع الخطوط العمودية والافقية بواسطة المطمراى
الشقول وهو الخيط المعروف بميزان البناء وتستعمل ايضا آلة تسوية الماء
في العمليات التي لا بد فيها من الاتساع والضبط معا
وجميع ما ذكر من النتائج في شأن موازنة السائل لاتعلق لها بشكل السطوح
او الاواني التي تحتوى على السائل المذكور
فلذا ترى في شكل ٢ و ٣ و ٤ أن السطح الاعلى من السائل هو
دائما في مستوا واحد أفقي مثل **ا ب**
وهناك كيفية مخصوصة لا بأس بذكرها وهي اننا اذا فرضنا ان اناء

م ك ن (شكل ٥) ممتلئ ماء وأن انبوبة **و ح خ ر** المنحنية
 المنقوفة ممتلئة بالسائل ثم اتصلا ببعضهما من طرف **و** بواسطة السائل
 المنحصر في اناء **م ك ن** فحالة الموازنة حينئذ تستدعي أن تسوية
 السائل تكون واحدة في الاناء في نقطتي **م و ن** وفي الانبوبة في نقطة
س و ثم نتيجة شهيرة جداً تنشأ عن التسوية التي تأخذها السوائل حال
 سكونها وهي أنها اذا وضعنا السوائل في اناء بكيفية مغايرة لما ذكر كان مركز
 ثقلها أعلى مما اذا كان في حالة التوازن وهذه النتيجة كان يمكن استخراجها
 بدون واسطة من قضية القوى المتوازنة وذلك اننا اذا فرضنا أن السطح
 المماس للسطح المطاق من السائل ينقطع عن أن **يكون** أفقياً في **ا هـ**
 (شكل ٦) ويأخذ وضع **ش د** المائل فان مركز ثقل **ي** يتغير وضعه فاذا
 فرضنا أن **م** هي مجسم السائل و **ج** هي محل مركز ثقل هذا المجسم
 اذا كان السطح الأعلى أدقياً و **ج** هي محل هذا المركز اذا كان السائل
 منتهياً بمستوى **ش د** وفرضنا أيضاً أن **هـ** هي مركز ثقل سائل
ا ر ث بنسبه فوق مستوى **ا هـ** و **ف** هي مركز سائل **ش د**
 بنسبه تحت مستوى **ا هـ** ينتج معنا اولاً أن مجسم **ا ر ث** = مجسم **ش د**
 وثانياً انه اذا كان كل من **ج** و **هـ** و **ك** و **ف** عمودياً
 على الجسم الأفقي وهو **ك ج ف** المأخوذ محورياً للارمان
 ينتج معنا أن **م** × **ج** = مجسم **ا ر ث** × **ك** =
 ناقصا مجسم **ش د** × **ف** فينتج بصير الزمى الكلى عبارة
 عن مجسم **ا ر ث** او مساويه وهو **ش د** مضروباً في **ك هـ**
 = **ف** فاذا نقطة **ج** التي هي مركز الثقل تصعد الى نقطة **ج**
 بكمية = مجسم **ا ر ث** × **(ك هـ + ف هـ)** مقسوماً
 على مجسم السائل بنسبه فينتج محل توازن **م** أعنى المحل الذي تكون
 فيه الطبقة العليا آفقية تكون فيه نقطة مركز الثقل من مجسم السائل هابطه
 على قدر الامكان

وقد كان يمكن الابتداء بهذه القاعدة لعامة وهي كل مجموع من الاجراء الصغيرة لم يسلط عليه من القوى الاقوة الثقل فركز ثقله يكون منخفضا جدا في حالة الموازنة وكان يمكن ايضا أن تبين هذا الشرط وهو أن مركز الثقل لا يمكن انخفضه بهذه المثابة لا اذا كانت تسوية السائل مستوية أفقية

وينبغي لنا الآن أن نبين ما يقع على كل جزء من اجراء السائل من الضغط الحاصل من الاجراء الأخرى وكذلك ما تحدثه الاجراء المدكورة من الضغط على جوانب السطح أي انه ناء المحتوى على السائل يتدوين من ذلك بيان اناء **اب** (شكل ٧) العمودي الضيق جدا الذي لا يسع قطره الاجراء من الاجراء الصغيرة الموضوعه عموديا على بعضها فنقول ان كل جزء من هذه الاجراء يحمل ثقل جميع الاجراء الأخرى الموضوعه فوقه فيكون الضغط الحاصل له مساويا لثقل عمود السائل الموجود فوق هذا الجزء المدكور

فإذا فرضنا لآن اناء له حجم $\frac{1}{2}$ شكل اياها $\frac{1}{2}$ فان ثقلها بالسائل الى $\frac{1}{2}$ من (شكل ٨) ونحسنا عن انصعاطات الواقعة على جزء **ب** لم اولا أن تكون هذه الانصعاطات متساوية في جميع الجهات ان بدون ذلك يتبدد هذا الجزء من المهمة التي يتل ضغطها عن غيرها

فإذا فرضنا بعد ذلك أن كتلة كاملة من السائل تجمدت دفعة واحدة ماعدا عمود **ب** القائم الضيق الواقع عموديا على تقبلة **ب** فان الضغط لدى تحمله نقطة **ب** يكون مساويا لثقل عمود **اب** كما ذكرناه في العمود الضيق غير أن هذا الضغط لا يتغير بالفرض الذي فرضناه وهو تجمد جزء من السائل دفعة واحدة

فإن يلزم أن يكون الضغط الواقع على جزء **ب** مساويا من جميع الجهات لثقل عمود **ب**

وعوضا عن كوننا افترض أن **ب** صغير جدا نفرض أن هنالك جولة لانهاية لها من الاجراء الصغيرة مثل **ب** و **ب** و **ب** على ارتفاع واحد وكل منها يحمل ثقلا واحدا فمجموع هذه الاثقال هو عين عمود السائل

بقامه الواقع عموديا على السطح الكلى - المرموز اليه بهذه الحروف وهى

$$ب + ب + ب + +$$

وأذا وقف الإنسان فى جزء $ب$ (شكل ٩) من جوانب الاناء الافقى - فجميع اجزاء السائل المتخذة مع الاناء فى اتساع $ب$ تحمل ضغطا واحدا يرمز اليه بعمود $ا$ $ب$ الرامى الى حجمه $=$ سطح $ب$ $ب$ \times ارتفاع $ا$ $ب$ فعلى ذلك يكون القعر الافقى من الاناء الممتلئ بالماء حاملا ضغطا يساوى ثقل اسطوانة عمودية من هذا السائل الذى يكون هذا القعر قاعدة له وزيادة على ذلك يكون ارتفاعه هو عين ارتفاع الماء المنحصر فى هذا الاناء

فاذا اعتبرنا الآن جزء $ب$ المائل (شكل ١٠) من جوانب الاناء فالضغط الذى يحمله هذا الجزء يكون مساويا لثقل السائل المنحصر فى اسطوانة $ا$ $ب$ الناقصة فاذا كان سطح $ب$ $ب$ صغيرا بالنسبة الى ارتفاع $ا$ $ب$ يكفى أن نأخذ $ب$ فى وسط $ب$ ونضرب قاعدة $ا$ العليا من الاسطوانة فى ارتفاع $ا$ المتوسط فينتج معنا هذه النسبة وهى

$$\text{سطح } ا : \text{سطح } ب : ب :: ا : ب$$

فاذن يكون الضغط الكلى هو

$$\text{ارتفاع } ا \times \text{سطح } ب \times \frac{ا}{ب}$$

وهذه العبارة مما ينبغى الالتفات اليه فانها تستعمل فى العمليات الادروايكية اى عمليات رفع المياه وكذلك فى صناعة الآلات والاوانى وغير ذلك وجميع قواعد ضغط السائل التى ذكرناها هى عظيمة النفع كثيرة الفائدة فاذا اقتضى الحال عمل حاجز كحاجز $ا$ $ب$ (شكل ١١) لاجل حصر كمية كبيرة من المياه المعلومة الارتفاع وكان الغرض عمل هذا الحاجز مع التوفير التام لم أن لا تكون قوته العليا كقوته السفلى بل لابد أن يكون

ما يعطى له من القوة حال العمل يزيد بدرجات متساوية من ابتداء نقطة **ب** الى نقطة **ا** بحيث تكون مقاومتها لضغط الماء على نسبة واحدة من جميع الجهات لان هذا الضغط يزداد ايضا بدرجات متساوية عند الهبوط من نقطة **ب** الى نقطة **ا**

واذا عوّضنا حاجر **اب** بالابواب اي بالدرف الحوضية لزم أن نجعل هذه الابواب متينة بالتدريج من أعلاها الى أسفلها وذلك بتقريب الاخشاب الاقفية التي تتخذ منها شواحي هذه الابواب ونعنها الى بعضها

وكذلك اذا اقتضى الحال بناء حياض لحصر السوائل فيلزم أن تكون الاسوار والشواحي او الجوانب المتخذة من اي مادة كانت مصنوعة مع المتانة والصلابة بحيث تكون مناسبة لاعمق السائل في حالته الطبيعية

وانتكم الآن على السوائل المحصورة في الاواني فنقول اذا فرضنا أن الاناء على شكل قارورة مثل **ا هـ د** وأردنا معرفة الانضغاط الواقع على قعر **هـ ب ث** الافقي لزم لاجل ذلك أن نفرض اسطوانة قائمة مثل **ا ب ث د** ومن المعلوم أن الضغط الواقع على قاعدة **ب ث** يساوي حاصل ضرب قاعدة **ب ث** في ارتفاع **اب**

ولكن الانضغاط الواقع على **ب ث** هو عين الانضغاط الواقع على نقطة **ف** في الموضوعتين على ارتفاع واحد والا لم تحصل المعادلة فاذن **ب ث** = **ف ف** الانضغاط الواقع على قاعدة **ف ف** بقامها مساويا لسطح **ف ف** × في ارتفاع **اب** بمعنى أن هذا الضغط يساوي ثقل حجم الماء المعبر عنه باسطوانة **ج ث ف ف** القائمة التي قاعدتها **ف ف** وارتفاعها **اب**

ولا يخفى أن النسبة بين حجم اسطوانة **ج ث ف ف** وحجم اسطوانة **ا د ب ث** = النسبة بين سطوح قاعدتهما لان ارتفاعهما واحد فاذن تكون النسبة بين الانضغاطات الواقعة على كل من **ب ث** و **ف ف** كنسبة سطح **ب ث** الى سطح **ف ف**

وبذلك يعرف الادروستاتيك (اى ثقل المياه) فيمكن بواسطة سائل محصور في اناء أن تحدث على قاعدة هذا الاناء وهى **هـ** ضغطا اكبر من ثقل السائل المحدث لهذا الضغط

فلذا اذا كان اناء **ام هـ** مثلا (شكل ١٣) ممتلئا بالسائل فالضغط الواقع على قاعدة **هـ** يساوى ثقل كمية السائل المطروف في اسطوانة **ج هـ** ش الكبرى

وكذلك اذا ثبتنا في عمق **من** من برميل ما (شكل ١٤) انبوبة **ام هـ** المرتفعة الضيقة جدا التى يمكن ملؤها بقزازه ماء فالضغط الحاصل من هذه القزازه على عمق **هـ** يكون شديدا بحيث يكفى في غمس البرميل بكسر عمق **هـ**

ولو وضعنا عوضا عن هذه القزازه على **م هـ** ثقلا يساوى ثقل الماء الكائن في القزازه لما تغير ضغط جميع اجزاء السائل ومع ذلك لا يزيد الضغط على عمق **هـ** بقدر مرات احتواء سطح **هـ** على سطح **م هـ**

فاذا فرضنا الآن أن نقطة **ج** هى الثقل الموضوع على **م هـ** وأن نقطة **غ** هى ثقل **م هـ** الذى هو عمود السائل تحصل معنا **ج + غ =** الضغط الواقع على **ب هـ** فاذن يكون الضغط الواقع على قاعدة

$$\text{هـ} \text{ بقامها هو } (ج + غ) \times \frac{\text{هـ}}{\text{م هـ}}$$

ولو فرضنا أن **ج + غ** تساوى كيلو غراما واحدا فقط وأن **هـ** هو قطر الدائرة التى نصف قطرها متر واحد وأن **م هـ** هو قطر الدائرة

التى ليس نصف قطرها الا ستمتر اربع معنا أن سطح **هـ** : سطح **م هـ** :: ١٠٠ × ١٠٠ أعنى ١٠٠٠٠ : ١ فحينئذ الضغط

الواقع على **هـ** يساوى ١٠٠٠٠ كيلو غرام وهو يساوى تقريبا ثقل ١٥٠ رجلا وهذه التجربة يحدث الضغط المستقيم بواسطة استعمال القوة ١٠٠٠٠ مرة

وهذه القاعدة التي ذكرناها هي ما يسمى بالضغط الادروستيكي المعروف بين الناس بالضغط الايدروليكي

وقد بين باسكال هذه القاعدة وفوائدها حيث ثبت في العمق الاعلى من برميل قائم اسطوانة قائمة طويلة ضيقة جدًا فلما ملأ هذا البرميل ثم الاسطوانة تحصل عن ليتر اوليترين من الماء المطروف في تلك الاسطوانة نتيجة كالتجربة التي يمكن تحصيلها من البرميل اذا كان متحد القطر من سائر جهاته وكن مرتعنا الى القاعدة العليا من هذه الاسطوانة فلماذا كانت زيادة ثقل كيلوغرام او اثنين كافية في جبر عمق الاسطوانة بزيادة الضغط زيادة كبيرة فاذا فرضنا الان أننا انخرجن الماء من الاسطوانة الضيقة ووضعنا بدلا عنه ثقلا صلبا مساويا له يكون على شكل مكعب فمن الواضح أن الانضغاطات تكون واحدة من جميع الجهات واذا فرضنا أن ثقل المكعب مضر وب في قوة احد ذراعي الرافعة المتحركة لساقها وأن الضغط حصل ضربه كذلك أسكن بواسطة قوة قليلة أن نتحدث على عمق البرميل ضغطا مساويا لثقال عظيمة

ولما وقف براماه الميكانيكي الماهر على حقيقة هذه الدعوى النظرية استعمل منها في الفنون الناعمة استعمالات جيدة فاخترع الضغط الادروليكي لدفع الحروف ونقلها ثم استعمله في احدثات شجيرة وتناجج مهمة وصار ذلك الى استعماله في عصر الريوت وضغط المواد المتخذ منها الورق وتصغير حجم الاشياء المراد تعليقها على جوانب السفن وضغط الدخان حتى يصير اوراقا والخشيش اليابس الذي يجعله الى تكبير كتلا صلبة ويحفظونه بهذه الكيفية مدة طويلة وغير ذلك واستعمله ايضا في عمل البارود والحباليط التي تتركب منها المدافع

ثم ان هذه الانضغاطات الادروليكية مع ما تحدثه من الجهود العظيمة لم تستلزم مبادئ مفرطة في الصلابة والمتانة بل يمكن عملها على عربات صغيرة ونقلها الى محل رومها ومن فوائدها أن تأثير قوتها المحركة يحصل من مسافة عظيمة بواسطة الابواب الموصلة

وانسلكم الان على وصف الطولية فنقول ان شكل ١٥ يبين عنها القطع القائم المستعرض وشكل ١٦ يبين الارتفاع القائم الطولي وكل حرف من الحروف الانية رمز الى الة من آلاتها فحروف ١١١١ المتلاصقة تلاصقا متينا بواسطة قلوبات من الحديد المطرق وبريمات مثقوبة رمز الى تخشيبية الطولية وحرف ر رمز الى الاسطوانة الشغالة الداخلة في عمق الحديد السائل وحرف ث رمز الى المكباس الشغال الذي اذا كانت حركته مترددة وكانت في اتجاهها على خط عمودي أحدثت تأثير الطولية وحرف دد رمز الى الكفة المصنوعة من الحديد الزهر التي توضع عليها الاشياء المطلوب نقلها بالطولية وحرف هـ رمز الى المسند المحروط في الاسطوانة الشغالة ليتلقى جلد س س س مزدوج المشدود بحلقة معدنية وبذلك يلتصق المكباس الشغال باسطوانته التصاقا محكما وحرف ف رمز الى الجوزة المثقوبة التي تقلوز في أعلى الاسطوانة وهذه الجوزة الماسكة للجلد المزدوج بحلقتها المرتخية يراق في وسطها المكباس وفي جرعها الأعلى يكون المجرى منفثا انفتاحا مستديرا مسدودا بالكتان او غيره من مواد السد اللطيفة بعدد هنه بالزيت وامساكه بطرف رفيع وتستعمل هذه السدادة ايضا في توصيل الزيت الى الاسطوانة ومنع ما يضر بسطح المكباس وحرف غ رمز الى الانبوبة التي تصل الاسطوانة الشغالة بالاسطوانة الساخنة وطرف ح من هذه الانبوبة داخل مع الاحكام في فتحة مخروطة الشكل بأسفل جدران الاسطوانة الشغالة وفي طرف ح الذي هو الطرف الثاني من الانبوبة المذكورة قوة مضغوطة بواسطة جوزة مثقوبة موصولة على مسند مربع في جدران طولوية البع وتشد هذه القوة بواسطة حلقة من الجلد وحرف ش رمز الى السدادة او الصمام الذي لولبه خالص وشكله شكل سمار رأسه مستدير ومفرطح وهذا الصمام يفتح ويغلق ما بين الاسطوانة الساخنة والاسطوانة الشغالة وفوقه برية صغيرة معدة لضبط ارتفاع اللواب وتدويرها يمكن رفع هذا اللواب عند الحاجة وحرف ع رمز الى الحوض المملوء بالماء

وحرف ك رمز الى السدادة المحروطة التي تسد قم الحوض واذا نزع
 هذه السدادة أمكن امتصاص الماء من الخارج بواسطة انبوبة صغيرة
 والحوض المذكور يسهل ملؤه بواسطة انبوبة او تقع وحرف ل رمز الى
 الصمام الداخل في الجوزة الداخلية في عمق الاسطوانة الجناخة ولواب هذا
 الصمام يرفع رفعا مستظما بواسطة مسمار صغير يثبت في طرفه وحرف ن
 رمز الى المكبس الجناخ الذي يدور طرفه الاسفل الصاب على هيئة اسطوانة
 تامة الاستدارة وفي وسط ساق هذا المكبس حرف ن ث الطويل المار
 فيه محور رافعة ج المثبت في كل من طرفيها بمسك القوة المحركة وطرف ن ث
 الاعلى من ساق المكبس المذكور عبارة عن اسطوانة كبيرة تمر في اسطوانة
 أخرى مجوفة قطرهما واحد ومسددهما مثبت في الممر الاعلى من الشوحيمة
 وهذا المكبس يرفع رفعا مستظما بواسطة قرة موضوعة على قاعدة الاسطوانة
 الكبيرة وجوزة دالة في الجزء الاعلى من هذه الاسطوانة وحرف و رمز
 الى الجوزة المنقوبة التي يمر فيها المكبس الجناخ وتدوير هذه الجوزة
 يلتصق بالمدان بواسطة حلقة معدنية بينهما وبين الطرف الاسفل من المسند
 المصنوع في جسم الاسطوانة الجناخة وبذلك ايضا يلتصق الاسطوانة بالمكبس
 الجناخ التصاقا جيدا والجزء الاعلى من هذه الجوزة مفتوح بالاستدارة
 بحيث يكون شحذا لزيت وحرف ح رمز الى الرافعة المحركة وهي يد
 الطومبة وحرف ع رمز الى حنفية التفريع وهي عبارة عن اسطوانة
 مشعرة موضوعة على قاعدة الشوحيمة وحرف ر رمز الى اليد المنبثة
 في طرف الاسطوانة الكبيرة وفي الطرف الآخر بريمة صغيرة تتصل بمحروط
 وتدحبل في ممراس مخروطي الشكل موجود في وسط جدران الطلمبة
 الجناخة والى الم تمسك هذه البريمة الشح المجري بين الاسطوانة المشعلة
 والحوض ولكن متى دارت تلك البريمة وعادت الى نقطتها انسدت الشح المجري
 انسدادا محكما وتدوير حنفية غ على اليمين معدلة لسد الطلمبة وتدويرها
 على الشمال معدلة لتفتحها

ومما تسهل معرفته قوة الطلومية وتأثيرها وذلك اذا فرضنا ان الاسطوانة الشغالة (المعروفة بالخزنة الشغالة) والاسطوانة البخاخة (المعروفة بخزنة البخاخ) مملوءتان بالماء وكذلك الماسورة الموصلة الجامعة بينهما وفرضنا ايضا ان الماء داخل في الحوض فلو رفعنا مكباس البخاخ صعد الماء من الحوض الى خزانة البخاخ في وسط صمام ل ومتى نزل المكباس انسد صمام ل ويرفع الماء لولب ش (المعروف باللسان) ويمر في انبوبة غ التي توصله الى الخزانة الشغالة فيرفع مكباسها مع ما عليه من الثقل وذلك يكون بالنسبة لكمية السائل المخزوخ ومتى صعد مكباس البخاخ ثانيا انسد صمام ش وأخذ السائل المتجمع في الخزانة الشغالة دوره ثانيا وبهذه الكيفية لا ينزل المكباس الشغال حتى يضغط مكباس البخاخ مرة أخرى وعلى هذه الطريقة التي ذكرناها تتكرر العملية

فاذا تم تأثير قوة الطلومية في جميع الاشياء التي تتأثر بها وفتحت حنفية التفريغ نزل المكباس الشغال بثقله وتمر الماء في الحوض من فتحة هذه الحنفية

وبهذه الطريقة تحسب قوة الطلومية فاذا كان عمودان من السائل مشتركين فكل قوة اثرت في أحدهما فانها تتحول على حسب السطوح المضاعطة * والقوة الميكانيكية المؤثرة في مكباس البخاخ تتحول بواسطة السائل الى المكباس الشغال بالنسبة الى سطح المكباسين وهذا هو ازدياد القوى الذي كان يسمى براماه بالقوة الادروستاتيكية للطلومية

(وينبغي بعد تكرار العملية مزيد الاعتناء بنظافة الطلومية وملاءمة الحوض بالماء الصافي ودهن المكباس الشغال بالزيت الحلوالجيد * والطلومية قابلة للفساد قليلا فطر الى أن تركيبها ساذج بسيط ولكن اذا تعلق جسم اجنبي بأحد الصمامات وقفت حركته حتى يزول عنه هذا الجسم الغريب ويمكن في جميع الاوقات الكشف على صمام ش برفع البريمة التي تغطيه وكذلك صمام غ الذي هو صمام التفريغ يمكن الكشف عليه بالتدوير واما صمام ل فيكشف عنه

برفع الطلومبة بتمامها وهو نادر لا يكون الا عند الحاجة
مثلا اذا فرضنا أن قطر المكبس الشغال = ٣ سنتيمترات وقطر مكبس
النج = ٩ سنتيمترات وذراع الرافعة الصغير = ١٠ سنتيمترات
والذراع الكبير = ٦٠ سنتيمترا كانت سطوح المكبسين مناسبة لمربعات
قطريهما وذلك عبارة عن $(\frac{1}{4})^2 = (\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$ وهذه النسبة
هي القوة الادروليكية للطلومبة واما القوة الميكانيكية للرافعة فهي $\frac{1}{6}$
= فتكون بالضرورة النسبة المركبة من نسبة القوة الى مقاومة
الطلومبة مساوية $\frac{1}{6} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{24}$ فاذا فرضنا حينئذ أن مكبس النج يتحرك
بقوة تساوي ١٠٠ كيلو غرام فالاجسام التي تؤثر فيها قوة الطلومبة تأخذ
قوة ١٠٠ كيلو غرام ٥٤ مرة اي ٥٤٠٠ كيلو غرام

ومن الطلومبات الادروليكية ما تؤثر فيه الكفة المدفوعة بالمكبس الشغال
وهي نازلة عوضا عن كونها تؤثر وهي صاعدة ومنها طلومبات أخرى يتحرك
فيها البرواز المحيط بالمكبس الشغال عند تحرك هذا المكبس ليصل بذلك
على وجه السرعة تقريبا هذين البروين الذين يحدثان السعط وقد ذكر
جميع ما يتعلق بذلك تفصيلا مسيو بورييس في رسالته المكاملة التي ألفها
في اميكانيكا المطمئة على الفنون وهي الرسالة السادسة التي تكلم فيها على
الآلات المستعملة في جميع الصنائع على اختلافها في صفحة ١٠٠

و صفحة ٢٢٧

ولما تكلمنا تفصيلا على حركة الطلومبة الادروليكية استنسبنا أن نذكر هنا
تطبيق الطلومبة واستعمالها في الاشغال التي لا بد منها لبعض الفنون ولنبدأ
من ذلك بالكلام على الطلومبات الادروليكية المستعملة في ترزيم البضائع
وحرمانها نقول لما طفت بمخازن ترسانة وولويس الواقعة على شاطئ نهر
الامير رأيت فيها طلومبة ايدروليكية مركبة في الطبقة الاولى وكان الاولى
تركيبها تحتها ووجدتهم يستعملون هذه الطلومبة في حفظ الشوالات
والخزومات وتصغير حجمها بقدر الامكان وذلك كخزومات الملابس وغيرها

من سائر الاشياء على اختلاف أنواعها المبعوثة من الترسانات الكبيرة الى
المخازن العسكرية

ثم ان الطلومبة البخاخة التي تتحرك باليد بواسطة رافعة سواء كانت تلك
الطلومبة كبيرة او صغيرة تعطى ماءها بواسطة قناة صغيرة ذاهبة الى قاعدة
انبوبة صلبة متخذة من الحديد مشدودة تحت السقف بسلك من معدنها
شدا محكما والمكبس الشغال الداخل في هذه الاسطوانة يحمل سطحها معدنيا
وفوق هذه الاسطوانة دائرة عميقة مرصوص فيها جلبة كبيرة من ألواح
الخشب الصغيرة وذلك لاجل نقل الضغط ببعض مرونة ولين والانضغاط
يحصل بين السطح المذكور وخشبة كبيرة أفقية موجودة في التحشيبية
فتنزل هذا السطح سدا محكما النقب المربع الموجود في اللوح الذي يظهر
أن ذلك السطح جره منه

ولتسكك الآن على الطلومبة الادروليكية المستعملة في تهديد الاخشاب
وتسويتها فتقول ان أعظم استعمال الطلومبة الادروليكية هو استعمال
الآلة المعدة لتسوية الاخشاب

وذلك أن التي اخترعها المهندس براماه ربط العجلة (اي طارة) أفقية من
حديد قطرها نحو ثلاثة امتار ربطا جيدا مع محورها بعوارض وأربعة سلوك
من الحديد مائلة بقدر ٤٥ درجة وقسم هذه العجلة الى ٣٢ قسما
متساوية وجعل في كل نقطة من التقسيم حرا داخل فيه قضيب ذو سن وهذه
الاسنان منحنية على شكل انصاف اسطوانات مستديرة يتم عن
محورها مع الافق زاوية مساقتها تقريبا نحو ٣٠ درجة والاسنان
المذكورة عبارة عن اضراس مائلة متينة جدا

وفي كل جهة من محور هذه العجلة الشغالة عربة مستطيلة جوانبها
المتوازية تحمل حملا أفقيا قطعة الخشب المطلوب تسويتها بأن ثبت عليها
تثبيتا جيدا بربعات الضغط

وجميع تلك الاسنان ليست على وضع واحد بحيث تحز في الاخشاب

حزوزا متساوية الاعماق بل هي منقسمة الى خمسة فحمة او ستة فستة بحيث يحز اول خمسة او الستة البعيد عن محور الدوران حرا دون غيره في العمق والثاني الاقرب منه الى المحور يكون حزه أعمق من حز الاول والثالث يكون حزه أعمق من الثاني وهكذا وفائدة هذا الوضع أنه عند الحاجة يزيل الجراء البارزة من سطح الخشب المطلوب تسويته بقدر ٢ من الستة عشر

ومتى دارت هذه الانحراس التي عدتها ٣٢ نرسا فارتفعه على الخشب المطلوب تسويته من الخطوط التي عدتها اثنان وثلاثون خطا تكون مسافة مجموعها بالنظر الى العرض مساوية لكمية سير العربية مدة دوران العجلة فعلى ذلك اذا كانت حركة العجلة سريعة وحركة العربية بطيئة كانت الخطوط لمد كور محصورة في مسافة صغيرة جدا بمعنى انها تكون على شكل سطح مستو تقريبا ولاجل تسوية الخشب وصقله كما ينبغي يلزم أن سبت فارة على محيط العجلة الشغالة فان الانحراس متى رسمت خطوطها الرفيعة ارتفع جميع زوائد الخطوط المنخفضة بمرور الفارة عليها مرة واحدة وهذه النتيجة باهرة محسوسة فان كل سن من الاسنان المخشبة عند ما يمر على الخشب يتذف بالقوة البعيدة عن المركز شيئا من النشارة الدقيقة وترتداد الخطوط المرسومة في الخشب شيئا فشيئا ثم تمر عليها الفارة فتعورها وتصلها حتى تصبح سطحا واحدا مع غاية الانتظام الهندسي فاذا لم يكن للعجلة التي قطرها ثلاثة أمتار حركة مضبوطة فان الفارات تارة يكون حفرها أعمق من حفر الاسنان ويحصل لها مقاومة عظيمة وتارة تمر فوق خطوط الخشب ولا تزال ما فيها من زوائد فيظهر في قطعة الخشب بعد شغلها تجاويف وخطوط كبيرة فيلزم حينئذ تسويتها بالطرق المعتادة

ومحور العجلة الشغالة يدور في اسطوانتين مقعرتين مثبتتين دائما احدهما في الارض والاخرى تحت سقف العمارة وهذا المحور مرتفع قليلا فوق التعشق الاعلى وفي رأسه رافعة تقطع ارتكازها تحمل من كلا جهتيها سلا

تحدث به على المحور ضغطا محدودا وكذلك الاسنان تحمل ثقلها به تغلب مقاومة الخشب الذي تحطه وحيث ان عمق الخطوط هو نتيجة التوازن بين ضغط الاسنان المستقر ومقاومة سطح الخشب الحام المتغيرة فهذا العمق يكون قليلا في اوائل مرور الاسنان التي تتم في رجوعها اصلاح الاجزاء الكثيرة البروز والصلابة وبهذه الطريقة لا يحصل للاسنان كسرا وتلف وفي الغالب يلزم تسوية الاخشاب المختلفة السمك مع بقاء ارتفاع العربية وموضع جريانها على حالة واحدة فيلزم اذن أن يكون سطح الاسنان قريبا او بعيدا عن سطح العربية الاعلى بمسافة تساوى سمك كل قطعة يراد اصلاحها وهذه النتيجة انما تحصل من الضغط الادروليكي

ومحور العجلة المسلحة بالاسنان يدور في ثقب مخروطي الشكل على رأس مكاس موضوع في اسطوانة ذات ضغط ادروليكي فتنفذ الماء في هذه الاسطوانة وترفع محور العجلة وترفع معه السطح المقي من الاسنان المسلحة بهذه العجلة واذا ترك الماء يسيل لم تحصل هذه النتيجة ويستبدل بما هو مرسوم على طول المقياس المدرج الموضوع على كل خشبة مستطيلة من الاخشاب المنصوبة بجانب العجلة على ما يكون لقطعة المطلوب تسويتها من السمك الناتج لها عن ارتفاعات العجلة المختلفة فعلى ذلك اذا فكت اوسدت الخنفية التي هي مدخل ومخرج ماء الطلومية الادروليكية أمكن توصيل العجلة الى المحل اللازم لذلك لاجل اجراء الشغل المطلوب

وقد ذكرنا انه يوجد عربستان متشابهتان كل واحدة منهما على جهة من المحور ودوران كل منهما مخالف لدوران الاخرى ولا بدوران معا الا لاجل تسوية الاخشاب المتحدة السمك او المختلفة بشرط أن يوضع تحت القليلة السمك مساند ترفعها حتى تساوى الاخرى ولكن العادة انما جرت بتسوية الاخشاب المتشابهة المتحدة التوازن وجميع الاخشاب المراد تشغيلها تكون مثبتة على العربات بربعات الضغط

ثم ان الضغط الادروليكي ليس متصورا على تثبيت ارتفاع العجلة الشغالة

بل يكون ايضا واسطة في زيادة حركة العربات وتقليلها * وفي المجريين الذين
تتروفيهما العربات سلسلة غير متناهية تشق أحد جوانب تلك العربات التي
يمكن حصر تلك السلسلة فيها بكعبة من الحديد تسد وتفتح بواسطة بريمة
رأسها خارج هذا الجانب على جهته وإذا اقتضى الحال جذب هاتين
العربتين معا بهذه السلسلة انضمتا اليها بواسطة كابيتير من الحديد وإذا اقتضى
الحال تسير احدهما فقط فت الكعبة المثبتة لآخرى على السلسلة
وهذه السلسلة ترجع من جهة على عجلة كبيرة أدقية حاملة على محورها عجلة
مضروسة أصغر من الأولى مرتين أو ثلاثا

والمكبس الشغال من الطلومبة الادروليكية يكون مسلحا بضيء مستقيم
مضروس موضوع على مستو أفقي وداخل في العجلة الصغيرة المضروسة
التي ذكرناها فإذا دخل الماء في الاسطوانة الشغلة دفع المكبس وأدار
التضيب المضروس العجلة الحاملة للسلسلة الغير المتناهية ودارت العربتان
بحركة متساوية تبعد احدهما عن الطلومبة وتقترب الاخرى منها
والتضيب المضروس يحدل على طرفه المقابل للمكبس والاسطوانة مكبسا آخر
داخل في اسطوانة أخرى بحركتها الحاملة يتأخر سير العربتين وقطر هذه الاسطوانة
الناية يكون أصغر من قطر الأولى فعلى ذلك يكون تأخر العربات أكثر
في السرعة من حركتها المتزايدة وهذا يمكن الوقوع لان الانحراس في حركة
التأخر لا تشغل وانما يحصل منها بعض احتكاك

فد فرضنا أن سرعة العجلة المسلحة بالانحراس مستمرة فان شغل الانحراس
يكون بقدر ما في قطع الخشب المراد تسويتها من العرض والصلابة ويكون
المسلوب تصغير سماكتها بتسويتها واصلاحها حسب الامكان * ولاجل
أن يكون قوة الانحراس مستمرة يلزم أن يكون سير العربات سريعا كثيرا او قليلا
على حسب ابعاد الاخشاب المراد تسويتها وعلى حسب طبيعتها ايضا
وحفنية التفريغ تجعل لكمية من الماء كثيرة كانت او قليلة مسلحا
في اسطوانة الطلومبات الادروليكية اى المائية وهذا ما تغيّر به سرعة

العربات في حركاتها المتزايدة * ومقبض كل حنفية يكون على شكل ابرة ويدور على دائرة مدرجة واذا سدت الحنفية سدا محكما فالمياه المجدوبة بالطلومبة البخاخة تستعمل في تقدم العربات او تأخرها وهذا هو الذي يحدث السرعة الكبرى واذا فتحت بالكفة فالمياه المرفوعة بالطلومبة تسيل بتمامها في الخوض ولا يكون هناك سرعة اصلا وفي الانبوبة الموصلة للماء اللازم لتأخر العربات حنفية وبرة ومحيط مدرج مثل السابقة وكل منها مثبت وملصوق في الانبوبة المذكورة

واول محرك للطلومبة هو آلة بخارية قوتها تساوى قوة ستة من الخيل وعلى الحائط التى تفصل المسافات المشغولة بالآلة البخارية والآلة المعدة لتسوية الاخشاب قضيب أفقى من الحديد فى نهاية أحد طرفيه ثقب مستدير داخل فى دائرة مجوفة متحدة القطر مثبتة خارج المركز على المحور الأفقى الذى تحركه طلموبية النار بلا واسطة والطرف الآخر من هذا القضيب منضم بواسطة ممسك الى الذراع الاول من الرافعة التى يحرك ذراعها الآخر ممكس الطلموبية الماصة الكابسة فى الحقيقة هناك طلموبتان تتحركان فى آن واحد بحركة واحدة يستعمل أكثرها قوة فى الحركات الأفقية للعربة والاخرى فى الحركات المنحنية للعجلة المفترسة فهذه هى طلموبات الخبج التى تستعمل فى الضغط الادروليكى

وبمقتضى ما ذكرناه ينتج عن كل دورة من دورات المحور الأفقى دوران المحور القائم وهذا انما هو فى صورة ما اذا فرضنا أن الطارات ذات الزاوية التى تنقل فى وقت واحد لكل من المحورين حركة الآخر متساوية وأن القضيب الأفقى يرفع مرة ويخفض أخرى ممكس الخبج الذى يحرك العربات فتكون حينئذ كمية الماء المنخوذة فى الطلموبية الادروليكية مناسبة للمسافة التى تقطعها اضراس العجلة الشغالة فعلى ذلك مهما كانت سرعة الآلة البخارية المجدثة للقوة المحركة فعرض الشقوق التى تخطها الاضراس يكون واحدا مادام العقب الذى يعين سير العربات ملازما لنقطة واحدة من المحيط المدرج

ثم ان هذه الآلة التي وصفناها يسهل اصلاح اى جزء من اجزائها فانه بواسطة مفك من حديد او برية يمكن اخراج اى آلة حادة يراد سننها او تغييرها ثم اعادتها الى محلها بدون توقف على بقية الآلات اذ ليس لهذه الآلة سوى تعشقين بسيطين لا يستدعيان كبير تعب ومع ذلك ينبغي الاعتناء عند تشغيل العجلة المسلحة بتحركها اولا باليد قبل تعشيقها بالعجلة ذات الراوية التي يحمل محورها عجلة المحور المحرك الافقى لان العجلة المسلحة فيها قوة كبيرة فلو تحركت دفعة واحدة بالحركة السريعة الصادرة عن الآلة الحاربية لعطمت المناومة في مبدأ الامر على اسراس التعشيق وربما تلفت في الحال بهذه القوة الشديدة فلهذا ارم الاهتمام بيده تحريك العجلة المسلحة باليد مع النصف حتى يـكـون ازدياد السرعة الواقعة عليها في زمن التعشيق تدريجيا بحيث لا نشد عليها المقاومة

ولاشك ان هذه الآلة غاية الثمن كـثـيـرة الكلمة غير أنه اذا لاحظنا ما نستدعيه من قلة المصاريف في اصلاحها ومن السرعة العجيبة التي تشغل بواسطتها الشعال التي تستغرق في شغلها بغير تلك الآلة زمنا طويلا وجدنا في استعمالها توفيراً عظيماً ويمكن عند الحاجة احداث نتائج عظيمة بواسطة الآلة التي يمكن أن نسوى بها أتم التسوية في ظرف دقيقة او دقيقتين كل جهة من جهات الاخشاب الغليظة الخارجة من ورشة النشر خاما بدون اصلاح ولا تسوية

ولنتكلم الآن على الطلومبة الادروليكية المستعملة في تطريق المعادن فنقول انه يوجد في ترسانة وولويك طلومبة ادروليكية صغيرة تستعمل في تطريق المعادن وهي عبارة عن آلة بخارية تتحرك برمة مشدودة مع الانتصاب دائرة الى أسفل والشغال يضع باحدى يديه تحت هذه البرمة على كفة الطلومبة الادروليكية قطعة المعدن التي يريد أن يثقب فيها ثقباً كثيراً العمق او قليلاً ويتكئ بيده الاخرى على رافعة الطلومبة البخاخة ويحاول تنظيم حركاتها على وجه بحيث تقرب هذه القطعة المعدنية

من البرمة عند ماتدور هذه الآلة

(الكلام على الطلومبة الادروليكية المستعملة في صناعة البارود)

لا يخفى أن التركيب الكيماوى الذى به يتكون البارود يستدعى ضغطا كبيرا حتى يكون لهذا البارود قوة وكثافة عظيمة فقد صادف ما اخترعه براماه فى هذا المعنى قبول الناس وتعودهم على استعماله ولا مانع أن يقال أنه كثير الفائدة عام النفع ثم ان تركيب هذه الطلومبة الجديدة هو فى الحقيقة عين تركيب طلومبى (شكل ١٥) و (شكل ١٦) غير أن طلومبة البخ التى يكون بقربها الشغالة الذين يضغطون على البارود تكون منفصلة عن الاسطوانة الشغالة وعن الكمة التى يضغط عليها البارود بحاجز كثيف بحيث يبقى الشغالة من خطر البارود اذا التقدوا لانبوبه الموصلة لماء الطلومبة البخاخة الى الاسطوانة الشغالة مارة من تحت هذا الحاجز المستوى ويكون الوضع على شكل اسطوانة محورها عين محور الطلومبة البخاخة

وتوضع مادة البارود الحام التى يراد ضغطها فى صندوق من خشب مستطيل الشكل فى باطنه بطانة من الرصاص وعلى ظاهره تلبسات من النحاس وأعلام قابل للانصال والجزء القائم المستطيل الذى هو عبارة عن مقدمه ينزع ويوضع على حسب الاقتضاء وهو مشدود بعوارس ومسامير من نحاس

وهذا الصندوق يمكن أن يحتوى على نحو ١٥٠ كيلو غراما من البارود وعوضا عن كون الانكليز يضغطون البارود كالمرنساوية كتلا كبيرة يسمونه الى طبقات رفيعة يفصلونها عن بعضها بصفائح من نحاس توضع وضعافقيا فهذه الطريقة يكون الضغط أسهل وأتم فان البارود متى انضغط بهذه الكيفية تجزأ وانسحق كله مع السهولة واذا وضع الصندوق على كفة الطلومبة لم أن ينصب بقرب هذه الكفة صقالة صغيرة فوقها سطح يكون ارتفاعه بقدر ارتفاع الكفة التى تكون منخفضة بقدر الامكان وعلى كاتاهتى هذا السطح حز كبير يشبه حروز سكاك الحديد كل حردنهما

يتمدد الى آخر كفة الطلومبة تحت الصندوق وفي هذين الحزين يدخل حران
مخوفان او بكرتان مخوفتان لهما حلقان والصندوق يوضع فارغاً على السطح
ثم يملأ ويغطى بغطائه المستطيل ثم يدفع الى الكفة فعند ذلك تنزع الصقالة
الحاملة للسطح وفي أسفل العارضة العليا من خشبية الطلومبة قطعة
عليقة من الخشب عرضها دون عرض غطاء الصندوق
حتى تحركت الطلومبة البخاخة ارتفعت الكفة ورفعت معها الصندوق
فعند ذلك يس غطاء الصندوق قطعة الخشب الغليظة الثابتة فيستقر ايضاً
هذا الغطاء وينبت ولاجل أن يستقر الصندوق المندفع بالكفة على الصعود
دئماً يلزم أن يدخل الغطاء المذكور ويضغط البارود الذي في الكفة حتى
يصغر حجمه شيئاً فشيئاً بقدر الامكان

(الدرس السابع)

في الكلام على توازن الاجسام السابجة وعلى افعالها النوعية وعلى
سيملان السوائل

اذا وضعت جسمان من الاجسام الصلبة في سائل من السوائل وجدت بعض
هذا الجسم ينعمس في هذا السائل من جهة وبعضه يعم على سطحه
من الجهة الاخرى ومن تلك الاجسام ما يكثر في السائل على وضع متوسط
بحيث لم يهبط الى قرار السائل ولا يصعد على سطحه ومنها ما يهبط الى اقرار
فلذا وجب علينا أن نبحث عن منشأ تلك الاوضاع المختلفة من حيث
التوازن ونبدأ من ذلك بالحالة الاولى لما زيد أهميتها فنقول
اذا فرضنا أن كتلة من السائل مكثت راسكة في حوض است
(شكل ١ لوحة ٢) وفرضنا أن جرأ من هذا السائل مثل
من شئ غ تجمد دفعة واحدة بدون أن يزيد او ينقص وزنه او حجمه
فلا تتغير فيه حالة التوازن اصلاً وزيادة على ذلك تجدد الجزء الباقي من السائل
على حسب المساواة الموجودة بين الفعل وردة يضغط الجزء المتجمد من أسفل
الى أعلى بقوة تساوي زنه هذا الجزء المتجمد الذي هو م ك ح ع

ولنعوض الان جزء م د ح غ بجسم صلب موافق في صورته الظاهرة
وفي زنته لجزء م د ح غ ونبحث عن الشرط اللازم لمكث هذا الجسم
في حالة التوازن

ولنفرض أن نقطة ع هي مركز ثقل السائل المعوض بالجسم السابع
فاذا كان مركز ثقل الجسم الذي هو معوض عن سائل م د ح غ
في محل غ فلا شك أن انضغاطات السائل الطاهر الراسية تساوى
زنة سائل م د ح غ قبل تعويضه وتساوى زنة جسم م د ح غ الذي
هو معوض عن سائل م د ح غ

فاذا لم يكن مركز ثقل جسم م د ح غ الصلب في محل غ بل
صعد او هبط عموديا عن نقطة غ التي هي مركز م د ح غ فلا شك
أن اندفاع السائل الطاهر من أسفل الى أعلى يكون على هذا الخط العمودي
بعينه ويكون مخالفا لثة الجسم وبذلك يحصل التوازن دائما

ومن هنا تنتج هذه النتيجة الاولى وهي أن كل جسم سابع على سائل او منغمس
فيه يكون فيه على حالة التوازن في صورتين الأولى صورة ما اذا كان
ثقل الجسم مساويا لثقل السائل المعوض بهذا الجسم * الثانية صورة
ما اذا كان مركز ثقل الجسم الصلب ومركز ثقل الماء المعوض بذلك الجسم
موضوعين على خط قائم واحد

فاذا فرضنا الآن أن زنة الجسم مساوية بالضبط لزنة حجم السائل المساوى
لحجم ذلك الجسم أمكن انغماس هذا الجسم في هذا السائل بحيث تكون نقطة
التمهف مماسة لتسوية السائل وتكون هذه النقطة منغمسة في السائل بعدة
درجات مختلفة من العمق فاذا استقر الجسم والسائل المحتوى عليه أمكن أن
يترك هذا الجسم ونفسه فيصير عائما في الوضع الذي أخذه في خلال الماء

ولكن اذا كان الجسم أخف من حجم السائل المساوى لحجمه فان ضغط الماء
المحيط به يدفع هذا الجسم من أسفل الى أعلى بقوة تساوى التفاوت الموجود
بين زنة السائل المعوض والجسم الصلب فيصعد هذا الجسم حينئذ ويخرج

منه جزء فوق السائل حتى يكون حجم الجزء المنغمس مساويا لزنة السائل
المساوي لزنة هذا الجسم

ونشكركم الآن على الحالة الثانية أعني الحالة التي يكون فيها الجسم الصلب
أثقل من حجم السائل فنقول أننا إذا فرضنا في هذه الحالة أن الجسم الصلب
منغمس بتمامه في السائل فإن الضغط الحاصل من هذا الجسم من أعلى إلى
أسفل على حسب ثقله يكون أكثر من رد الفعل الحاصل من السائل من أسفل
إلى أعلى فذات يتأثر الجسم بفعل ثقله الخاسر ويهبط إلى قرار السائل إذا كان
ثقل هذا السائل واحدا من جميع جهاته

وهذه النتائج الأولية كلها كثيرة الفوائد حتى نأرجحنا في السائل كالماء مثلا
جسم من الأجسام الخفيفة فإنه يمكن بقوة الدفع نغمس هذا الجسم تحت سطح
السائل مدة لحظات قليلة وإذا كان عمقا قليل يدفعه السائل إلى أعلى فيظهر فوق
سطحه ويعوم عليه ولا يبقى في السائل حينئذ من هذا الجسم الجزء يكون
حجمه الموضوع في السائل مساويا لثقل النوع

وإذا كان للأجسام تحقيقات وتريبات أثقل يساوي حجم الماء الحالة هذه الأجسام
محملة فإن تلك الأجسام تمكث في حلال الماء كبعض الأخشاب السابحة أو
بعض الهام من خفها ما تعوم به على سطح السائل ولا من الثقل ما تنغمس به رتبه
إلى التمرار وبالجملة حتى كانت الأجسام أثقل من الماء ولو يسهل فإنها تهبط
من نفسها إلى قرار السائل وهذا ما تشاهده إذا طرحت في الماء كرة من حديد
أو من رصاص

فبناء على ذلك إذا كان لجسم زنة ثابتة أنه أن فيه خاصية بها يزيد حجمه أو يتقص
فإنه يمكن أن يثبت في حلال السائل أو يعوم على سطحه أو ينزل إلى قراره
فإذا جعلنا هذا الجسم قدر كمية السائل الذي يحل محله فإن وزنه إما أن يكون
قدر هذا الجسم أو أقل منه أو أكثر وهذه هي الخاصية التي توجد في الأجسام
فإن الله سبحانه وتعالى جعل الهام الوسائط ما تعيش به في الماء ولو بلغ في العمق
مابعد وتنتقل فيه مع غاية السهولة من محل إلى آخر فجعل لها قنطرة هوائية

محاطة بغشاء مرن يتوسط تارة ويتقبض أخرى فيزيد حجمه أو ينقص حتى أراد هذا الحيوان الارتفاع اكتفى بارخاء العضلات الصاغطة لهذه القناة فيزيد حجمه في الحال بدون أن يزيد ثقله فهذه الكيفية يرتفع الى سطح السائل المحيط به بواسطة رد الفعل ومتى أراد النزول الى قرار السائل ترك تلك العضلات الصاغطة للقناة المذكورة فينقص حجمه وينزل بثقله الخاص به حتى اذا وصل الى العمق الذي يريد لاجل امنه واستراحتة تنفخ تلك القناة على قدر الكفاية بحيث يحدث فيه ثقل يساوى ثقل الماء الذي يحل محله فيمكث فيه حينئذ مع الراحة والسكون

فاذا فرضنا الآن أن المطلوب عمل سفينة غير قابلة للغرق لزم أن نفرض أن جميع اجزائها التي يمكن للماء الدخول فيها ممتلئة بالماء وأن ذلك لا يمنع السفينة من العوم ويمكن عمل ذلك بأن تتخذ هذه السفينة من مواد خفيفة جدا كالأخشاب البيضاء لاسيما خشب النلين بحيث لو ملأ الماء جميع المسافة المشغولة بالمواد التي اتخذت السفينة منها كان ثقل الماء اكبر من ثقل السفينة فاذن لا فائدة في ملء باطن السفينة بالماء وحيث ان هذا الماء ليس أثقل من الماء الذي حل هو محله فالتفاوت المفروض بين ثقل الجوهر الخفيفة المركبة منها السفينة و ثقل حجم الماء لم يزل موجودا فبناء على ذلك تعوم السفينة ولا تغرق اصلا * وبموجب هذه القاعدة عملت الرواق الصغيرة المعدة لانتقاذ اهل السفن الكبيرة التي تغرق قربا من الميناء ولكن لسوء الحظ لم يمكن أن يصنع من تلك المواد بهذه المثابة السفن الكبيرة المعدة لحمل كثير من الناس والاسلحة والبضائع الصغيرة الحجم الكبيرة الوزن فاذن يلزم التثبت بوسايط أخرى يكون بها انتقاذ تلك السفن من العوارض الكبيرة التي تنفضى بها الى الغرق

وأعظم الاستعمالات التي أمكن للبشر استكشافها من خواص السوائل التي تحمّل بها الاجسام الصلبة الموضوعة على سطحها هي خاصة القنج والسفن التي تسير على الماء في البحيرات والابحار لنقل الناس والمحصولات

الصناعية الى مسافات بعيدة في أزمنة يسيرة بواسطة قوى قليلة
وهذه السفن ليست الا أجسام مصلية مقعرة ثقلها الكلي أقل من حجمها
المشغول كله بالماء وبأجله فالسفينة اذا وضعت على سطح الماء فانها تعوم
فوقه

والجزء الاسفل منها المنغمس في السطح الأفقي من تسوية الماء يقال له اترابل
اي أسفل منطقة السفينة والسطح الأفقي المذکور يعرف بالسطح
المساوي للماء اي بنقطة تهفف الماء وعلى ذلك خط التهفف الذي هو المحيط
المرسوم على السطح الطاهر من السفينة يسمى بمستوى التهفف اي تسوية
سطح الماء

ومقتضى اقواعد التي ذكرناها في شأن توازن الاجسام السابحة على ظهر
الماء انه لا يمكن أن تعوم السفينة على ظهر الماء وتبقى على حالة التوازن
بدون الشرطين الاتيين وهما

(أولا) يلزم أن يكون اترابل المساوي حجمه لحجم الماء المعوض بالسائل
مساوي في لنقل لحجم الماء المساوي لنقل السفينة مساواة تامة

(ثانيا) يلزم أن يكون كل من مركز ثقل اترابل المرسوم شغله كله بالماء
ومركز ثقل السفينة موضوعا على خط عمودي واحد ولا يكتفى أن تكون
السفينة المراد وضعها في الماء موضوعة في وضع واحد على ماء راكد بالكلية
ولا أن تكون متوازنة توازنا وقتيا فان كثيرا من العوارض العادية تعرض
على حين غفلة وتغير هذه الحالة وذلك أن ركاب السفينة وخدامها المنوطون
بإدارة سيرها وحركتها يتنقلون في الغالب من جهة الى أخرى ومن الأمام الى
الخلف وكل حركة من حركاتهم تغير حالة التوازن الأصلية وأدنى حركة من الرياح
اتى تغير تسوية السائل وتقرع الجزء العائم من السفينة يحدث عنها عوارض
أخرى قوية تغير حالة التوازن ايضا

فذن لا ينبغي الاقتصار على مجرد كون السفينة ملازمة لوضع واحد
من التوازن على السائل بل ينبغي ايضا أن يفرض انها مع تغير هذا الاتجاه

بسبب اى عارض كان تكون فى حالة التوازن او انها تميل الى أخذ التوازن
والرجوع الى وضعها الاول

فاذا فرضنا أن السفينة كانت فى وضعها الاصلى (شكل ٢) ثابتة على
سائل من وأن نقطة ث هى مركز ثقل الاترابل وهو مرون
وأن نقطة غ هى مركز ثقل السفينة لزم أن كلا من هذين المركزين يكون
على خط واحد عمودى مثل ث غ بحيث تكون السفينة فى السائل
على التوازن دائما فلو فرضنا انها تميل قليلا بحيث تكون ا د (شكل ٣)
هو خط التهفف بدلا عن ا د الذى هو خط التهفف الاصلى رأينا
ان الاترابل يحسب حجم د ب د من جهة خط ث غ
ويقتد حجم ا ب ا من الجهة الاخرى من هذا الخط فاذن يكون مركز
الاترابل بهذا التغير منتقلا من جهة ب د د الى نقطة ث

فاذا رفعنا عمود ث م الى نقطة م التى يتلاقى فيها مع مستقيم
ث غ فنقطة م هذه هى ما يسمى بالمركز الخارج من السفينة
واذا كانت نقطة غ التى هى مركز السفينة موضوعة فى نقطة م
مع الاحكام والضبط حصل التوازن وبقيت السفينة على حالة التوازن
فى وضعها الجديد كما كانت فى وضعها الاصلى

ولو فرضنا أن نقطة غ التى هى مركز ثقل السفينة تحت نقطة م
لكان هنالك قوتان احداهما تساوى ثقل السفينة وهى التى تحركها
فى نقطة غ من أعلى الى أسفل والاخرى تساوى هذا الثقل او ثقل الماء
المعوض وهى التى تحرك السفينة من أسفل الى أعلى فعلى ذلك تتحرك هاتان
القوتان معا لاجل تدوير الجسم العائم من الشمال الى اليمين فان مال من
اليمين الى الشمال او العكس بمعنى ان اختلاف القوتين يكون سببا فى أخذ
السفينة لوضعها الاصلى ففى هذه الحالة يكون التوازن ثابتا ويستقر
الانسان فى السفينة ولا يخاف من الفرق اذا تغير وضع التوازن الاول
واما اذا كان مركز غ (شكل ٤) فوق نقطة م فان قوة ثقل

السفينة وقوة السائل الدافعة يتحركان لاجل تدوير الجسم في جهة واحدة كما يل السابقي بمعنى اننا اذا ميلنا السفينة من جهة مالت معنا الى تلك الجهة وبخلافه فبدون نظام والترتيب الذي لم نتكلم عليه هنا تدور السفينة حتى تنقلب وهذا ما يسمى بالانقلاب وفي هذه الحالة لا يكون التوازن ثابتا وقدل ار يعرف مهندسو السفن الوسائط اللازمة لثبات الكافي للمراكب من أغلب السفن لم يوجد فيه هذه الصفة التي لا بد منها وكان يرى ما يميل الى وضعه المقل اذا حصل له أدنى تغير ولكن اذا تجاوزت القوة العارضة حدتها فان السفينة التي تكون ثابتة في الميناء لا تكون كذلك في وسط البحر مع شدة الرياح العاصفة بل بمجرد اشد اشد الريح تنقلب السفينة وتصبح ورثاها تحت لأمواج واما الآن فصار يمكن التفرز من مثل هذه الاخطار بواسطة المعارف

ومن ألفت الاشياء كون الانسان يرى العلوم البحرية تسعى الى اعانتة وحفظه من الاخطار التي لم يكن تدركها بالتجربة العملية التي هي عبارة عن استعمال بعض وسائط منتخبة وحسابات مضبوطة ولولا كثيرة مواد هذا المبحث لاوردنا هنا ما يلزم له من التفاصيل المتعلقة بمعرفة ثبات السفن فان ذلك من خصوصيات الهندسة العالية فلزم تركه للصايط البحرية ومعمارية السفن حيث ان ذلك من وظيفتهم فليراجعوه في تطبيقات الهندسة والميكانيكا فانه مذكور فيها مع التفصيل والتوضيح التام ولما تكلمنا على تغيرات حجم الاجسام السابحة ناسب أن نعقب ذلك بالكلام على ثبات او تغير حجم السوائل التي تعوم فيها هذه الاجسام فنقول

ان هنالك سوائل كالماء والزييت والزيق لا يتغير حجمها تغيرا ظاهرا ولو اشدت الضغط عليها فلذا كانت تسمى بالسوائل الغير المنضغطة وهي وان كانت لا تتأثر بالقوى التي يستعملها الانسان في زيادة حجمها او تنقيصه لكنها تتأثر بالقوة المؤثرة في جميع الاجسام الطبيعية وهذه

القوة هي الحرارة

فكما زادت الحرارة في هذه السوائل زاد حجمها فاذا وضعنا عدة سوائل مختلفة الطبيعة في محل واحد وكانت كلها تتأثر بالحرارة على اختلاف أنواعها فان ما يطرأ على حجمها من التغيرات يكون على حسب النسب الثابتة تقريباً مثلاً اذا فرضنا أن عموداً من الماء تأثر بقوتين مختلفتين من قوى الحرارة او البرودة حتى زاد طوله او نقص كنسبة ١ او كنسبة ٢ وغيرناه بعمود آخر من الزيق او الزيت او الكؤل او غير ذلك من السوائل فان حجم هذا العمود الثاني يتغير بالزيادة او النقص في هاتين الحالتين بكميات متناسبة تقريباً :: ١ : ٢

فيكفي إذن أن نعرف التغيرات التي تحدثها الحرارة في سائل واحد في محل واحد اذ بذلك نعرف نسبة التغيرات التي تحدثها هذه الحرارة في السوائل الاخرى وهذا التوافق الحاصل في تغير حجم السوائل لا يكون الا في حدود معلومة بحيث لو تعداها اختلفت طبيعة هذه الاجسام

فلو بردت السوائل بزيادة بعض درجات لتجمدت وصارت صلبة فن ثم اذا اشتدت البرودة صار الماء ثلجاً واذا كانت البرودة دون ذلك بكثير تجمد الزيت وانعقد فلذا ترى الزيت في فصل الشتاء يتجمد في المزيتة مع وجود حرارة المحل بخلاف الماء فانه لا يتجمد في البلور الموجود بهذا المحل

واقماروح النبيذ والزيق قليلاً كالزيت والماء الصافي لان تجمدهما عسر جداً فاذن لكل سائل درجة مخصوصة يتجمد فيها مادامت هذه الدرجة باقية على حالها والا خرج الجسم عن السائلة الى الصلبة

فاذا أبدلنا البرودة بالحرارة وزدناها شيئاً فشيئاً فان هذه السوائل تنتهي الى حد معلوم تتفرق فيه اجزؤها الصغيرة عن بعضها وتستحيل بخاراً او غازاً وتصبح اجساماً سائلة كالهواء

وذلك انما يكون اذا سخن الماء حتى وصل الى درجة الغليان الذي هو كناية عن ازدياد حجم جزيئاته التي تستحيل من حالة السائلة الى حالة الغازية

وبهذه الريادة يشغل الماء الذي استحال الى بخار او غاز مسافة اكبر من مسافته قبل الاستحالة بألف وسبع مائة مرة

وكذلك يمكن تحويل السوائل الاخر الى حالة البخارية او الغازية لكن بدرجة مخصوصة من الحرارة فيلزم في تصاعد الاثير والكؤل حرارة أقل من الحرارة اللازمة لتصاعد الماء ويلزم في تصاعد الزيت حرارة اكثر من ذلك كله ومع هذا فيلزم في تصاعد السائل الواحد واستحاله الى بخار أن تكون درجة الحرارة واحدة

وحيث كان يحصل للسوائل في حالي التجمد والتصاعد تغيرات متناسبة تقريباً وكانت درجة الحرارة التي تحدث التجمد والتصاعد في سائل واحد لا تتغير أبداً يمكن أن نأخذ تفاوت الحرارة الحاصل بين تجمد اى سائل كان كالماء مثلاً وتصاعده ونقسم ذلك التفاوت الى اجزاء متساوية ونجعلها وحدة للحرارة

وهذا ما كان يفعله ريو مور فإنه كان يقسم تغيرات الحرارة الى ثمانين درجة متساوية من ابتداء تجمد الماء الى تصاعده واما الآن فمراعاة الانتظام في التقسيم قسموا هذه المسافة الى مائة درجة متساوية وهو ما يسمى بالتقسيم المئتي

وقد ترتب على هذه المعرفة السهلة التي هي أخذ الحرارة وحدة قياس تقدم عظيم للعلوم الطبيعية والفنون الصناعية فلو عرف الاقدمون طريقة قياس الحرارة لتركوا لنا معارف نفيسة في شأن حرارة الكرة وعدة حوادث طبيعية ومثل ذلك مما يبحث الانسان على اختراع الطرق والوسائط التي يقيس بها مع الضبط كل قوة من القوى الطبيعية

ولنرجع الى الكلام على توازن السوائل الحقيقية فنقول ان كتلة السائل التي تكون درجة حرارة جميع اجزائها واحدة يظهر منها في سائر نقطها أن وزنها واحد وحجمها واحد فتكون كثافتها واحدة من جميع جهاتها فاذا قابلنا عدة اجسام مختلفة وكانت متحدة الحجم كانت كثافتها متناسبة

مع اوزانها

فاذا أخذنا كيلو غراما من الماء بنحو ٥ درجات من الحرارة و كيلو غراما آخر بنحو ١٠ درجات وثالثا بنحو ٢٠ ورابعا بنحو ٣٠ وخامسا بنحو ٤٠ وهكذا كان وزن الجميع واحدا غير أن حجم الأول يكون أقل من الثاني والثاني أقل من الثالث والثالث أقل من الرابع وهكذا

ولاجل مقابلة هذه الكثافات تقيس حجم كيلو غرام الماء في جميع هذه الاحوال المختلفة فان نزلت الحرارة الى الدرجة التي يكون فيها هذا الحجم صغيرا جدا كان حجم الماء الذي يساوى دسيميتر مكعبا هو عين القياس المسمى ليترا والمراد من الماء هنا الماء المقطر الذي تصاغر حجمه بقدر الامكان ويسمى في اصطلاحهم بالماء المقابل

(ولا يوصل في تصغير حجم الماء الى درجة الصفر ودرجة حرارة الثلج الذائب بل الى ما فوق الصفر بثلاث درجات وكسور)

ومن المهم ايجاد وسائطها تكون مقابلة كثافة الماء المأخوذ وحدة لقياس بكثافة جميع الاجسام الاخر

وقد ذكرنا أن كثافة الجسمين المتحددين في الحجم تكونان مناسبتين لثقل هذين الجسمين ويطلق اسم الاوزان النوعية على الاوزان المتقابلة من هذين الجسمين المتحددين في الحجم

وثقل الماء الذي صغر حجمه يؤخذ وحدة قياس للاوزان النوعية

فاذا رمزنا للوزن النوعي من حجر او معدن من المعادن بعدد ٢ او ٣ او ٤ دل ذلك على أن وزن دسيميتر مكعب من هذا الجسم يساوى وزن دسيميتر مكعب من الماء المأخوذ وحدة للاوزان النوعية مرتين او ثلاثة او اربعة ويؤخذ من توازن الاجسام السابقة طريقة سهلة توصلنا الى معرفة الاوزان النوعية وهي أعظم فائدة من غيرها من الطرق التي تستعمل في ذلك

وحينئذ لا يمكن بدون استعمال توازن الاجسام السابقة أن نعرف الاثقال النوعية الا بالعمليتين الاتيتين احدهما أن تقيس مع غاية الضبط حجم ق

الذى هو حجم الجسم المطلوب معرفة ثقله النوعى ثانياً نقيس وزن $ح$ الذى هو وزن هذا الجسم المعروف المقدار في حالة الفراغ ونقدر أن $ق = ش$ ليرات وأن $ح = م$ كيلوغرامات فاذن $\frac{م}{ش}$ هو العدد الدال على الوزن النوعى

ولكن اذا كان شكل الاجسام غير منتظم فانه يصعب او يتعذر قياس حجمها قياساً هندسياً فعلى ذلك لا يمكن أن نعرف حجم هذه الاجسام ولا وزنها النوعى معرفة صحيحة

فاذا كان جسم $ح$ (شكل ٥) منغمساً بتمامه في سائل $ا ب ث$ المصغر الحجم وبقى معلقاً فيه لكون ثقله يساوى ثقل حجم الماء الحال هو محله كانت نسبة زنة هذا الجسم الى حجمه كنسبة زنة الماء المعوض الى حجمه وفي هذه الحالة يكون الوزن النوعى لهذا الجسم مساوياً مع الضبط لثقل الماء ويستدل على ذلك بعدد ١

واذا كان جسم $ح$ (شكل ٦) الموضوع في وسط السائل بدون حركة محتاجاً الى أن يسلك بقوة $ف$ لتلايهبط الى قعر الماء كان حجمه أثقل من الماء الحال هو محله فاذن يكون ثقله النوعى اكبر من ١ . ومن السهل معرفة المقدار الكلى لهذا الثقل النوعى

وذلك بأن نعبّر مثلاً بحرف $ق$ ليرات عن عدد ليرات الماء المقابل المعوض بجسم $ح$ أعنى حجم هذا الجسم فحرف $ق$ كيلوغرامات يصير ثقل الماء المعوض

وليكن الآن حرف $ف$ عبارة عن القوة التى يلزم استعمالها لمنع جسم $ح$ من الهبوط الى قعر السائل

وحيث ان هذا الجسم قد ذهب بواسطة اندفاع الماء جزء من ثقله مساو لثقل الماء المعوض المساوى $ق$ كيلوغرامات فاذن يكون ثقل هذا الجسم ناقصاً $ف$ مساوياً $ف$ فعلى هذا يكون الوزن الكلى للجسم الموزون في الفراغ (اى خارجاً عن السائل) مساوياً $ق + ف$ كيلوغرامات

وبالجملة فالوزن النوعى لهذا الجسم يكون مساويا $\frac{ق + ف}{ق}$

فاذا اقتضى الحال أن ندفع جسم ح من أعلى الى أسفل بقوة ف لاجل منعه من الصعود الى سطح الماء بدلا عن جذبه بقوة ف من أسفل الى أعلى لاجل منعه من السقوط الى القرار صارت زنة الجسم الحقيقية عبارة

عن $ق - ف$ كيلو غرامات وصار ثقله النوعى مساويا $\frac{ق - ف}{ق}$

ويستعمل لقياس قوة ف آلة عظيمة تسمى بالميزان الادروستاتيكي (شكل ٧) وهو ميزان ذو ذراعين متساو بين عادة وكفتين احدهما معدة لوضع الاثقال فيها

وفي أسفل كل واحدة من هاتين الكفتين خطاف صغير يعلق فيه طرف خيط رفيع وفي الطرف الآخر من هذا الخيط تعلق الاجسام المراد معرفة وزنها النوعى

وقبة هذا الميزان مستندتان على مسندين منضمين الى قضيب آلة مربعة معدة لرفع الاثقال وهذا القضيب يهبط ويصعد على حسب تدوير ملفاف هذه الآلة يمينا او شمالا ويهبطه وصعوده تهبط او تصعد نقط تعليق الميزان وبهذه الطريقة يمكن سقوطة جسم ح في اثناء ممتلئ بالماء المصغر حجمه بقدر الامكان ويمكن ايضا معرفة ثقل ف الذى يلزم وضعه فى احدى الكفتين لاجل معادلة جسم ح المغموس فى الماء

فاذا وضع ثقل ف فى الكفة المعلق فيها الجسم كان هذا الجسم أخف من الماء الحال هو محله واما اذا كان وضع الثقل المذكور فى الكفة المقابلة كان الجسم أثقل من الماء

فاذا وزنا الآن جسم ح فى الفراغ اى قبل حلوله فى السائل وقد رنا ان وزنه يبلغ ق كيلو غرامات تحصل معنا أن الثقل النوعى من الجسم الموزون

$\frac{ق - ف}{ق}$ أو $\frac{ق - ف}{ق}$ على حسب كفة الميزان التى يوضع فيها

ف ثقل وحيث كان من المهم أن تعمل هذه العمليات مع غاية التصبط لزم عمل مدرج مثل **ح و خ** وعقرب مثل **ث و** ليعرف بهما هل الميزان ميل كل وزنة وبعدها في حالة التوازن الطبيعي أم لا وبالجمله فلاجل التحقق من توازن هذه الآلة بتسامها ينبغي أن يكون الميزان محمولا على اطراف البريمات الثلاثة التي تستعمل في رفع الجهات المنخفضة رفعا بحيث يصير مركز الكرة المعلقة في المحيط على نقطة موضوعة في مركز القاعدة التي تساويها تلك البريمات تسوية صحيحة

ومن الاجسام ما يذوب بمجرد الوضع في الماء كالجواهر الماسحة ومنها ما يمتص الماء سريعا فحينئذ تكون قوة **ق** اللازمة لتوازن هذه الاجسام في الماء زائدة بقدر زنة الماء الممتص وناقصة بقدر الجوهر المحلول الذائب في الماء المحتوى عليه فيلزم في مثل هذه الحالة أن توزن تلك الاجسام في سائل آخر يكون ثقله النوعي معروفا كالزيت والكوول والزيق ويكون مخالفا للجوامد التي يراد معرفة ثقلها النوعي

ولاجل قياس ثقل الاجسام الصغيرة النوعي نستعمل آلة عظيمة اخترعها نكولسون

وهي عبارة عن اسطوانة من الصنيج مرموز لها بحرف **ا** (شكل ٨) وكفة مرموز لها بحرف **ب** معلقة فوق تلك الاسطوانة بواسطة قضيب صغير وسطل مرموز له بحرف **ض** عروته معلقة تحت الاسطوانة المذكورة فاذا أردت أن تعرف بواسطة هذه الآلة الثقل النوعي لجسم **ث** فضع هذا الجسم أولا في كفة **ب** وأردف عليه ثقل **ف** حتى ينزل الجسم المنغمس بتسامه في الماء المقابل بحيث تكون علامة **ط** على سطح الماء

وقد عرف قبل ذلك ما يلزم وضعه من وزن **ق** (غير الجسم) لاجل تنزيل هذه الآلة بحيث ~~تكون~~ علامة **ط** على سطح الماء فاذا ينتج معن

$$ق = ح + ف و ح = ق - ف و حرف ح$$

هو وزن جسم **ث**

ثم نضع جسم **ث** في سطل **ض** الصغير ونغمسه في الماء، وتقرأ الكفة الصغيرة بالصنج حتى تنزل الآلة على قدر الكفاية بحيث تكون علامة **ط** على مساواة السائل

وإذا رمزنا بحرف **ف** إلى مجموع هذه الأوزان الجديدة نخرج معنا **ق** - **ف** تساوي ثقل حجم الماء المعوض بجسم **ث** فعلى ذلك

$$\text{تكون } \frac{\text{ق} - \text{ف}}{\text{ق}} = \text{ثقل جسم ث النوعى}$$

فإذا أردنا الآن معرفة الوزن النوعى للسوائل أخذنا مكعباً من جسم معدني يكون ضلعه نحو دسمتر واحد وعلقناه في أسفل كفة الميزان الأدروستاتيكي فلو غمسنا من مبدأ الأمر هذا المكعب في الماء المقابل لزال من وزن الجسم نحو كيلوغرام واحد فيلزم إذن أن نضع على الكفة الحاملة للمكعب المعدني كيلوغراماً ليكون الميزان الأدروستاتيكي في حالة التوازن الذي فرضناه قبل الغمس في السائل

فإذا أخرجنا المكعب من الماء ونغمسناه في سائل آخر كالزيت أو روح العرق مثلاً كان حجم كمية السائل المعوضة واحداً ووزنها مختلفاً لأن هذه الأجسام أخف من الماء فإذا فرضنا حينئذ أن **خ** هي الوزن الجديد الذي يلزم وضعه في الميزان كي يحصل بعد الانغماس التوازن الذي كان موجوداً قبله نتجت معنا هذه النسبة وهي نسبة وزن دسمتر واحد مكعب من الماء المقابل إلى وزن دسمتر مكعب من السائل الجديد كنسبة كيلوغرام واحد إلى **خ** كيلوغرامات فإذاً تكون **خ** هي الوزن النوعى لهذا السائل الجديد

فإذا استعملنا عوضاً عن المكعب المعدني الحال في الحقيقة محل ليتر واحد من الماء مكعباً لا يحل إلا محل ليتر أو $\frac{1}{2}$ أو $\frac{1}{3}$ من ليتر فإن الوزن المفقود من المكعب في الماء المقابل على حسب هذه الأحوال يكون $\frac{1}{2}$ أو $\frac{1}{3}$ أو $\frac{1}{4}$ من كيلوغرام أو يعبر عن ذلك بحرف **م** كيلوغرامات فإذا عبرنا عن الوزن

المفقود في السائل الحديد بحرف χ كيلوغرامات نتج معنا χ

وهو الوزن النوعي المطلوب بمعنى انه يكفي في تحصيل الوزن النوعي للسائل الحديد أن تقسم الوزن المفقود من السائل الحديد على الوزن المفقود من الماء وهذا الطريقة عظيمة تستعمل لأجل معرفة الاوزان النوعية لسائلي وهي تتألف أولاً كمية من الزئبق مثل θ (شكل ٩) في انبوبة منحنية ثم نصب في فرع α الاول وزناً مثل χ من السائل الاول الذي نريد أن نعرف وزنه النوعي ثم وزناً آخر مثل χ من السائل الثاني في فرع β حتى يستوي الزئبق في الفرعين

فإذا كان χ وزن الضغط الواقع من وزن χ على جزء θ من الزئبق مساوياً للضغط الواقع من وزن χ على جزء θ من هذا الزئبق فيئذ $\chi = \chi$ وإذا استوت الانبوبة وصارت متوازنة كان حجم السائلي اللذين يرتفع أحدهما من α الى δ والاخر من β الى ϵ متناسلين مثل ارتفاع α الى β فعلى ذلك تكون النسبة بين الثقلي النوعيين لهذين الجسمين كـ $\frac{\chi}{\theta}$ و $\frac{\chi}{\theta}$ ومن ذلك يعلم أن الثقلي النوعيين لهذين الجسمين كناية عن ارتفاع α و β وان كان ذلك على خلاف القياس

وتدعيب على هذه الطريقة وعلى استعمالها في العمليات من وجهين أحدهما انه يسرع على الانسان في مبدأ الامر وجود انبوبة يكون افرعها قطروا من جميع جهاتها ثمانية ما لا يمكن اتحاد جوانب تلك انبوبة كثيراً ولا قليلاً مع السوائل وذلك يتقص نتيجة وزن السوائل النوعي فلاحسن أن تستعمل الطريقة الكثيرة الاستعمال في الفنون وهي طريقة الآلة المسماة بالار يومتر (أي ميران ضغط السوائل) وذلك بأن نعرض أولاً كرة فارغة من زجاج مثل β (شكل ١٠) وكرة أخرى أصغر منها

مثل ضه في جرم منها رصاص اورثيق وتكون مثبتة تحت الكرة الكبرى وتفرض ايضا فوق هذه الكرة انبوبة مثل θ مدرجة بتقسيمات متساوية فاذا فرضنا أن هذا الار يومتر يغمس في الماء المقابل الى نقطة $هـ$ فان انغماسه يكون أقل من ذلك لو غمس في السوائل الخفيفة عن الماء وهناك علامات مخصوصة تبين الحد الذي يصل اليه الار يومتر حال انغماسه في سائل معلوم الوزن النوعي كالعرق او المحلولات الملحية فعلى ذلك اذا امتحنا سائلا من السوائل فاننا نجد وزنه النوعي اما أن يكون مساويا لوزنه المعتاد او أقل منه أو أكثر ومثل ذلك من الامور المهمة في عدة فنون

والآلة التي اخترعها فارنهييه (شكل ١١) هي أنفع بكثير من الآلة السابقة وهي تخالفها من حيث كون كرتها الكبيرة مستطيلة وانبوبتها قضيبا قصيرا فيعاجدا وفوقه كفة صغيرة الا أن هذا الار يومتر يوزن مع غاية الضبط ويرسم وزنه على الكفة لثلاثينى ثم يغمس في الماء المقابل وبعد ذلك تملأ الكفة باثقال صغيرة مثل $ح$ حتى يغمس الار يومتر المذكور في الماء الى علامة $ا$ تحقيقا ثم يخرج ويغمس في السائل الذي نريد معرفة وزنه النوعي ثم يوضع في الكفة اثقال صغيرة أخرى مثل $خ$ حتى تصير علامة $ا$ على مساواة السائل

فاذا رمزنا الآن الى وزن الار يومتر الموزون في الفراغ (اي خارج السائل) بحرف $ح$ نتج معنا لوزن السائل المعوض وقت الانغماس الاول $ح + ح$ ولوزنه وقت الانغماس الثاني $ح + خ$ وزيادة على ذلك يكون حجما كتلتى السائل المعوض متساويين فبناء على ذلك تكون نسبة $\frac{ح + خ}{ح + ح}$

هي نسبة الوزنين أعنى وزنى السائل النوعيين ثم ان علماء الطبيعة يستعملون الاوزان النوعية في تمييز الاجسام المتحددة في الصورة واللون المختلفة في الطبيعة ويستعملها الجواهر جنية ايضا ليعرفوا بها الاجار الثينة من غيرها وكذلك الكيماوية والاطباء اجتهدوا في معرفة خاصة

هذه الاوزان حتى لا يدخل عليهم غش الدجالين الذين من عادتهم بيع الاجزاء الكيميائية والادوية المغشوشة

ولامانع أن اذكر هنا مثالا شهيرا يستدل به على منفعة الآلات التي تستعمل في قياس اوزان السوائل النوعية قياسا صحيحا مضبوطا فأقول ان العرق له وزن نوعي يختلف كبيرا وصغرا باختلاف درجة تركيزه (اي انعقاده وتداخل اجرائه في بعضها) كثرة وقلة والفرنساوية هم اول من قاس درجة تركيز العرق بميزان السوائل واقل من اخرز قصب السبق في نخر اختراع العرق وجعله على الدرجة المضبوطة الملايعة لانواع الاحتياجات والاستهلاكات

وقد أراد الاسبانيول مزاجية الفرنساوية على نخر صناعة عمل العرق بسبب نظافة انبذتهم الروحية بالتقدير ولكنهم لجهلهم بقياس درجة التركيز بميزان السوائل اکتفوا بوضع نقطة من الزيت على العرق تنزل فيه من ارتفاع معلوم فمقدر غوص هذه النقطة كثرة وقلة في عمق السائل تعرف قوة العرق كثرة وقلة ايضا وكانت هذه الطريقة الخشنة توقعهم غالباً في الخطأ فكانوا يعطون المشترين من الاجانب خرا مختلف الدرجة فكان ذلك منشأ لدم محصولاتهم وسوء شهرتها حتى اضطروا الى بيعها للفرنساوية بدون القيمة فالاتهم العظيمة يكسبون بها القوة المناسبة بالدرجة المضبوطة وبيعونها بأعلى ثمن كغيرها من الارواح المستخرجة عندهم فكانوا قبل الفتنه يكتسبون في كل سنة من شمال اوربا من هذه التجارة بخصوصها اربعة ملايين من الفرنكات

واما الان فعرف الاسبانيول استعمال ميزان السوائل وحرمووا الفرنسية من هذا الربح العظيم

وبذلك تعرف اهمية منفعة الآلات البسيطة المتحصلة من الميكانيكا بالنظر لتجارة الاهالي ونزوتهم ولاشك أن منشأ تلك الفوائد انما هو العلوم والمعارف

وحيث تكلمنا على ما يتعلق بضغط السوائل وتوازنها ناسب أن نتكلم على

النتيجة التي تحصل من هذه السوائل حين انفاعها من الالباء أو الحوض
الذي يحويها مطلقين على المسلك الذي تخرج منه السوائل المذكورة اسم
الثقب أو المنفذ سواء كان ذلك المسلك في عمق الالباء أو احد جوانبه فنعول
لفرض أولاً أن المنفذ في عمق الالباء وأن هذا العمق أفقى - فجاء العمق الذي كان
شاغلاً لمحل المنفذ كل سائلاً لضغط مساو لعمود الماء الذي صار هذا المنفذ
قاعدة له وارتفاعه هو نهاية سطح السائل الاعلى وهذا العمود هو عبارة
عن الثقل الضاغط لجزيات الماء الموضوعة على نفس القاعدة وهذه هي طريقة
معرفة السرعة التي تكون للسائل بالنسبة للضغط المذكور فإذا علمنا
في هذا الثقب انبوبة منحنية ارتفاعها مساو ولو للسطح الاعلى من السائل
فإن هذا السائل بمجرد الثقل يدفع في الانبوبة بقوة تتجدد في كل لحظة بشدة
واحدة وهذه هي القوة السريعة الدائمة فاذن يكون السائل مندفعاً من أسفل
الى أعلى بنفس هذه القوة حتى يساوى ارتفاع السطح الاعلى من السائل
وبذلك يحصل التوازن ويصير السائل ساكناً كما راكداً وعليه فالسرعة التي
يأخذها السائل من ابتداء صعوده من السطح الاسفل من الثقب الى السطح
الاعلى منه هي عين السرعة التي يأخذها من هبوطه من السطح الاعلى الى
السطح الاسفل حتى يصل الى السطح المذكور وحيث ان سرعة الجسم الساقط
بنفسه مناسبة لجزر تر يبع ارتفاع سقوطه فالسرعة التي يخرج بها الماء من
المنفذ مناسبة لجزر تر يبع ارتفاع عمود الماء الموجود فوق هذا المنفذ
ويكون تأسيس نافورات الماء على حسب القاعدة التي توصلنا بها الى هذه
النتيجة وذلك بأن تبرز انبوبة منحنية من حوض مرتفع فيصعد الماء المنفذ
منها عمودياً حتى يصل الى ارتفاع هو في الحقيقة عين ارتفاع السطح الاعلى من
السائل ما لم يكن هناك هواء يقاومه ويعارضه ولتلاحظ ايضاً انك اذا رأيت
نافورة ماء وجدت سرعة الماء قوية عند خروجه من الثقب ثم تناقص
شيئاً فشيئاً كلما ارتفع السائل حتى تضعف بالكلية عند آخر درجة ارتفاع
الماء التي منها ينزل الماء الى أسفل أخذاً في السرعة التدريجية التي كانت له

وقت الصعود

والمياه التي تغوص في الارض تميل الى الصعود منها بحيث تساوى سطح محلها الذي نزلت منه وهذا هو اصل المنابع والعيون ونحو ذلك
واذا سال الماء من اناء بواسطة ثقب فالكمية التي تسيل من الماء في زمن معلوم تكون مناسبة لسرعة السائل وسطح الثقب ومع ذلك فال مقاومة التي تحصل للسائل من جوانب الثقب تختلف كبرا وصغرا باختلاف سطوحه فتكون مزدوجة بالنسبة الى ثقب ذي أربعة سطوح ومثلثة بالنسبة لذي تسعة وهكذا وكلما صغرت المنافذ كبرت المقاومة وبالعكس

وهناك سبب آخر تنقص به كمية الماء الخارج من الثقوب وهو ما يسمى في اصطلاحهم بالانعقاد السائل وذلك أن عمود السائل العمودي على مستوى الثقب ليس هو الذي يميل بمفرده الى الخروج من هذا الثقب بل كذلك جميع الجزيات السائلة المحيطة بهذا العمود قريبا من الثقب اذا كانت مضغوطة الى جهة ذلك العمود فانها ايضا تميل الى الخروج من الثقب المدكور ويولد من ذلك ضغط جانبي يميل الى ضم العمود الى السائل عند خروجه من الثقب وكلما دقت جوانب الثقب عظم الانعقاد ويتناقص بتعليق انبوبة في الثقب وتطويلها بالتدريج الى حد معلوم اذ يتجاوز هذا الحد تضعف سرعة السائل باحتكاكه في الجوانب الباطنية من الانبوبة بل ربما انعدمت السرعة بالكلية اذا كانت الانبوبة أفقية ومفرطة في الطول

فعلى ذلك اذا أردت أن توصل المياه الى محل بواسطة أنابيب طويلة جدا لم أن تجعل لهذه الانابيب انحدارا كافيا بحيث يكون ثقل الماء دائما مبطلا للتأخر الذي ينشأ عن احتكاكه في جوانب الانبوبة

ثم ان الثقب ليس على صورة واحدة بل قد تكون الثقوب متعددة السطوح وفيها ثقب صورته مخالفة لصورة البقية فهذا الثقب يخرج منه في زمن معلوم كمية قليلة من الماء وكذلك اذا سكانت على اشكال متعددة الاضلاع فما كان منها منتظما تخرج منه كمية كبيرة من الماء ومن الاشكال الكثيرة

الاضلاع المنتظمة ما كان من المنافذ على شكل الدائرة فهو من بينها يخرج
من السائل كمية وافرة حتى ان الانابيب المستديرة تكون مقاومتها لحركة
السائل الجارى في باطنها قليلة

ثم ان السرعة التي بها يسيل الماء من الثقب سواء كان بواسطة انبوبة او لا تستمر اذا كان الحوض المنصرف منه الماء على ارتفاع واحد دائما واما اذا نقص ارتفاع السائل في الحوض كما سبق فان سرعة السائل وكذلك كمية الماء الجاري في زمن معلوم تنقص مثل جزر تربيع ارتفاع الماء فوق الثقب فحينئذ اذا نقص ارتفاع الماء في نسبة ١ الى ٤ نقصت سرعة الماء في نسبة ١ الى ٢ واذا نقص ارتفاع عمود الماء في نسبة ١ الى ٩ نقصت سرعة الماء الجاري في نسبة ١ الى ٣ وهكذا

وهناك عدة تجارب عرفنا بها في الاحوال الاصلية تناقص القوى الناشئ
عن اختلاف اشكال المنافذ سواء كانت بأبواب اولاً بالسمة للمياه التي
يكون ارتفاعها واحداً سواء كانت جارية أو راكدة فمن أراد الوقوف
على ذلك فعليه برسالة بوسوت العظيمة التي تكلم فيها على الادرو ديناميك
(اي معرفة قوة حركة المياه) ومعرفة هذه التجارب لا بد منها في تنظيم
مجارى المياه وتوزيعها بطريقة جارية على مقتضى العلم بواسطة القنا
والابواب الموصلة وبواسطة السواقي والخبجان اللازمة لاحتياجات المدن
والبرارى وللزراعة والصناعة

* (الدرس الثامن) *

* (في الكلام على القوة المحركة المتحصلة من مياه فرانسا الطبيعية) *

إذا عرفت مجموع القوى المحركة المتحصلة من مياه فرانسا الطبيعية بالنسبة
لمدخليتها في الصناعة الاهلية رأيت ان هذه القوى منفعة عظيمة بالنسبة
للميكانيكا

وسط فرانساهو عبارة عن اكثراى
من الامتار المربعة وفي كل سنة تنزل على أرضها في المحال المتشابهة كمية

من الامطار مناسبة لسطح الارض الافقى فلو أمكن معرفة كمية المطر التي تقع على كل متر مربع مع الضبط لكان مجموع هذه الكميات المائية دالا على جملة مياه أمطار فرانس. ولكن معرفة ذلك متوقعة على كثير من التجارب فاذن يلزم الاقتصار في هذا المعنى على بعض الملاحظات كأن تضع في محل قارانا مفتوحا من أعلاه وفي أسفله فتح متصل بمحوض سدود سدا محكم بواسطة حنفية لمنع تصاعد الماء وتكون فتحة الاناء عبارة عن سطح مضبوط القياس بحيث يساوى مترا مربعا فينتد يحصل من كمية الماء التي تقيسها بالتوالي على حسب الامطار كمية مجموع المياه المطرية الواقعة على كل متر من الامطار المسطحة

وقد رأى علماء الهيئة ان الذين تكلموا على أطوال مملكة فرانس انه يجب عليهم بمقتضى الملاحظات العديدة التي أبداها علماء الطبيعة في هذا المعنى تقويم كمية الماء التي تقع في كل سنة على المتر الواحد من أرضها بسبعة اعشار متر مكعب فبناء على ذلك اذا أخذنا $\frac{7}{11}$ من الامطار المربعة التي هي عبارة عن سطح هذه الارض تحصل معنا ٣٦٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامطار المكعبة بالسبعة الى كمية المطر الذي يقع في السنة المتوسطة على أرض فرانس

وجميع المياه التي تقع على الارض تنقسم أربعة أقسام الاول يغوص في الارض ومنه تتكون المستنقعات التي تستمد منها منابع العيون والانهار وهذا القسم أتم نفعا للصناعة من غيره والثاني يسيل على الارض بلا واسطة ومنه تتكون السيول والمجاري وغيرهما ومنه ايضا يحصل الغرق والزيادات الفجائية وربما أمكن تقليل مضارها في بعض الاحوال بل ربما أمكن جعلها نافعا للصناعة في بعض أحوال أخرى

والثالث تستهلكه النباتات وتنتشر به وأرباب الصناعة يبحثون عن زيادته والرابع يتصاعد بخارا وأرباب الصناعة يبحثون عن تنقيصه وينعسر الوقوف على وجه صحيح لا تقسام المياه الى هذه الاقسام الاربعة

ومع ذلك فالذى أراد بمقتضى حسابات حررتها انه لا يمكن بالنسبة لفرانسا أن تقوم بأقل من الثلث كمية المياه المطرية التى لم تنتشر بها النباتات ولم تتصاعد بخارا وتذهب الى البحر ولنفرض أن المياه المطرية التى تذهب فى البحر ليست الا ١٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامتار المكعبة وأن هذه المياه النازلة من المحال المرتفعة من الارض واما المحال التى تكون أرفع من ذلك بسبب ما فيها من الاجات فلا مانع من اعتبارها كالمحال التى تكون مياهها المتحصلة اكثر من هذا المقدار ومع ذلك فنقول ان كمية المياه المطرية تكون واحدة فى جميع المحال اذا كانت تلك المحال فى حوض واحد

ولاجل معرفة كمية القوة المحركة المتحصلة من ١٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامتار المكعبة نضرب كل متر من مكعب الماء فى ارتفاع المحل الذى يسيل منه الماء فى الجارى او الخلمان التى تستفيع بها الصناعة

ولو أخذت مستوى فرانسا أخذنا كاملا بواسطة مخنيات أفقية متقاربة من بعضها بقدر الكفاية الكفى ضرب سطح الارض الافقى المنحصر بين هذه المخنيات المتنوعة فى الارتفاع المتوسط المنحصر بين النقطة العليا والنقطة السفلى من كل خط من مقياس التسوية واذا قسمنا مجموع هذه الحواصل على السطح الكلى نحصل معناه ارتفاع الارض المتوسط وبضرب هذا الارتفاع فى جملة المياه المطرية تحصل كمية القوة المحركة المتحصلة من المياه مع عدم الالتفات الى المسافة الرأسية التى تقطعها كل نقطة من الماء قبل اجتماعها بالنقط الاخرى التى بانضمامها لبعضها تحدث الجارى والقنا لنافعة للصناعة

وأعلى جبل فى فرانسا يرتفع فوق سطح البحر المحيط ٣٤١٠ امتار فاذا لو أخذنا لارتفاع الارض المتوسط نصف هذا الارتفاع لكان فى ذلك مجاوزة للحدود المناسبة بخلاف ما اذا بحثنا عن ارتفاع نقطة التقسيم العليا من الخلمان فرانسا المارة بين سلاسل الجبال فى داخل البلاد فالتسايد لك تقف على مقدار قريب من الحقيقة واما نقطة تقسيم خليج برغونيا التى هى أعلى من

جميع نقط تقسيم خليجان فرانسافانها على ٣٢ ر ٢٤٢٦ فوق سطح البحر المحيط والظاهر أن الاوفق في ذلك أن نأخذ لارتفاع الارض المتوسط مقدار اقليلافانه اولى من الكثير وذلك بأن نأخذ ١٠٠ متر فقط أعنى أقل من ربع ٣٢ ر ٢٤٢٦

وبقتضى هذه الفروض لو لم يستهلك جزء من هذه المياه بالتصاعد أو تشرب النباتات لاستدل على كميات القوى المحركة التي تحدثها هذه المياه بالنسبة للصناعة في فرانساجاصل شرب ٣٦٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ في مائة و ينتج من ذلك قوة كلية قدرها ٣٦٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامتار المكعبة واقعة من ارتفاع مترواحد واما اذا حسبنا قوة المياه النازلة في البحر فقط فافتنا نفرض أن مقدار ١٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامتار المكعبة النازلة من ارتفاع مترواحد هو عين قوة هذه المياه

واذا أردت الآن أن تعرف ماهى القوة البشرية التي تعادلها قوى الماء التي بينها فاعلم أن الانسان اذا كان قويا صحيح الجسم يرفع في اليوم الواحد من الماء مايساوى ٥٠ مترا مكعبا الى ارتفاع مترواحد وهذه النتيجة مطابقة لتجارب المهندس كولينب التي صنعها في القوى البشرية فاذا فرضنا أن الانسان الذى لا يستريح الا في ايام البطالة المعتادة يشتغل ثلثمائة يوم وانه لا يمرض في كل سنة الاستمات ايام اوسبعة وجدنا الشغل السنوى لهذا الرجل القوى المأخوذ وحده اقياس القوة البشرية يساوى ١٥٠٠٠ متر مكعب مرفوعة الى متر واحد واذا قسمنا ١٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من الامتار المكعبة على ١٥٠٠٠ وجدنا خارج القسمة ٨٠٠٠٠٠٠٠٠ فاذن أقل ماتساويه قوة مياه فرانسالمطرية هو قوة ٨٠٠٠٠٠٠٠٠ من الرجال الاقوياء الذين يشتغلون من السنة ثلثمائة يوم وبعبارة أخرى ان هؤلاء الرجال البالغ عددهم ٨٠٠٠٠٠٠٠٠ المستعملين في رفع المياه يصلون الى ارتفاع منبوعها كمية قليلة من الماء الذى يفرض ان ارض

فرانسا تصبه في البحر

وانما ذكرت هذه الصورة لآبين بها ما لفرانسا من الخيرات العظيمة في مجارى مياهها الطبيعية ولو نظرت مع ذلك الى قلة المياه المستعملة في الصناعة الفرنسية لتعجبت من هذا الامر واستغربته فقد رأينا في كتاب موسيو القوتة شبتال الذى ألفه في خصوص الصناعة أن عدد طواحين فرانسا ٧٦٠٠٠ منها ١٠٠٠٠ هوائية و ٦٦٠٠٠ مائية وشغل هذه الطواحين مما تسهل معرفته

وذلك أن وزن الحبوب المعدة للطحن على اختلاف أنواعها يبلغ عدده في السنة الواحدة ستة مليارات من الكيلوغرامات ولا يخفى أن القوة اللازمة لطحن ١٠٠٠ كيلوغرام تساوى الشغل اليومي لستة وخمسين رجلا فتضرب ٦ ملايين في ٥٦ يحصل معك مقدار القوة الكلية اللازمة لطحن حبوب فرنسا وهو ٣٣٦٠٠٠٠٠٠٠ من الاشغال اليومية مقسومة على ايام الشغل التى قدرها ٣٠٠ يوم وذلك يستلزم ١١٢٠٠٠٠ من الشغالة فاذا فرضنا أن طواحين الهواء في مملكة فرنسا تحدث شغل ١٢٠٠٠٠ رجلا فقط فان شغل ١٠٠٠٠٠٠ من الرجال وهو الباقي يساوى شغل طواحين الماء بتلك المماكة فاذن لا تكون القوة الادروليكية المستعملة في طحن جميع الحبوب بفرنسا الا ٨٠٠ جزء من قوة المياه النارية الى البحر المستعملة في الصناعة

ومما يستدل به على عدم استكمال طواحين الماء في بلاد فرنسا أن ما يستدعى فيها من الاشغال قوة مليونين من الرجال لا يستدعى اذا كانت الآلة الادروليكية جيدة محكمة الا قوة مليون واحد ولكن اذا تضاعف شغل الطواحين في هذه الصورة بحيث صارت تحدث من القوة ما يساوى قوة مليون واحد من الرجال في أنواع فروع الصناعة فانها مع ذلك لا تستعمل الا ٤٠٠ جزء من القوة المحركة المكتسبة من نزول مياه المطر على ارض

فرانسا

وان سأل سائل عن قوة الآلات الادروليكية المستعملة في الاكوار المعدة لتطريق الحديد والكواين والمعامل على اختلاف أنواعها فلك أن تقول ان هذه القوة لا تساوى قوة الطواحين وحيث أن فلان مانع من أن تقول انه لا يوجد في الصناعة الفرنسية بالنظر الى حالتها الراهنة من الماء المستهلك في أشغال الفنون كمية تساوى ٢٠٠ جزء من القوة المحركة المكتسبة من نزول المياه المطرية

واذا اقتصرنا على المياه المستعملة الآن ولم نأخذ شيئاً من المياه الغير المستعملة أمكن أن نقسم نتيجة المياه المستعملة ولو الى ثلاثة أقسام فقط ونعطي منها للصناعة قوة محركة تعادل الشغل السنوى الذى يشتغله مليون من الرجال الاقوياء الذين يشتغلون في السنة ثمانمائة يوم وإذا نظرنا الى عظم القوة المحركة المكتسبة من المياه المطرية عند انصبابها الى البحر من الاماكن العالية كما سبق رأينا انه يسوغ لنا بواسطة هذه القوة أن نحدث عدة مصانع ومعامل على عدة أماكن من الارض وأما استكمال هذه العمارات وما يتصل عنها من الخير والثروة فهو متوقف على حسن التدبير الذى تعرف به كيفية استخراج المنافع من جريان المياه واستعمالها استعمال القوة المحركة بواسطة الطارات الادروليكية او غيرها من الآلات الميكانيكية

ومن الصواب أن يجتهد في جميع جهات فرانسا مدارس عملية لخصوص هذا الغرض

واستحسن أن يكون ذلك في تولوزة اوفى بوردو لان هاتين المدينتين يظهر لى انهما في موقع عظيم لاسيما وهما في مركز مصب المياه النازلة من الجبال الشامخة كجبال البرنات وسويسنة وكاتال واورنيه فينبى فيهما مدرسة عملية يتعلم فيها التجارون والحذادون وغيرهم من صنائعية المعادن الذين باغوا درجة الاستاوات الماهرين في صناعة الطارات الادروليكية والطواحين على اختلاف أنواعها ويتعلمون فيها ايضا سبأى

الهندسة والميكانيكا المستعملة في الفنون كما هو جار الآن
 في مدرستنا التورمالية (اى التى يتخرج فيها الخوجات) ويطبقون ذلك
 تطبيقا جيدا على قوة المياه ويجلب الى هذه المدرسة جميع الشغالة الماهرين
 المعتدين لعمل طواحين جنوب فرانسا واحدا بعد واحد ومما يستحسن ايضا
 بناء مثل هذه المدرسة في مدينة غرونوبل وبالنسبة وليون فانه ان
 بنيت هناك مدرسة كانت مركز الشغالة الاودية التى تكثر بها المياه الجارية
 النازلة من جبال ألبه العليا والسفلى ومن جبال مصب سويسنة
 الشرقى ومن جبال اوورنيه ومن مصب جبال ووزغ وبورا الجنوبى
 وكذلك يلزم بناء مدرسة من هذا القبيل في حوض لوار وكذلك
 مدرسة رابعة في الشمال وخامسة في سفح جبال ووزغ وبورا وهذه
 المدارس يمكن انشاؤها مع توفير كثير بل يمكن تجديد بعضها بالزيادة في مصانع
 الآلات الادروايكية المؤسسة في تلك المحال المذكورة ولتقتصر
 على ما أوردناه في هذا المعنى فانه لا يحلو عن الفائدة بل يصير فيما بعد منشأ
 لزيادة الايرادات والمحصولات لاصحاب الطواحين وغيرهم من أرباب
 الصناعة الفرنسية ويكون ايضا طريقا لزيادة القوى المحركة
 المستعملة في الصناعة

وقبل أن نتكلم على الفوائد التى يمكن تحصيلها من حسن تركيب
 الآلات الادروايكية ينبغي أن نتكلم على الوسائط التى بها يمكن توفير جملة المياه
 التى تستخرج منها القوة لعظمة فنقول انه لا يخطر بالبال تنقيص كمية المياه
 المستعملة في سقى النباتات بل الاوفق والانفع زيادة هذه الكمية ويظهر
 أن ذلك ممكن الحصول مع غاية التوفير الذى به يعظم الانتفاع بالمياه بالقرب
 من منبعها ويكثر نقصان التصاعد ومما ينقص التصاعد ايضا الاشجار
 المغروسة على جانب مجارى المياه بحيث تمنع عنها الهواء والشمس وقد نبهت
 الحكومة الفرنسية على عدم غرس الاشجار على جوانب الطرق الكبيرة
 لانها عادة تولد فيها رطوبة تضر بالصحة ورخصت في غرسها على شواطئ

الانهار والترع لتقيها من ضرر المياه الجارية وتقلل تصاعدها ومثل هذا لا احتراس لابقه منه خصوصا بالنظر للمجاري والترع المعدة للسقي التي ماؤها المنقول هو عين الخير المراد تحصيله بل الاوفق تغطية تلك المجاري والترع راما المياه الجارية على سطح الارض بلا واسطة فيلزم أن يجعل لها عدة مسالك صغيرة ذات انحدارات لطيفة حتى لا تجلب معها كمية كبيرة من الرمل والتراب كما تسعه السيول وهذه المسالك تستعمل اتولا في السقي كالمجاري الصغيرة ثم تجتمع مياهها في محل واحد بحيث يحدث عنها فيه نتائج ميكانيكية كثيرة الفوائد

ويلزم أن يكون لكل جماعة من سكان البرية مجرى من هذه المجاري لتستعملها في أشغالها الصغيرة الاهلية والراعية * وفي جبال تيروك حجار مائية مثل المجاري المذكورة تستعمل احيانا في تحريك مهود الاطفال وهزها فتكون نائبة مناب الحاضنة ونارة في خض اللبن لاجل تربيدته ويراجع السان المعدة لسن الآلات وغير ذلك وليست فائدة هذه الطريقة مقصورة على ارتفاع اهل الارياف منها بقوة محرركة عظيمة بريّة مؤد بها ايضا رجالهم ونساؤهم على الاستعانة بالقوى الطبيعية وتريد بها نباهة الشبان وفضائهم وتجعل الحركات الميكانيكية من حطوطهم المعتادة ولا يتوقف تعلم الاطفال لهذه الحركات على تعليمات كبيرة بل يكفي في ذلك بعض قواعد فما منا أحد نشأ في بلاد الارياف الا وعمل في الخلاء ايام صغره طواحين صغيرة وجعل لها قضبان من خشب هو كناية عن محور العجلة وقطعتين من الخشب متقاطعتين تقاطع الصليب داخلتين في فتحتين مصنوعتين على شكل زاوية قائمة في وسط المحور يستكون عن ذلك طارة ذات أربعة أجنحة وتعمل الاطفال ايضا على شاطئ البحر سفنا صغيرة ويعملون لها صواري ورواجع وشراعات ويتركونها تعوم على سطح المياه واذا نظروها تعوم بقوة الرياح داخلهم من الحظ والفرح مالا مزيد عليه وقد كان مثل هذه التجارب منشأ لاتساع قرائح عدة من مشاهير الصنائعيين

وتترأيد هذه التجارب عند اولاد الأرياف بما يرونه من الآلات البسيطة المتنوعة ولنرجع الآن الى الكلام على الفائدة المراد تحصيلها من المياه فنقول

ان المنابع من حيث هي ~~ك~~ كثيرة كانت أو قليلة تنفع في كثير من الاشغال من اول وهلة

فيلزم أن تكون المجارى مستطيلة بواسطة الانعطافات التي تؤخر سرعة جريان المياه كما تقدم وتنقص مضارها وذلك بأن تغرس الاشجار على جوانب مجارى المياه أتياما كانت وبمقتضى طريقة تسليك المياه ينبغي أن يجتنب بقدر الامكان هبوط الماء ثم صعوده في سقى البساتين والرياض فاذا تعذر اصال الماء على الاستقامة بل كان لابد من صعوده الى أعلى لم أن يكون ذلك بواسطة الآلة البسيطة العظيمة المعروفة بالجدى الادروايكى فانها بالماء القليل تولد منها على تداول الايام نتائج عظيمة كما سيأتى

واما الماء الغائر في باطن الارض غورا عميقا فيمكن اخراجه على سطح الارض في كثير من الاماكن بحفر الآبار التي شرع الآن في عملها في كثير من جهات فرانسا المختلفة

واما المجارى العديدة التي يراد عملها على جوانب الجبال والتلال فانها توصل بواسطة انحدار لطيف مقدار كافيا من الماء الى الارتفاع الذي يمكن فيه تشغيل الطواحين والمعامل على اختلاف أنواعها ومن مبدأ هذا الارتفاع الى البحر يلزم تقسيم مجارى المياه يجعلها تنصب انصبابات الى ارتفاعات بحيث يكون انصباب الماء منها كافيا في احداث القوى اللازمة للصناعة وذلك بأن نجعل الانحدارات لطيفة مهما أمكن فيما بين هذه الارتفاعات حتى تتناقص قوة الماء المنصب بقدر الحاجة ولا مانع انه بتوضيح هذه الطريقة وبيانها تعرفها امة بتمامها وتعمل بموجبها وما ذكرناه هو وسائط توفير المياه ولتقع ذلك بالكلام على

سرعتها وتساويها النافعة فنقول

ان سرعة المياه الجارية تتعلق اقلا بانحدار مجراها سواء كان هذا الانحدار كبيرا أو صغيرا وثانيا بسطح هذا المجرى وعمقه فاذا عملنا قطعا عموديا على اتجاه الماء وأخذنا صورة المجرى المنتهية بخط أفقي دال على سطح الماء نتج معنا ما يسمى بقطع الماء الجارى

وليست سرعة طبقات الماء المندفق في هذا القطع واحدة بل ما لاصق منها المجرى تقل سرعته بسبب احتكاكه مع هذا المجرى ولما كان للطبقة الاولى من الماء بعض التصاق بالطبقة التي تليها وهكذا كانت كل واحدة تنقص سرعة الطبقة التي بعدها فالاولى تنقص سرعة الثانية والثانية تنقص سرعة الثالثة وهكذا فان قال قائل اى طبقة من طبقات الماء تكون سرعتها اكبر من غيرها قلنا هي الطبقة التي يكون وضعها متوسطا بين قاع السائل وسطحه واما الطبقات التي على السطح الاعلى فحركتها دون حركة الطبقات السفلى القريبة من القاع

وينشأ عما ذكرناه امر شهير وهو ان المراكب والاجسام السابحة التابعة لسير الماء متى انغمس منها بعض عمقها أخذت في سيرها بسرعة متوسطة بين طبقات الماء الحالية محلها وكانت حركتها أشد من حركة الطبقات التي على سطح السائل

وقد عملت عدة تجارب لتحديد النسبة بين السرعة الكبرى على السطح وسرعة التيار المتوسطة

والسرعة المتوسطة هي السرعة التي اذا ضربت في سطح المقطع دلت على كمية الماء الجارى من هذا المقطع في وقت معلوم وان اختلفت فروع هذا الماء في السرعة

وقد عرف المهندسون النسب الحسابية الموجودة بين انحدار المياه الجارية وبين سطح المقطع ومحيطه وبين السرعة المتوسطة لهذه المياه وقد اشتغل مسيو بروني بهذا المبحث واستخرج منه نتائج سهلة تكفى

في جميع ما تحتاجه الصناعة في سائر الاحوال
وانرمز بحرف **ر** الى سطح المقطع المنقسم على طول المحيط من هذا المقطع
الدال على مجرى النهر وبحرف **ك** الى نسبة الارتفاع الى طول
السطح المنحني الدال على انحدار السائل الطولي وبحرف **ق** الى
سرعة الماء الجارى المتوسطة فيكون بين هذه الكميات النسب الآتية وهى

$$ر = ق \times ٠٠٠٠٠٠٢٤٢٦٥ + ٢ \times ٠٠٠٠٢٦٥٥٤٣$$

فاذا عرفت بهذه المعادلة **ر** و **ك** تحصل معك في الحال **ق**
وكذلك اذا عرفت **ك** و **ق** عرفت **ر** واذا عرفت **ر** و **ق**
عرفت **ك**

وقد عمل مسيو برونى في هذا المعنى جداول كاملة بموجب حساباته
وحسابات مسيو أتيلوان الموافقة لمباحثه الاولى وهذه الجداول تغنى
من أراد معرفة مقدار المياه الجارية عن كثير من الحسابات فلذا لم نعول
في الاحالة الاعليها وهى موجودة في كتاب ألف (١٨٢٥ سنة) من الميلاد
وطبع في المطبعة الملوكية وسمى بمجموع الجداول الخمسة والغرض منه هو اولا
سهولة واختصار حسابات الصيغ المتعلقة بحركة المياه الجارية في الجمارى
المكشوفة والانابيب الموصلة وثانيا بيان نتائج ١٦٧ تجربة لترتيب
هذه الصيغ

وليكن الآن **د** هو نسبة مساحة المقطع الى طول المحيط و **ج**
هو ثقل الماء الموجود في الطرف الاسفل من الأنبوبة التى يجرى فيها الماء
ليعادل الضغط اللازم لسرعة الماء الجارى المرموز اليها بحرف **ع** فينتج
معناها هذه المعادلة وهى

$$د \times ج = ع \times ٠٠٠٠٠٠١٧٣٣١٤ + ٠٠٠٠٢٤٨٢٥٩٤٢$$

وهاتان الصيغتان المشابهتان احدهما للمجارى المكشوفة والاخرى
للانابيب الموصلة ومن العجيب أن نتيجة هاتين الصيغتين واحدة
وقد استكشف مسيو برونى مع غاية التوضيح هذه النتيجة المناسبة للعملية

والكافية في جميع الاحوال وذكر أن السرعة المتوسطة هي تقريبا $\frac{1}{3}$ السرعة التي على السطح المأخوذ في اتجاه الماء السريع الجريان - ومن النصيحة أن يقلل اهل الصناعة هذا التحديد في العيارات التي يأخذونها من مجارى المياه المستعملة عندهم لتأدية القوة المحركة

ولا جل تقويم جريان الماء المعد للصناعة مع الصط الكافي يلزم أن تعرف ولا شكل المحرى معرفة صحيحة في اتجاه عمودى على التيار يكون وضعه معلوما وذلك بواسطة المحسات بمقياس سرعة التيار في محل السطح الذى يكون فيه جريان الماء اكثر سرعة من غيره

وقد حرت لعادة في معرفة ذلك نعم بطرحون في الماء جسما عواما يتركونه يسبح مع التيار بمقياسون المسافة التي يقطعها هذا الجسم في زمن معلوم ويتف اثنان كل واحد منهما في نهاية المسافة المعلومه التي قطعها ذلك الجسم ويوضع أمام كل واحد وتدان تكون اتجاهاتهما العمودية على الخط الذى يقطعه التيار مترارين بعدا جديرا بهذه المثابة يترك الجسم العوام حتى يتجاوز سيرا راصد الاول وعند ما يحارى هذا الجسم تمام الرتدس يضرب الراصد باليد كور طبعة او يشير بإشارة أخرى حتى يعلم راصد الثانى فعند ذلك يحسب كل منهما في زمن واحد حدث المسافة لدقاعة او ثواني التي قطعها العقرب مدة قطع هذا الجسم لمسافة الموجودة بين الراصدين وبمجرد ما يحاذى الجسم اتجاه وسى راصد الثانى يشير هذا الراصد ايضا بإشارة كالاول ويحسب كل منهما زمن الذى قطع فيه الجسم المسافة الموجودة بين العلامتين وتكرر هذه العملية مرارا حتى تحصل النتيجة المتوسطة من مجموع السائغ

ويغرس الجسم المدكور بتمامه في الماء حتى يكون اضطرابه بالريح قليلا وقد يستعمل عوضا عن الاجسام العوامية في قياس سرعة التيار طارة صغيرة على جوانبها ١٦ أو ١٨ ريشة ويكون قطر محورها صغيرا ومحورها مصقولا صقلا جيدا ويدور هذا المحور على الملفات بحيث يصعب تأثير الاحتكاك فاذا ضربنا عدد دورات الطارة المطروحة في التيار في المحيط الذى

يقطع مركز ثقل الجزء المنغمس من الطارة في السائل تحمل معنا بقطع النظر
عن المقاومة مقدار المسافة التي يقطعها الماء الجارى على السطح مدة
التجربة

ومقاومة الهواء وان كانت تمنع حركة الطارة وتنقص سرعتها الا أن سرعة
السائل الحقيقية تفوق بالضرورة السرعة المعلومة بالتجربة فحينئذ لا ضرر
في أن نقوم القوة التي يمكن التصرف فيها تقويا واهيا

وقد وصف مسيو بيتون في رسالات اكدمة العلوم التي طبعت ونشرت
(٧٢٣ سنة) من الميلاد الانبوبة التي استعملها في قياس سرعة نهر السين
تحت القنطرة الملوكية فذكر انها انبوبة بسيطة من زجاج قاسها بمسطرة
مثلثة ونغمسها عموديا في السائل ونغمس فرعها الصغير نغمسا أفقيا وجعل
الماء يدخل فيها من هذا الفرع ثم يصعد من الفرع الكبير الى ارتفاع يكون
عظمه بقدر سرعة السائل

وتعرف حينئذ سرعة السائل على حسب هذا الارتفاع بواسطة مدرج
مرسوم على تلك الانبوبة او على لوح من خشب ملصوق عليها فاذا نغمست
هذه الانبوبة في السائل حتى وصلت الى العمق المطلوب كبيرا كان أو صغيرا
عرفت سرعة السائل بموجب الاعماق الموافقة لوضع الفرع الصغير الافقي
من هذه الانبوبة ولهذه الطريقة جهاز مخصوص بحيث يمنع اهتزاز موضع
الانبوبة وانتقاله عن محله الاصل مدة التجربة

وقد ذكرنا في الدرس الخامس وصف الآلة التي اخترعها مسيو رنيه
المسماة بالدينامومتر وهي آلة تستعمل في قياس قوة التيار الدافعة على
سطح معلوم وكيفية القياس بها انما نأخذ قطعة خشب منجورة على شكل
المكعب ونجعل لها من الثقل مقدار ثقل الماء بأن نجعل فيها عدة مسامير
ثم نعلق هذا المكعب بواسطة وتر مثبت في مشبك الدينامومتر ونغمسه
بعد ذلك في السائل فيحصل من هذا المكعب المجذوب بالسائل تأثير على الآلة
بأن يشد اليها كشيء أو قليلا على حسب قوة التيار فانتهى اليه

حركة الدينامومتر من الدرج المرسوم على المدرج يعرف به عدد الكيلوغرامات لقوة السائل على السطح الداخلي من المكعب ولتلكم على المجارى والقنوات فنقول اذا اراد احد الصنائعية أن ينتفع من جريان الماء بأن يجعله مثلاً لقوة محركة لزمه أن يوصل الماء الى المحل المقصود من قناة او مجرى طويلة ~~كثيرة~~ أو قليلاً على حسب مطلوبه ومثل هذا العمل معدود من الاشغال النفيسة التي لا بد لمن شرع فيها من التفتن ودقة الملاحظة وعمل حسابات مضبوطة حتى لا يخطئ في العمل ويصرف مصاريف بدون فائدة بل بذلك تظهر له النتيجة النافعة التي يؤمل حصولها من هذا العمل

وقد ذكر مسيو مانون في جرنال مدرسة المعادن عدة تفاصيل نفيسة تتعلق بهذه الاشياء المتنوعة ملخصها أنه يلزم لمن اراد عظيم الارتفاع من جريان الماء أن يعمل اربع عمليات مختلفة * الاولى معرفة الجرى او النهر الذي يريد تحويله كله او بعضه ومعرفة مقدار الماء المعتمد النارل من هذا الجرى او النهر لاسيما في فصل الصيف ومعرفة البلد او الخيال التي يمر منها هذا الجرى وكذلك المجارى الصغيرة التي يمر بها الجرى المذكور ومسافتها الاصلية وبعدها من المبدأ الى النهاية * الثانية معرفة مقدار الماء اللازم لادالات المراد عملها * الثالثة قياس الارض من محل تحويل الماء الى التيار * الرابعة البحث بقدر الامكان عن ارتفاع كاف ينحدر منه الماء

وذلك لان معرفة انحدار الجرى من ادم الامور اذ كلما قل الانحدار طالت المدة التي يستغرقها الماء في قطع المسافة المفروضة وكان هناك فسخة من الزمن في تصفيته وفي تصعيده وتحويله الى بخار وكلما عظم اشتدت حركة الماء وبذلك يظهر على جميع ما يصادفه من الموانع فلذا تراد بحفر حافتي الجرى ويجعل في قاعه حفراً كبيرة او صغيرة على حسب طبيعة الارض من صلابة وغيرها وفي هذه الحالة يلزم في أغلب الاحيان اصلاح الجرى وايقاف المياه وتعطيل نفعها حتى يتم الاصلاح

ويوجد بين الطرفين حد وسط كثير النفع يتعلق بطبيعة الاراضى التى يشقها
للمجرى وبالمياه التى تجري مع بعضها بحلة واحدة وهذه المادة علم او عملا من
وظيفة المهندسين وأرباب الصنائع المذوطين دون غيرهم بمثل هذه الاشغال
ومقتضى ما ذكره مسيو متنون أن الماء يقطع فى الدقيقة الواحدة
ثمانين مترا اذا كان عرض المجرى الباقي على حالة واحدة مترين وعمقه
خسة دسمترات وانحداره دسمترا واحدا على مائتين وخمسين مترا من الطول
بمعنى أن انحداره متروا واحدا على ٢٥٠٠ من الطول

فالقوة الدافعة لمثل هذا المجرى تكفى فى تحصيل النتائج الآتية وهى (أولا)
ان هذه القوة توصل بواسطة عجلة قطرها ١١ مترا اثنتى عشرة عربة
من عربات الطولمبات التى يرتفع بمكباس الواحدة منها ويزل بقدر
١٦ دسمترا فى كل مرة وقطر المكباس قدره ٣ دسمترات وفى هذه
الحالة تدور العجلة الكبيرة ستة أدوار كاملة فى طرف دقيقة واحدة
(ثانيا) ان نصف هذا الماء يكفى فى تدوير آلة ذات اثنتى عشرة يد تدور بعجلات
التي قطرها ٤٥ دسمترا ثمانية عشر دورا فى كل دقيقة (ثالثا) ان هذه
العجلة تؤدى من الماء ما يشغل طولمبتين ويحرك أربعة منافخ بل وأكثر

وأما المجرى الذى ليس له من الانحدار الا ١٣ $\frac{1}{4}$ من السنتيمترات على
ألف متر من الطول فلا تكون سرعة حركة الماء فيه الا على الثلث من سرعة
ماء المجرى الذى انحداره ٤٠ سنتيمترا على ألف متر اذا فرضنا أن عرض
المجرى ٦ أمتار غير أن حركة الماء لا تكون منتظمة فى الثانى كما تنظمها فى
الاول لانها قد تقف من جهة جانبية واذا انظرنا الى حالى التصفية والتصفيد فان
ماء المجرى الذى انحداره لطيف بحيث يكون مقداره ١٣ $\frac{1}{4}$ من السنتيمترات
على ١٠٠٠ متر من الطول ولو بلغ ارتفاعه عند المنبع ٧ دسمترات
على ٢٠٠٠٠ متر فيماعد المنبع ينتهى بواسطة الخريز والسيلان
الغير المحسوس الى الانعدام بالكلية

وبمقتضى ذلك يظهر أنه لا يمكن أن نجعل للمجرى التى ابعادها كما ذكرنا أقل

من ٤ دسمترات من الانحدار على ١٠٠٠ متر من الطول ولا ينبغي أن نجعل لها أكثر من ٧ دسمترات من الانحدار على كيلومتر واحد من الطول لان زيادة الانحدار يترتب عليها نقص الحافتين والعمق ولا ينبغي أن نتكلم هنا على حفر المجارى وعملها لان ذلك أنسب باشغال القناطر والجسور دون الهندسة والميكانيكا المستعملة في العنود

واذا لم يكن للمجارى انحدار كاف فانه يمكن الانتفاع بها بواسطة زيادة سعتها اما برفع حوافها أو بتوسيعها واما اذا كان الانحدار قليلا فلا وفق أن تكون حركة الماء واحدة في جميع طول المجرى متى أمكن ذلك واذا كان في الانحدار ارتفاع في بعض المحال فانه يعارض جريان الماء ويجبره على الارتفاع والتراكم وربما فاض على جوانب المجرى فاذا شغل الماء الراكد من الطول أكثر من ٨٠ مترا أو ما يأتي عليه من الماء فاذا ينبغي أن يكون للمجرى مقطع يكون في الكبر على قدر قوة الانحدار

وفي صورة ما اذا كان جريان الماء الذي يراد استعماله غير كاف بحيث لا يعطى لالات دائما الحركة اللازمة لها يلزم جمع هذا الماء في حياض تكون فيها انبساطا كدو وهو ما يسمى بالمستنقعات

وهذه الطريقة كثيرة التكليف لانها تستدعي ارضا متسعة خصبة واقعة موقعا عظيما وعماق الاودية مثلا فلذا تركوا في اوائل ظهور الالات الجارية استعمال قوة الماء المحركة في كثير من المواطن اذا كان لا يمكن تحصيل هذه القوة الا من اجتماع المياه بالطريقة المتقدمة

وفي مثل هذه الحالة ينبغي لأرباب الصنابع أولا أن يحسبوا من مجد الامر ايراد الارض التي يلزم جعلها مستنقعا « ثانيا مصاريف الردم اللازمة لعمل مجارى التحويل والحواجز والجسور والسدود اللازمة للمستنقع وينبغي انهم ايضا أن يحسبوا ايراد هذا المستنقع ونتيجته النافعة ليقابلوا بينها وبين النتيجة النافعة التي يمكن تحصيلها من قوة الحيوانات والالات الجارية وبذلك يعرفون قبل الشروع في العمل طريقة الوفر ويستعملونها على الدوام

استعمالا عظيم النفع

ويلزم أن يوضع في الجسر الذي هو عبارة عن حائط الخوض انبوبة واحدة أو عدة انابيب من خشب أو حديد ليصل بواسطتها الى الآلات ما يلزم لتحويلها من المياه ويكون تركيب هذه الانابيب من عدة قطع متعشقة ببعضها وتكون محتررة على بعضها مع غاية الدقة والضبط ويهتم بستة شقوقها وثقوبها بالمشاق ونحوه سدا محكما ويعتني ايضا كل الاعتناء بالاحتراسات اللازمة بحيث لا يرشح الماء من اى جهة كانت لئلا يترتب على ذلك تلف الجسر ويوضع في نهاية المجرى الموصلة بين الخزوز سدا أو حاجز متحرك بحيث يرتفع فيمتر السائل ومن أراد الوقوف على ذلك فعليه برسالة استخراج المعادن التي ألقها مسيو دليوس وترجمها مسيو اسكرييه في الجزء الثاني ويؤخذ من رسالة آلات مسيو هاشيت وصف الجدى الادروليكي على الوجه الآتى وهو ان ماء المسع عند وصوله الى نقطة ١ شكل ١٢ (لوحة ٢) مع السرعة الناشئة عن ارتفاع الانحدار يسيل بانبوبة التوصيل المرموز اليها بحرف **اب** وهي المتسعة في نقطة ١ ومائلة على وجه بحيث لا ينقص مقدار انحدارها عن ٢٧ ميليمترا على ٢ متر من الطول ثم يخرج هذا الماء من منفذ **ث** الذي يمكن سده بالسداة عند الحاجة

و يذم مخزن الهواء المرموز اليه بحرف **ف** الى انبوبة التوصيل وهي **ا د** بواسطة رباط اسطوانى مثل **ا ر ش** وفي وسط عمق مخزن **ف** المذكور يوجد منفذ مستدير محترر عليه مسند صغير اسطوانى في طرفه وهو **ه** سداة مرموز اليها بحرف **ه** وهناك سداة أخرى وهي **ض** معدة لحفظ هواء مخزن **ف** وحفظ مسافة **م** المنحصرة بين رباط **ا ر ش** ومسند **ه** الصغير من السداة واما انبوبة الارتفاع التي هي **غ** **ك ش** فبدؤها من نقطة **غ** في مخزن **ف** وانبوبة **ا ب ث** التي يمر منها ماء المنبع تعرف بجسم الجدى الادروليكي

وانبوبة غ ك ش التي يرتفع منها الماء الى فوق المنبع تعرف بانبوبة الارتفاع والسدادة الاولى من سداتي د و ه اللتان يسدان منفذ ث و ه تعرف بسدادة السيلان او منع الجريان والثانية تسمى سدادة الارتفاع وهاتان السدادتان عبارة عن كرات مجوفة مثل د و ه تمسك بواسطة مماسك منها ولا يزيد سمكها على حجم الماء الحالة هي محله اكثر من مرتين وطرف جسم الجدي الادروايكي الحامل للسدادتين ومخزن ف يعرف عندهم باسم راس الجدي

(وفائدة مخزن الهواء المذكور هو استقرار الحركة في عمود الماء الصاعد وزيادة نتائج الجدي الادروايكي ومع ذلك لا يعتد من الاجزاء الاصلية الضرورية اذ كثير من الآلات الادروايكية التي من هذا القبيل لا تتوقف حركتها على مخزن الهواء بل تسقط حركة الماء في هذا الجري بدون احتياج الى المخزن المذكور فمن ذلك الطلومبات الجاذبة الضاغطة التي اخترعها ماسيو سيسيل ومسيو مارتين في مدينة مارلي وذلك لانها ترفع الماء من نافورة واحدة مسفرة الى نحو ٥٧ مترا) وانبين لك النتائج العظيمة المتحصلة من دوران هذه الآلة فقول ان الماء عند سيلانه من منفذ ث يكتسب سرعة في حركته من ارتفاع الانحدار فيجبر كره د على أن يخرج من ممسكها وترتفع الى منفذ ث وهذا المنفذ ينتهي بمحطات من جلد أوقش مدهون بالقطران تنطبق عليها الكرة انطباقا محكما فعند ما ينتهي السيلان في هذا المنفذ رفع الماء كره ه السادة لمنفذ ه من مخزن ف ودخل دفعة واحدة في هذا المخزن وفي انبوبة الارتفاع التي هي غ ك ش فعند ذلك تزول عنه السرعة التي كانت معه في وقت سد منفذ ث فتسقط حينئذ كرتا د و ه بثقلهما الخاص احدهما على ممسكها والاخرى على منفذ ه ثم يأخذ ماء المنبع في السيلان من منفذ ث فترجع سدادة د الى السد ولا تزال ثانيا هذه النتائج بعينها تتجدد مادام الجدي على حاله لم يتغير تغيرا بيّنا

و بمجرد ما ترفع سدا دة د عن منفذ ث بسرعة يتبدى الجدى
 فى الدوران وينتهى دورانه بمجرد رجوع هذه السدا دة الى محلها الاول
 ويتقسم زمن هذا الدوران الى اربع مدد الاولى يكسب فيها الماء عند سيلانه
 من منفذ ث جزأ من السرعة الناشئة عن ارتفاع الانحدار وفيه ايضا
 تغلق سدا دة د والمدة الثانية وهى أقصر من الاولى بكثير يخلق فيها كل
 من سدا دة المنع وسدا دة الارتفاع وتضغط فيها الاجسام المرنة سواء كانت من
 المعادن او كانت هواء والمدة الثالثة تفتح فيها سدا دة الارتفاع ويضغط
 هواء مخزن ف ويرتفع الماء فى انبوبة غ ك ش الصاعدة
 وتغلق سدا دة الارتفاع وكذلك سدا دة المنع لا تفتح والمدة الرابعة تتحرك فيها
 ثانيا الاجسام المرنة التى انضغطت فى المدة الثانية وتبقى سدا دة الارتفاع
 مغلقة وتسقط سدا دة المنع على مسكها بعد رفعها عن السيلان وهو ث
 وما يحصل من النتائج فى هذه المدد الثلاثة الاخيرة يتعاقب ويتوالى مع
 السرعة ولو جعلنا للجدى ابعادا مناسبة عرفنا مع يسير الاتفات بقدر كل
 مدة من هذه المدد فالمدة الاولى ترتب بالتجربة بمعنى انه كلما زادت مسافة
 سدا دة المنع المعبر عنها بحرف د على منفذ ث وازداد ثقل هذه
 السدا دة كلما اكسب هذا الماء النازل من منفذ ث سرعة كبيرة بحيث
 يرفع سدا دة د ويطبقةها على منفذ ث واما من خصوص كل وضع
 من اوضاع السدا دة على قاعدة مسكها فتعاس كية الماء المرتفع فى زمن معلوم
 مأخوذ وحدة للقياس بانبوبة ج ك ش الصاعدة واذا تغيرت
 مسافة سدا دة د على منفذ ث يمكن لماء جسم الجدى الادرولىكى
 ان يحصل سرعة تعادل النتيجة الكبرى لهذه الالة

المدة الثانية قد رأينا عند وصف الجدى الادرولىكى ان مسافة م تكون
 ممتلئة بالهواء وهذا الهواء كناية عن الجسم المرن الذى يضغط فى هذه المدة
 وحيث كانت جميع الاجزاء التى تركبت منها هذه الالة معدنية لزم ان يكون
 فيها كذلك بعض مرونة ولكن اياما كانت هذه المرونة لابت وان نفرضها

منصبة وممتدة مع قوة هواء م ك انزن ولا تعتبر نتائج هذه المرونة الا في المدة الرابعة

المدة الثالثة قد تكون القوة الحاصلة في المدة الاولى بعد ضغطها هواء م ك مستعملة في ادخال الماء من منفذ ه في مخزن هواء ف وفي انبوبة الارتفاع التي هي ج ك ش فيمجرد ما تؤثر هذه القوة فسادا ه تنزل بثقلها الحاص من م م ه على منفذ ه وسدادة المنع التي هي د تعلق ثانيا منند ث

المدة الرابعة اذا تعلق كل من السدادتين فالهواء المنضغط في م ك يتحرك ثانيا ولو كانت مدة هذا الفعل الثاني قصيرة الا ان تأثير النتائج التي يحدثها يكون عظيما بحيث يؤثر في حركة الماء وهذا الفعل الثاني يحبر الماء على كونه يرجع من رأس الجدي الى منبعه وبذلك يتكون فراغ في آخر جسم الجدي فذن يضغط الحق سدادة المنع التي هي د ويفتح منفذ سيلان ث وماء المسع المنحصر في جسم جدي ا ب ث ياخذ عند سيلانه من هذه القسمة سرعته الأصلية ويستقر الماء على لارتفاع في نبوبة الصعود التي هي ج ك ش بواسطة مرونة الهواء المنضغط في مخزن ف المؤثر في ماء هذا الحزن ويحبره على الصعود الى اعلى

وقد حصل حركة عاصور الماء الصاعد به هواء مخزن ف فاذا لم يدخل في هذا الحزن هواء جديد في كل دورة من دورات الجدي لابتدأ أن يحلو سريعا هذا المخزن من الهواء ويجري صر الصغير المغلوق بهمام يستعمل مسلكا للهواء وهذا الصمام يفتح من ظاهر جسم الجدي الى باطنه والخلو الذي يحصل في المدة الرابعة يفتح السدادة فيدخل مقدار من الهواء الجوى في اسطوانة ا ب ث د الصغيرة الموضوعة تحت مخزن ف ومنه يتشرفيه ويبقى جرم من هذا الهواء في مسافة م ك ويتكون عنه الجسم المرن المسمى بانساط الهواء وهذا الهواء المنضغط يطرد ثانيا الماء المنحصر في جسم الجدي جهة المنبع وقد راينا ان هذا الطردانما يحصل في المدة الرابعة من الدوران

الكامل وانفرض ان انبوبة **أ ب** شكل ١٢ منقاسة بالذراع وان شكلها ايضا هي شكل انبوبة منحنية فعند ما نجعل في هذه الانبوبة تيارا مناسباً لارتفاع الماء الذي هو في مخزن (١) اكبر منه في مخزن **ل** فان هذا التيار يحرك الجدي كما اذا كان في انبوبة مستقيمة ولاجل امتلاء هذه الانبوبة المنحنية يلزم ان توجد حنفية موضوعة جهة **أ** وسدادة موضوعة جهة **ب** يفلتان طرفي الانبوبة وهذه الانبوبة تملأ بالماء من فتحة موضوعة في قمتها ثم تغلق هذه الفتحة بعد ذلك غلقاً محكماً فاذا فتحنا الحنفية ثانياً من نقطة **أ** فالتيار يدخل في الانبوبة المنحنية ثانياً ويتحرك الجدي من نفسه

ويمكن استعمال الجدي الادروليكي كذلك في رفع المياه من الآبار والحياض مطلقاً غير انه ينبغي معرفة تأثير الطولمبات معرفة جيدة لاجل استعمال التطبيق المسمى باستعمال الجدي الادروليكي الجاذب

*** (الدرس التاسع في الكلام على الطارات الادروليكية) ***

ولتسكلم على الطارات الادروليكية فنقول اعظم الطرق التي تستعمل في توصيل قوة الماء المحركة الى الآلات هي طريقة الطارات الادروليكية ويوجد من هذه الطارات نوعان اصليان احدهما يسمى بالطارات الرأسية ويكون محورها افقياً والآخر يسمى بالطارات الافقية ويكون محورها عامودياً

وراجحية النوع الاول على الثاني كون طاراته لا تحتاج في شغلها المسافة كبيرة وكونها سهلة الملاحظة والتصليح

وينبغي ان نعلم من جملة الطارات الافقية القديمة والمستخدمة الطارة ذات القوة البعيدة عن المركز التي يحصل منها عملية ثمانية وكذلك الآلة المسماة بالدايود وكذا الطارات الافقية ذات الطاقات المنحنية وهذه الطارات الاخيرة غائبة مخصوصة وهي انها تحدث مع سرعة كبيرة على مسـتـوافقـة حركة دوران عظيمة كالحركة التي ينبغي عملها في طعن الحبوب الا أن هذه النارات كثيرة

التكاليف والمصاريف حيث ان عدة منها تستدعي وضعها افقيا. تسع ان هذا كان استعمالها قليلا جدا بالنسبة لاستعمال الطارات الرأسية المستعملة الآن دون غيرها

ومن الطارات الرأسية ما يكون ذات طاقات أو أجنحة أو ألواح يؤثر فيها الماء بالتلاطم من تحت الطائرة وذات مثل طارات الطواحين الموضوعة على مراكب في شاطئ الانهر ومنها ما تكون ذات قواديس مثل ١ ١ ١ شكل ١ و ٢ و ٣ و ٤ لوحة ٣ وهذه الطارات يدخل فيها الماء المحرك ويسيل من اعلاها ومنها ما يسمى بالطارات ذات الجانب مثل شكل ١ و ٢ و ٣ لوحة ٤ وبالجمل قد يوجد منها دارات ذات قواديس يدخل فيها الماء من جهة واحدة من اسفل المركز وفي الطارات ذات الجانب انما تحصل قوة السائر بواسطة الصغلة وهذا اوفق من التصادم الذي يكون في الطارات ذات الطاقات التي يدخل فيها الماء من اسفل وتلك الطارات مربية عظيمة حيث انه يكفي في تدويرها قليل من الماء

وتنسب العملية لعظيمة المستعملة في بيان حركة الطارات الادروليكية الى المعلم الشهير والمهندس المريد بوردا

وقد اثبت كل من اسمياتون وبوسويت احدهما في افكاره والاخر في فرنسا بتجاربهما النتائج المستكشنة بالحساب

فقال بوسويت لا يلزم ان يكون للطارات القوتية عدد كبير من الاجنحة على قدر الكفاية بشرط ان لا تكون الآلة ثقيلة جدا فيجعلون في العادة للطارات الكبيرة من ٣٦ الى ٤٠ طاقة في الدارات التي يكون قطرها سبعة امتار ويكون تحركها بسائل جاري وان لا يتجاوز القوس المنغمس في الماء من ٢٥ درجة الى ٣٠ وقال ايضا ان هذه الطارات اذا زاد عدد طاقاتها تحدث نتيجة عظيمة وان الطارات التي تنغمس في الانهر يكون عدد اجنحتها عادة قليلا لاجل ان لا يغطى بعضها بعضها بحيث ان كلا منها يمكنه ملاطمة الماء ويجعلون عادة في الصناعة للطارات المستعملة في الطواحين

الموضوعة على سطح الانهر من ٨ اجنحة الى ١٠ بل وبعض الاوقات
أقل من ذلك ونص على ان هذا العدد قليل جدا في هذه الطارات والافوق
ان يجعل فيها من ١٢ الى ١٨

ثانيا لكي تحدث الآلة نتيجة عظيمة يلزم ان تكون سرعة الطارة متناسبة مع
سرعة التيار كنسبة ٢ الى ٥ وذلك في شأن الطارات الموضوعة على
الانهر وكذا الطارات الموضوعة في مجرى ضيق

ثالثا الا وفق في الطارات الموضوعة على حلمان قليلة الانحدار ويسيل فيها الماء
بسهولة بعد التلاطم ان توجه الاجنحة نحو المركز

واما اذا كان انحدار المجارى كبيرا بعكس ما تقدم فالأوفق ان تكون الاجنحة
مائلة بمقدار مناسب لنصف التطر بحيث ان الماء بطرقها طرعا موديا
وترداد قوتها (من ثقل الماء) ومع ذلك يلزم ان يكون هذا الانحدار محدودا
فلر بما يتجاوز الحد يفقد كثير من القوة بنقصان تلاطم الماء اكثر مما يكسب
من ثقل الماء المار على تلك الاجنحة الضاغطة لها

واستدل بارسيو بعدة تجارب تدل على ارجحية الطاقات المنحنية على
الطارات ذات الاجنحة المتجهة اتجاهها مستقيما في انصاف اقطارها فاذا لم تكن
الطارات ذات الطاقات معرضة الى سائل مطلق كان حركتها الاسفل داخلا
في مياه مستقيمة الروايا يسهلها بالمجرى وجميع المجارى الغير المتقنة الصناعة
لها مسافات بين جدران الطارة وطاقاتها فيتسبب عن ذلك خسارة عظيمة
من الماء ولكن يمكن تدارك هذا الخلل في الطارات ذات الجناح لوحه ٤
شكل ٢ و ٣ بان نجعل العمق المجرى شكلا مستديرا تابعا للمحيط الذي
تقطعه جواب الطاقات الطاهرة عند دوران الطارة

و ينبغي تنقيص قوة الماء يسيرا و بناء على ذلك يلزم تقصير المجرى على قدر
الامكان فبذلك يرى ان الحاجز الماء للطارة في الطارات الكاملة لوحه ٤
لا يمنع من كونه يستمر في شغله حال خروجه من الحوض الذي يكون فيه
وهي الطريقة التي تحسب بها قوة الماء على الطارات الادروليكية وهي

ان نفرض أن ثقل حرف **ح** هو المعلق في طرف الوتر المرفوف على عامود الطارة وحرف **ر** هو نصف قطر هذه الطارة و **ع** ر هو الزمن الذي تحصل فيه نتيجة هذه الطارة وحرف **ف** هو قوة الماء الموضوعة على مركز ضغط او دفع الطاقات او القواديس وحرف **ر** هو مسافة بين مركز الطارة ومركز العمل فينبغي ان ينتج معنا على حسب قواعد حركة الطارات الدائرة المذكورة في المجلد الثاني من هذا الكتاب في الدرس العاشر وحرف **ح** ر = **ف** ر بقطع النظر عن احتكاك الدوران الطارة

وعلى مقتضى تأثير الماء يحدث معنا أشياء كثيرة يجب علينا حسابها مثلا في الطارات ذات الطاقات التحتية التي يلاطم فيها الماء الألواح يفقد هذا الماء جزءا من سرعته فلو كانت قوته المفقودة استعملت في محلها لانتجت لنا قوة **ف** الواصلة الى الطارة

ويظهر ان الطارة ذات الطاقات التحتية تحدث نتيجة عظيمة متى كانت سرعتها مساوية لنصف سرعة التيار المطلق

وعده الطريقة في استعمال قوة الماء ليست اعظم الطرق فان الطارة الادروليكية تكون كاملة اذا كانت قوة الماء ترفع ثقلا مساويا لثالث الطارة الى الارتفاع الذي ينزل منه هذا الماء لكي يؤثر في الطارة فاذن يلزم ان الماء المحرك يقذف قوته كلها بحيث لا يبقى له عند انتهائه الا سرعة تساوى صفرا واما الطارات التحتية فينبغي ان تكون سرعة طاقاتها بطيئة جدا فينبغي ان تكون هذه الطارات ناقصة احد الشروط اللازمة لاجداث اعظم نتيجة فاذن لا ينبغي استعمالها الا في الحال التي يكون فيها للماء قوة محركة اكثر مما يلزم

وفي الطارات ذات الجانب والطارات الفوقية يمكن استعمال الماء بالتلاطم او الضغط واولى هاتين الطريقتين اقل فائدة من الثانية لما انها تضع جزءا من الماء بتأثير الانضغاط

فبناء على ذلك يلزم ان تقتصر على ضغط الماء النازل بنفسه على الطارات الفوقية او الجانبية فاذن يكون الماء في شكل **ا** و **٣** لوحه **٣** ملاطما

للقواديس وفي شكل ٢ و ٤ ينزل الماء عموديا وفي شكل ٤ يكون التلاطم قليلا جتاور بما كان مفقودا بالكلية ومتى فتح حاجز ق لا يخرج الا الجزء الاعلى من ماء الحوض وفي شكل ٢ و ٣ و ٤ يرى ان بعض القواديس يبقى فيها الماء مدة طويلة اكثر مما في شكل (١) وبهذا الغرض يكون لها فائدة اخرى وفي شكل ٣ لوحة ٣ تكون القواديس مصنوعة من ورقات رقيقة من النحاس على صورة مستحسنة كما في شكل ٣ لوحة ٤

وفي شكل ٢ لوحة ٣ تمر المياه المتراكمة فوق الحاجر وتستقر على الذهاب في المجرى من ٥ الى ف وفي شكل (٤) الذي احده المعلم بركان توجد حنفية تفريغ د د التي تفتح متى زاد الماء في الحوض وفي نقطة ٥ يوجد سد آخر اوفى بصرف ويمنع على قدر الاحتياج

وفي الدرس السابع من هذا المجلد تكلمنا على تركيب الآلات والطارات الادروليكية بالخصوص ولكن بقي علينا عدة اشياء ينبغي لنا ان نحصلها كي نصل بذلك الى درجة الانكليز في هذا الفن فانهم اتقنوه وابدعوا فيه حتى صار لهم مقدرة على صناعة طارات ادروليكية ذات ابعاد عظيمة من الحديد متقنة الصناعة بمقتضى الضبط الهندسي الذي هو اعظم مبادئ التجارح ولترجع لما نحن فيه من مقابلة قوة الماء المحركة وما تحدث من النتيجة فنقول ان النتيجة النافعة ليست الا ثلث القوة المحركة في الطارات المعتادة ذات الطاقات التخفية وتكون قدر الثلثين في الطارات ذات القواديس

وقد جرب مسيو اسمائتون عدة تجارب في نتائج الطارات الادروليكية فسمى الارتفاع الذي ينزل منه الماء عاموديا مع السهولة لكي تكتسب السرعة التي بها يطرق جناح الطائرة بالثقل التقديرى الممكن وبذلك وصل الى النتائج الآتية

اولا متى كان الثقل التقديرى اى الحقيقى واحدا فالنتيجة تكون تقريبا مثل كمية الماء المنصرفة

ثانيا إذا كان انصراف الماء واحدا كانت النتيجة مناسبة لارتفاع الثقل الحقيقي المذكور

ثالثا إذا كانت كمية الماء المنصرفة واحدة كانت النتيجة مثل تربع السرعة

رابعا إذا كانت قفحة الحاجر واحدة كانت النتيجة مثل تكعيب سرعة الماء وفي الطارات الادروليكية الكبيرة على مقتضى ما قاله اسماعيلون تكون النسبة المتوسطة بين القوة والنتيجة كنسبة ٣ الى (١) والنسبة المتوسطة بين سرعتي الماء والطاراة كنسبة ٥ الى ٢

واما الطارات ذات القواديس فانها متى كانت مرتفعة بالنسبة الى سقوط الماء كانت نتيجتها عظيمة وينبغي أن تكون سرعة هذه الطارات قدر متر واحد في كل ثانية تقريبا لكي يحدث اعظم نتيجة

ولتستعمل الآن على بعض نبيهاات عمومية بطريقة موجزة تتعلق بالاستكالات التي ادخلها موسيو بونسوليه من مندمدة قليلة في تركيب الطارات ذات الجناح حيث ان هذه الاستكالات تكسب نتيجة ثلاث الطارات زيادة عظيمة

ثم ان الطارات العلوية لا تستعمل الا في المياه الساقطة التي يتجاوز انحدارها مترين من الارتفاع ويكون فيها كمية كبيرة من الماء

واما التوايت البسيطة فانها تستعمل مطلقا من غير تقييد في ارتفاع المياه وتكتسب سرعة عظيمة اذا بعدت قليلا عن النتيجة المتحصلة منها

ومتى زادت سرعة الطارات على مترين في كل ثانية فان هذه الطارات تحدث جناحا وتساعد على انتظام الحركة ولومع وجود الرجات والبروزات وتغيرات السرعة الفجائية التي تحصل لاجزاء الآلة وتحدث ايضا مع بعض تعشق سرعة عظيمة تصلح لكثير من العمليات الصناعية ولومع وجود القوة المنعدمة

ومن النادر كون الطارات ذات القواديس تحدث سرعة اقل من متر واحد في كل ثانية

فان سرعتها عادة تتجاوز مترين في كل ثانية وليس ذلك عيبا فيها حيث ان سقوط الماء المستعمل في مثل هذه الحالة يكون بالاقل ثلاثة امتار وقد تدل السرعة التي يستعملها الماء حال خروجه من المجرى وكذلك التي يأخذها الماء في هذه المجرى بالنظر للطارات ذات الجانب على أن الطارة يكون لها دائما في مثل هذه الاكالة متران من السرعة في كل ثانية وهذه السرعة تضيق راجحية الطارة ذات الجانب على الطارة ذات الطاقات المعتادة متى كان سقوط الماء اقل من مترين فعلى موجب هذه المقارنة نرى انه يمكن استعمال التوايت المتحركة من اسفل مع انها غير مطلقة الاستعمال في جميع الاماكن في البلاد ذات السهل التي تكون فيها الانحدارات قليلة والمياه كثيرة ففي الحقيقة نرى أن استعمال الانحدارات تفوق على مترين في البلاد السهلة من الاشياء الصعبة الكثيرة المصاريف والتكاليف

فعلى ذلك توجد احوال كثيرة تكون فيها منفعة الطارات السفلية وراجحيتها على غيرها واضحة

وهذه الطارات تقذف ثلث كمية الحركة التي تتلقاها ببل واكثر من ذلك بخلاف ما اذا كانت الانحدارات الموضوعة فيها صغيرة جدا وفي الغالب اذا كان وضع المجارى والحوابر زديا فانها لا تقذف سوى ربع او خمس هذه الحركة

وقد عمل العلماء الماهرون والمهندسون المشهورون عدة تجارب كثيرة النفع والفائدة لاجل اصلاح استعمال التوايت وقالوا انه ينبغي أن يكون عدد طاقات تلك الطارات في الموضع الجيدة (اولا ٢٤ طاقة بالاقل) (ثانيا انهاء تكون مائلة مع نصف قطرها من ٢٥ درجة الى ثلاثين)

(ثالثا ان انغماس هذه الطاقات في الماء لا يزيد على ثلث ارتفاعها)

(رابعا ينبغي وضع حافة من ٨ سنتيمترات الى ١٠ على الاطراف العامودية لطاقات تلك الطارات)

وقد شرعوا في عدة طرق متنوعة لاجل ازدياد نتيجة الطارات بوضع المجارى واعتابها موضعا جيدا وشرع موسيو موروزى ايضا في عمل طرق

لتنقيص طول المجرى الذي يترتب عليه تنقيص السرعة التي تحصل للماء حال
 صروره عليها وهذه من اعظم الاوضاع الكثيرة النفع والفوائد
 فينبغي ان يجعل ابعاد هذا السائل بطريقة بحيث تكون سرعة الماء واحدة
 عند دخوله في الحوض ومصادمته للطارة فاذن نرى أن كمية الحركة المتجهة
 نحو الطارة ذات العلب عوضا عن كونها تكون ربع او خمس القوة المقذوفة
 تكون ثلاثة من عشرة من تلك القوة

وعلى موجب التجارب التي فعلها موسيو كرتيان يحصل من الحافات
 الجانبية التي شرع فيها موسيو موروزي من عشر الى عشرين بالنسبة
 الى التوايت المعتادة اذا فرضنا أن هذه العلب ثابتة لا تتحرك ومنحصرة
 في تلك المجرى وتنقص هذه الفائدة متى كانت الطارات محكمة الصناعة
 وقليلة الحركة فيها

فاذا فرضنا انه يحصل معنا ثلاثة اعشار القوة الدافعة وعشر ربع بواسطة
 الحافات فينبغي ان تكون النتيجة ٣٦ ر ٠ من القوة الدافعة التي هي كفاية عن
 نتيجة التوايت ذات الحوافي

ولا ينبغي أن قوة الماء الدافعة عند خروجه من الخارج تكون في حد ذاتها اقل
 من القوة المتحصلة بالعملية النظرية اعني انها اقل من القوة المتحصلة من ارتفاع
 كل جزء من الجزئيات المارة من الخارج فاذن نرى انه لا يتحصل من التوايت
 المتقنة الصناعة اكثر من ٣٢ او ٣٣ جزأ من مائة من قوة الماء مع
 غاية الضبط في الحساب

وبعد أن ذكر موسيو بونسوليه جميع الملحوظات التي ذكرناها آنفا بين
 الاستحسانات التي بها يمكن أن تصير الطارات الادروليكية ذات محصول عظيم
 اذا عوّضت الطاقات المستقيمة التي هي للطارات المعتادة بعلب منحنية
 واسطوانية بحيث يكون مفرها ملاطما للسائل ويكون محيط كل علبة من
 هذه الطاقات مماسا لدائرة ظاهرية متحدة المركز مع الطارة وهذا المحيط يميل

بالتدريج شيئاً فشيئاً على نصف قطر الطارة حتى يكون محيطاً متصلاً كما يشاهد
في شكل (١) لوحة ٤

وبهذه الطريقة يمس الماء ظاهراً كل علبة من تلك العلب ويدخل فيها بدون
أن يلاطم سطحها وذلك لكي يرفعها ارتفاعاً موافقاً للسرعة الخاصة به
فاذا اردنا الآن تحويل السرعة التي يخرج بها الماء من الطارة الى درجة
صفر يلزم ان تكون سرعة محيط هذه الطارة مساوية لنصف ماء التيار

وقد جمع موسيو بونسولي جميع وسائل الاستكمال حيث وضع
الحواجز وضعها مخصوصاً كما ذكرناه آنفاً وعمل للمجرى مخرجاً عريضاً في المحل
الذي يتبدى فيه القواديس المنحنية بالانصباب ولاجل سهولة تفريغ تلك
القواديس وضع على كل جهة من جهات هذه القواديس عوضاً عن الحافات
قطعنين من الخشب على صورة كفات مستديرة وليس عرض هاتين القطعتين
أكثر من ربع ارتفاع الانحدار فهذه الاوضاع والتجارب التي عملها يستنتج
أن كمية العمل المتحصلة من التوازيات المنحنية اذا كان الانحدار من ٨٠ ر ٠
متر الى ٢ من الامتار ليست اقل من ٦ ر ٠ بل وفي الغالب تبلغ ٦٧ ر ٠
من كمية الحركة الناتجة عن ارتفاع ماء الحوض تحت النقطة السفلى من الطارة
وهذه النتيجة أكثر من النتيجة التي يمكن تحصيلها من الطارات الجانبية بل ومن
الطارات العلوية ايضاً اذا كانت مستعملة في انحدارات صغيرة

وحيث ان العلب المنحنية لا تقبل الماء من اسفلها مثل الطارات ذات القواديس
فينبغي أن تصنع من ألواح الخشب الضيقة والافوق انها تصنع من الحديد
المسطوح ومن الصفيح المتين الذي يكون من قطعة واحدة وبذلك يمكن
تعشيقها في كفات مستديرة ويكفي تسخيرها في تلك الكفات او لصقها محكم
وبعض الاوقات يمكن تعويض تلك الكفات المستديرة بالخشاب كما في
الطارات المنحنية

ومنى كان الماء المقذوف من المجرى قليل الحجم وكانت سرعة قذفه
عظيمة يمكن توصيل انحدار مجرى **ب ف** شكل (١) لوحة ٤

الذى تبينه الصناعة ولنفرض الآن أن قاع المجرى المعبر عنه بحر في
ب يكون في وضع بحيث انه في الوقت الذى يصل فيه الضلع الظاهر
 من العلبة الى نقطة **ف** يبلغ الماء الداخل في هذه العلبة اعظم ارتفاع
 يمكن صعوده اليه ثم ينزل على حسب انحدار العلبة فاذا استقر الضغط
 عليه نزل على الضلع الظاهر من العلبة بسرعة نسبية بحيث تساوى
 السرعة التى كانت له حال دخوله في العلبة وزيادة على ذلك انه يتجه
 اتجاها مما ساطح الطاقة الاسطوانى في جميع امتداد الضلع الظاهر
 من هذه العلبة

وقد تساوى سرعة الماء المطلقة سرعته النسبية ناقصة سرعة الطارة ولكن
 يلزم أن يكون هذا النقص قليلا جدا لكي يحدث الماء النتيجة الكبرى
 التى يمكن تحصيلها منه فعلى ذلك يلزم أن تكون سرعة الماء النسبية حين
 دخوله في الطاقة مساوية لسرعة الطارة فحينئذ تكون سرعة الماء المطلقة
 ضعف سرعة الطارة المطلقة

وفي هذه الالة التى ذكرناها لا يفقد شئ من القوة لا عند دخول الماء في الطاقة
 ولا في خروجه منها

وانما يفقد من تلك القوة ما يتسبب عن اردحام السائل عند خروجه من الخارج
 وعن احتكاك الماء في السائل وعن احتكاك الماء في الطاقات وقت الصعود
 والنزول وكذلك الخسارات الصغيرة التى لا يمكن الاحتراس في عدم ضياعها
 في كل آلة من هذا القبيل

وبعد ان بحث سميو بونسولي بعملية عن الشكل الموافق الذى يعطى
 لجميع اجزاء الطارات الرأسمية ولجاريها على اختلاف انواعها بحث ايضا
 بالتجربة عن النتيجة النافعة التى تحصل من هذه الطارات المتقنة الصناعة
 فهذه التجارب وان كانت قد عملت على آلة قطرها ٥٠ سنتيمتر فقط وطول
 طاقاتها ١٠٣ ملليمترات لكن اعظيمة جدا بالنسبة لاتحاد نتائجها مع نتائج
 الآلات النظرية وبالنسبة ايضا للفوائد العظيمة المتحصلة منها

وقد شاهد مسيو بونسوليه بنفسه ان الطارات الكبيرة تحتاج لاتقان العمل الكامل اكثر من الطارة الصغيرة التي جعلها النموذجاً فبناء على ذلك أن امارات الكبيرة تعطى نتائج كبيرة اكثر من النتائج المتحصلة من الطارة الصغيرة المذكورة

وبين مع غاية الضبط والتدقيق ابعاد الخوض الذي يعطى الماء المحرك وكذلك ابعاد حواجز المجرى ووضع ايضا جميع الاحتراسات التي يجب اخذها في قياس مصرف الماء مع غاية التدقيق وقال انه لاجل تنظيم فتحة الطاقة ظاهرة مع الضبط الكافي يلزم اخذ مساطر صغيرة من خشب يكون عرضها قدر الفتحات الصغيرة المنقوعة المراد عملها مع اخذ الاحتراسات اللازمة لاجل التحقق من انها لا تتغير لا بزيادة ولا نقصان وقت استعمالها وحينئذ كان يضع وجهها من وجوه المساطر على عمق المجرى المنحني وينفض الطاقة الظاهرة الى ان يمس طرفها الاسفل الوجه الآخر ثم يقلب المسطرة على جميع الواجه بين المذاجر والمجرى بحيث تكون في غاية من الدقة في وضع عامودي فبهذه الطريقة لا يخفى أن سمك المسطرة بين مع الاثنان فتحة الطاقة المراد عملها واما كيفية معرفة ارتفاع الماء في السندوق فانهم كانوا يضعون جساما عواما يسبح على طول قضيب مدرج ولكن هذه الطريقة ابطاؤها واستعوضت فيما بعد بقياس سمك الماء بواسطة مسطرة كوتسك المنقسمة اقساماً صغيرة الى دليريات ولجل اثبات هذا القياس والتحقق منه كانوا يستعملونه عدة مرات في تجربة واحدة

ولا يخفى أن ترتيب التسوية هو الجزء الدقيق الصعب من جميع انواع هذه التجربة حيث انه يتطلب مزيد الاعتناء والتأني وحيث ان تلك الوسائط الدقيقة التي اجراها في هذا الغرض عدة من المؤرخين لم تكن في طاقتنا اقتصرنا على وضع قناة وحاجز لتفرغ بجوار الصندوق المستعمل حوضا تكون ابعادهما كافية في سيلان الماء الا أن من النهر ومتى كان ارتفاع حاجز الطارة الصغير مناسباً تانرتب مع التأني فتحة حاجز التفريغ بشرط اننا نتحصل على التسوية

الثابتة التي تقتضيها التجربة المراد عملها
ومتى قيس الزمن بمقياس المعلم برينيه فانه يعطى لنا انصاف الثواني وكمية
الماء السائل في كل ثمانية تحصل بالزمن اللازم لامتلاء الصندوق المأخوذ
عياره عدة مرات ويسع ١٨٤ لتر
ولم نعد من التجارب العظيمة الا التجارب التي اذا كررت مرارا عديدة
لا يحصل فيها اختلاف الا في بعض انصاف ثواني مدة السيلان كلها وهكذا
في جميع التجارب التي سنتكلم عليها فيما بعد
وقد وضع مسيو بونسوليه النتائج المشهورة التي تتعلق بازدحام السائل
وقت خروجه من حاجزه والوسائط النافعة لجبر الخلل الناشئ من عدم الانتظام
الناشئ عن هذا الازدحام بطريقة مخصوصة
وهي ان هذا الخبر الماهر لكي يقيس نتيجة طارته العظمى استعمل الواسطة
التي استعملها مسيو اسمياتون اعني انه حسب مثله الثقل الذي ~~يسكن~~
للطارة رفعه وعلقه في حبل ملتف على عامود الطارة
وابتدا اولاً بتقويم مقاومة الهواء والمقاومة التي تحصل من شد الحبل او الدبارة
المعلق فيها الثقل على وجه التقريب ثم بتقويم احتكاك الحركات الشديدة
التي تحصل للماء فكان يقيس بتحركه للطارة هذه المقاومات بنفس نتيجة
الاتقال الموضوع في كيس معلق في الحبل او الدبارة وفي هذا الزمن لاشئ
يقاوم هذه الاتقال سوى المقاومات المختلفة التي ذكرناها * ولاجل انتظام
حركة الطارة كان يدورها عشر دورات كاملة بثقل واحد وكان ابتداء كل
دورة واخرها مبدئاً مع الدقة بواسطة ابرة (اي عسرب) موضوعة على مدار
العامود فبعد الدورة العاشرة كان يحسب مع الضبط عدة مرات الزمن اللازم
لعمل جملة دورات كان عددها في الغالب من ٢٠ دورة الى ٢٥ وبتغيير
الاتقال كان يعرف نوع المقاومات الناشئة عن كل سرعة تأخذها الطارة
وتيسر له معرفة هذه المقاومات فان هذه الطارة عندما كانت تدور بحركة
الماء تمر بانواع السرعة وقال مسيو بونسوليه ان هذه الطريقة التي

استعملها عادة من المؤرخين غير صحيحة في جميع اجراء الميكانيكا لان الطارة
تتأثر من الماء تأثرا شديدا متى كان تحركها به وفي هذه الحالة يكون الكيس
اثقل مما اذا كانت فارغة ومن جهة يزداد شد الدبارة وتوتيرها ومن جهة اخرى
لم يكن الضغط والاحتكاك على الدوران واحدا

ويتعمس رائد لتفات الى هذه الاسباب الاخيرة في التجارب العديدة لكن يمكن
بواسطة الاعتناء والتعديل تنقيص مقدار وقوع هذه المقاومات في الاحوال
المختلفة ولو كانت اقل دائما من المقاومة المتحصلة من التجارب التي عملت
على الطارة وهي فارغة

وعلى موجب الاحتراسات التي ذكرناها انفا عملنا الجدول الآتي وهو جدول
يحتوي على الاثقال المرفوعة وكميات العمل المتحصلة من الطارة بواسطة فيجة
حاجز سعتها ٣ سنتيمترات وانحدارها ٢٣٤ ملليمتر

عدد التجارب	زمن ٢٥ دورة من العجلة	عدد الادوار في كل ثانية	الارتفاع الذي يرتفع اليه التقل في كل ثانية	الاتقال المرفوعة ومن جهاثا نقل الكيس	النقل الذي يعمل في اثن المقاومات	النقل الكلي الذي ترفعه العجلة	كمية العمل التي تحدثها العجلة
كيس	كيس	ادوار	مليمتير	كيلوغرام	كيلوغرام	كيلوغرام	كيلوغرام
٠١	١٩,٥٠	٢٨٢١ ر	٢٨٠٥ ر	٠٠٠ ر	٢٢٢ ر	٢٢٢ ر	٠٦٢٨ ر
٠٢	٢٢,٢٠	٠٧٧٦ ر	٢٣٥٨ ر	٠٠٠ ر	١٩٠ ر	١٩٠ ر	٠٢٨٠٦ ر
٠٣	٢٣,٥٠	٠٦٣٨ ر	٢٣٢٨ ر	١٠٠ ر	١٨٠ ر	٢٨٠ ر	٠٢٩٨٠ ر
٠٤	٢٤,٠٠	٠٤١٧ ر	٢٢٧٩ ر	٢٠٠ ر	١٧٦ ر	٣٧٦ ر	٠٣١٣٦ ر
٠٥	٢٤,٤٠	٠٢٤٦ ر	٢٢٤٢ ر	٣٠٠ ر	١٧٤ ر	٤٧٤ ر	٠٣٣٠٥ ر
٠٦	٢٤,٨٠	٠٠٨١ ر	٢٢٠٦ ر	٤٠٠ ر	١٧٢ ر	٥٧٢ ر	٠٣٤٦٨ ر
٠٧	٢٥,٢٠	٠٩٩٢ ر	٢١٧١ ر	٥٠٠ ر	١٧٠ ر	٦٧٠ ر	٠٣٦٢٦ ر
٠٨	٢٥,٦٠	٠٩٧٦ ر	٢١٣٧ ر	٦٠٠ ر	١٦٧ ر	٧٦٧ ر	٠٣٧٧٦ ر
٠٩	٢٦,٠٠	٠٩٦٥ ر	٢١٠٩ ر	٧٠٠ ر	١٦٤ ر	٨٦٤ ر	٠٣٩٢٢ ر
١٠	٢٦,٥٠	٠٩٤٣ ر	٢٠٦٤ ر	٨٠٠ ر	١٦٠ ر	٩٦٠ ر	٠٤٠٤٥ ر
١١	٢٧,٠٠	٠٩٢٥ ر	٢٠٢٦ ر	٩٠٠ ر	١٥٨ ر	١٠٥٨ ر	٠٤١٧٠ ر
١٢	٢٧,٥٠	٠٩٠٩ ر	١٩٨٩ ر	١٠٠٠ ر	١٥٦ ر	١١٥٦ ر	٠٤٢٨٨ ر
١٣	٢٨,٠٠	٠٨٩٢ ر	١٩٥٤ ر	١٠٠٠ ر	١٥٤ ر	١٢٥٤ ر	٠٤٤٠٤ ر
١٤	٢٨,٥٠	٠٨٧٧ ر	١٩١٩ ر	١٢٠٠ ر	١٥٢ ر	١٣٥٢ ر	٠٤٥١٣ ر
١٥	٢٩,٠٠	٠٨٦٢ ر	١٨٨٦ ر	١٣٠٠ ر	١٥٠ ر	١٤٥٠ ر	٠٤٦٢١ ر
١٦	٢٩,٥٠	٠٨٤١ ر	١٨٥٤ ر	١٤٠٠ ر	١٤٩ ر	١٥٤٩ ر	٠٤٧٢٦ ر
١٧	٣٠,٠١	٠٨٣٠ ر	١٨١٧ ر	١٥٠٠ ر	١٤٨ ر	١٦٤٨ ر	٠٤٨١١ ر
١٨	٣٠,٦٠	٠٨١٧ ر	١٧٨٨ ر	١٦٠٠ ر	١٤٥ ر	١٧٤٥ ر	٠٤٩٠٨ ر
١٩	٣١,٢٠	٠٧٩١ ر	١٧٤٨ ر	١٧٠٠ ر	١٤٢ ر	١٨٤٢ ر	٠٤٩٦٨ ر
٢٠	٣٢,٠٠	٠٧٨١ ر	١٧٠٩ ر	١٨٠٠ ر	١٤٠ ر	١٩٤٠ ر	٠٥٠٢٤ ر
٢١	٣٢,٥٠	٠٧٦٩ ر	١٦٨٣ ر	١٩٠٠ ر	١٣٧ ر	٢٠٣٧ ر	٠٥١١١ ر

عدد التجارب	زمن ٢٥ دورة من المجلة	عدد الادوار في كل ثانية	الارتفاع الذي يرتفع اليه الثقل في كل ثانية	الانفعال المرفوعة ومن جملتها مثل الكبس	الثقل الذي يعمل توازن انقارمات	الثقل الكلي الذي ترفعه المجلة	كمية العمل التي تفرد بها المجلة
كيس	كيس	ادوار	مليتر	كيلوغرام	كيلوغرام	كيلوغرام	كيلوغرام
٢٢	٢٣,٥٠	٠,٧٤٦٣	٠,١٦٢٣	٣,٠٠٠	٠,١٢٤	٣,١٢٤	٠,٥٥١٨
٢٣	٢٤,٣٠	٠,٧٢٨٩	٠,١٥٩٥	٣,١٠٠	٠,١٣١	٣,٢٣١	٠,٥١٥٣
٢٤	٢٥,٠٠	٠,٧١٤٣	٠,١٥٦٣	٣,٢٠٠	٠,١٢٨	٣,٢٢٨	٠,٥٢٠٢
٢٥	٢٥,٥٠	٠,٧٠٤٢	٠,١٥٤١	٣,٣٠٠	٠,١٢٦	٣,٤٢٦	٠,٥٢٧٩
٢٦	٢٦,٥٠	٠,٦٨٤٩	٠,١٤٩٩	٣,٤٠٠	٠,١٢٣	٣,٥٢٣	٠,٥٢٨١
٢٧	٢٧,٥٠	٠,٦٦٦٧	٠,١٤٥٩	٣,٥٠٠	٠,١٢٠	٣,٦٢٠	٠,٥٢٨٢
٢٨	٢٨,٥٠	٠,٦٤٩٤	٠,١٤٢١	٣,٦٠٠	٠,١١٥	٣,٧١٥	٠,٥٢٧٩
٢٩	٢٩,٥٠	٠,٦٣٢٩	٠,١٣٨٥	٣,٧٠٠	٠,١١٠	٣,٨١٠	٠,٥٢٧٧
٣٠	٣١,٠٠	٠,٦٠٩٧	٠,١٣٣٤	٣,٨٠٠	٠,١٠٨	٣,٩٠٨	٠,٥٢١٣
٣١	٣٢,٥٠	٠,٥٨٨٢	٠,١٢٨٧	٣,٩٠٠	٠,١٠٦	٤,٠٠٦	٠,٥١٥٦
٣٢	٣٤,٠٠	٠,٥٦٨٢	٠,١٢٤٣	٤,٠٠٠	٠,١٠٣	٤,١٠٣	٠,٥١٠٠
٣٣	٣٥,٥٠	٠,٥٤٩٥	٠,١٢٠٢	٤,١٠٢	٠,١٠٠	٤,٢٠٢	٠,٥٠٥١
٣٤	٥٢,٧٥	٠,٤٧٢٩	٠,١٠٣٧	٤,٤١٧	٠,٠٨٨	٤,٥٠٥	٠,٤٦٧٢
٣٥	٩٦,٧٥	٠,٢٥٨٢	٠,٠٥٦٥	٥,١١٩	٠,٠٦٨	٥,١٨٧	٠,٢٩٣١

وقال مسيو بونسوليه ان السرعة وكميات العمل المتحصلتين من الطارة
يتبعان سيراً منتظماً ولو بلغت تقويمات الاعداد الخاتمة الرابعة من الاعداد
الاعشارية

وثبت عند المؤلف ان القوانين المتحصلة من التجربة تقرب من القوانين المتحصلة
من العمل حيث ان النسبة المقروضة بالعملية المتقدمة هي نسبة

ع = ٢٠٣ و ٨٩٤ (ق - ف) كيلوغرامات

وهذه النسبة توافق التجارب المتقدمة بالكلية الى مرة ٣١ التي تبدأ فيها
الاختلافات بالزيادة وتصير فيها اذاً هرة شيئاً فشيئاً فلذا كانت التجربة
في الاحوال الاول الثلاثين موافقة بالكلية للعملية النظرية وينبغي للانسان
ان يلاحظ أن المساواة التي ذكرت بالمطار للاستتمات الاربعه والخمسة الاخيرة
تكون مرتبة فيما اذا كان للطاقت ارتفاع كافي بحيث يمنع الماء عن الخروج
من قواعده ويظل هذا الغرض من ابتداء تجربة ٣١ واعظم قوة نافعة
تحدثها الطارة تكون موافقة لتجربة ٢٧ التي يكون فيها عدد الادوار
في كل ثانية ٦٦٦٧ ر ٠ اعني تكون ثلثاً لدورة في كل ثانية واما العملية
النظرية فينشأ عنها فقط ٦١ ر ٠ وعرف مسيو بونسوليه بطريقة
عجيبة سهلة ان نسبة السرعة المتوسطة للماء بالمسافة التي يقطعها محيط الطارة
يعبر عنها بعدد ٥٢ ر ٠ بخلاف النظرية فانها تبين فقط بعدد ٥ ر ٠ وهذا
الاختلاف الصغير الذي هو كناية عن اثنين من مائة يعد منحصراً
في حدود تخمينية بمقتضى الطريقة التي تبناها هذا المهندس حتى وصل الى
تحديد عدد ٥٢ ر ٠

ثم بحث بعد ذلك عن مقابلة نسبة كمية العمل التي تحدثها الطارة للنهاية الكبرى
وبين كمية العمل المنصرفة بالماء المحرك فوجد بواسطة التقويمات التي لا يمكن
لنا الآن ذكرها على التفصيل هذه النسبة هي عين ٧٤١ ر ٠ وقال ان
هذه النسبة تكاد ان تساوى مرة $\frac{1}{2}$ النسبة التي وجدها اسمياتون
في الطارات المعتادة وليست بعيدة عن الطارات الادروليكية المشهورة واذا

طبقا لعملية النظرية على بحث هذه النسبة فيتحصل معنا عدد ٧٤٠ ر
وقال المؤلف ان هذه درجة تقريبية لا يلزم للانسان ان يعدها من تجارب
الطارات التي نحن بصدد ها

والغرض المهم من شغل مسيو بونسوايه الاخير هو تعريف قوانين سيلان
الماء في الجاهز الذي استعمله في التجارب المتقدمة فابتدأ أولا بملاحظة
احوال سيلان الماء في جزء المجرى الذي استعمله لذلك وقاس سرعة
هذا الماء ولاجل ان يحدد الشكل الذي يتبعه السطح الاعلام السائل
في المجرى وضع قطعة من الخشب وسعا عموديا على اتجاه المجرى الذي شقه
بالابر المنتصبة الرضوعة على بعد واحد ومصطفة في سطح احد عمودي على
اتجاه التيار واذا انزلنا هذه الابرتارة وتارة بالتناوب بحيث يسمح الطرف الاسفل
من كل واحدة منها لسيل السائل فيتحصل معنا جملة انتظامات متوازية رقد
يمل الخط السائل المستمر الذي شق كل طرف من اطراف تلك الابر على المحيط
المستعرض بماء المجرى وبناء على ذلك يتحصل معنا قطع الماء الجاري في المجرى
فاز اقسما مصرف التيار بقطع الماء المحدد بالطريقة المتقدمة فيحصل معنا
سرعة السائل المتوسطة ولاجل فجاح هذه الملاحظات يلزم ان يكون سيلان
الماء منتظما بالكلية وذلك يتم اذا كان ارتفاع الماء منتظما بالكلية في الخوض
ولم يكن هناك مانع يضر بحركة السائل عند خروجه من السد وقدومه
للمجرى

ولاجل سهولة الحركة الخفية التي يجب اعطاؤها لابر لكي توصاها الى النقطة
المحددة التي تناسبها ينبغي لنا ان نرتب انغماسها مع قطعة من السلك الموضوع
على كل ابرة منه في الجزء الذي يشق قطعة الخشب المستعرضة وعند اخذ جميع
الاحتراسات الممكنة ومعرفة ارتفاع الماء فوق عتبة السد بالعمليتين
المصرف الحقيقي بانترات لكي نقابله بمصرف الماء على مقتضى العملية
النظرية وذلك نعرف نسبة هذين المصرفين وسرعة الماء عند خروجه من السد
على حسب العملية ونعرف ايضا نسبة السرعات الحقيقية على المقطع المتبض

للسرعات العملية النظرية وكذلك نسبة السرعات الحقيقية للطارة وللمقطع المنقبض ونسبة السرعات للطارة وللسرعات العمليات النظرية ايضا

ثم ذكر مسيو بونسوليه اعتمادا على تجاربه تنبيهات وحسابات لا يمكن لنا ذكرها مفصلة في هذا المختصر والقصد من الجزء الرابع الاخير من شغل هذا المهندس البحث عن معرفة كمية العمل المتحصلة من الطارات ذات الطاقات المخنية وبعد ان حدد السرعات الحقيقية وتصريفات الماء كما ذكر في الاحوال المتنوعة من تجاربه بحث عن النسبة التي توجد بين السرعات الحقيقية للماء على اجنحة الطارة وبين السرعات اللازمة لارتفاع الماء فوق مركز المنفذ بمقتضى العمليات النظرية فعمل جدول لا يشتمل على كميات العمل وعلى سرعات الماء وسرعة الطارة في النهاية الكبرى وقد تختلف النسبة التي توجد بين كمية نتيجة الطارة وكمية تنجيب الماء على العموم في عدد قليل مثل ٥ ر ٠ وهو الذي عينته العملية النظرية وبالنظر للنهاية الكبرى لم تكن النسبة التي توجد بين كمية عمل الطارة وبين كمية عمل الماء اقل من ٦ ر ٠ بل وفي بعض الاحوال يزيد على ٧٥ ر ٠ مع أن هذه النسبة لم تكن سوى ٣٠ ر ٠ مقدارا متوسطا في الطارات على حسب تقويم اعماليون وهذا ما ثبت فائدة المواضع الجديدة

وبينما كان مسيو بونسوليه ينشر رسالته في الاخبار اليومية التي تتعلق بجمعية الترغيب كان مسيو روبر رئيس الختادين في مدينة فولك وهي احدى محلات موزيل يبني طارة ادروا لى كمية مائية على حسب هذا المؤلف وكانت النتائج الكبرى التي تحدثها العملية تقرب كثيرا من النتائج الناشئة عن الاورنيك الذي كان يستعمله مسيو بونسوليه في تجاربه وفي الحقيقة تجد ان نسبة كمية العمل التي يحدثها الماء المحرك بالنظر للنهاية الكبرى كانت تساوى ٧٣ ر ٠ مع ان مسيو بونسوليه وجد هذه النسبة بطارته التي استعملها ٧٥ ر ٠ وينبغي لنا ان نلاحظ انه كان لطارة

طاحونة فولت سرعة تساوى 17 من سرعة الماء وبالمجمل فكانت
 هذه السرعة حيرة تفوق شيئاً يسيراً على النهاية الكبرى
 راذ قومنا شعل ما ي رجل بشعل الطارات التمتية أو البتية التي توجد
 في راس القطار وحصل هذا الشعل ولو كان يسوق بحسب الطر لث القوة
 المحركة المصروفة في باسبات والمرايين التي ذكرناها ان تكملات
 مسيو بونسوليه تحدث لنا دراسة مع عدد السواق زيادة في الشعل
 الحقيقي تساوى 200000 10 اعنى ان هذه ارياسة تساوى شعل
 500000 رجل حقيقية وهذه هي ارياسة ماشئة عن تصليح عمارة
 لطارات الادروليكية ومن المهم مقابلة نتيجة تلك الطارات نتيجة الحدس
 الادروليكي (اي الآلة المائية) وهذا ما يسمى لنا عمل بواسطة الجدول
 الذي ذكره الشهير هيلوان الذي تقدم ذكره في الدرس الثامن
 وقد حسب هيلوان المذكور النسبة التي توجد بين النتيجة التي يحدها
 الجدول الادروليكي وبين كمية القوة المحركة المصروفة حيث درس ان ربع الماء
 قوة الجارى $\frac{1}{4}$ وبالتالى $\frac{1}{4}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{2}{4}$ $\frac{1}{4}$ مرة قدر
 الدرس العامودى الذى يقيس قوة الماء المستعمل في تحريك الجدول وهالك
 نتيجة مباحثه

وكان يحصل لنا في الحماة التي يلزم رفع المياه فيها الى ارتفاع اكبر من ارتفاع سقوطه نتيجة مفيدة جدا وذلك اذا كنا نستعمل عدة من انواع الجدى كل واحد منها يرفع الماء قليلا وينزل ماء الجدى الاول المنصب في الحوض الاول بالخصوص لكي يرتفع بواسطة جدى ثاني وهذا الجدى يستعمل قليلا كذلك لاستلاء حوض آخر بحركلة ستووط مائة جديا ثانيا واهم جزا وقد قابل مسيو هيتلرمان النتائج النافعة التي يحدثها النوعان الاصليان من الطارات الادروليكية بالنتائج النافعة التي يحدثها الجدى باختلاف انواعه فنسبت له النتائج الاتية وهي

اذا كانت رفع الماء يساوي اربع مرات ارتفاع سقوطه فيرفع الجدى جرأسابعا من الماء اكثر من الطولمبات المتزكة بالامارة ذات القواديس وتكون نتيجة هذه العجلة والجدى على اختلاف انواعه واحدة اذا كان رفع الماء مساربا ست مرات ارتفاع سقوطه وبالعجلة متى لزم رفع الماء اكثر من ست مرات ارتفاع سقوطه فيكون استعمال الجدى اقل فائدة من استعمال الطارة ذات القواديس

واذا قابلنا الجدى بطارات مسيو بوانسوايه ذات الطاقات تدور بالتيبة واحدة متى كان رفع الماء مساويا لربع مرات ارتفاع سقوط الماء المحرك ويكون استعمال الجدى كثير النفع والعائدة متى كانت النسبة اكثر من اربع مرات ويكون استعماله قليل الفائدة اذا كانت هذه النسبة اقل من ذلك

بقي علينا أن نتكلم الآن على طريقة أخرى تستعمل في نقل قوة الماء وهي طريقة استعمال الآلات ذات العامود وتستعمل هذه الآلة لتحريك الطولمبات مع قوة مفروضة بنوع سقوط من الماء عظيم الارتفاع فاذا ملأنا بالماء قصبه عاسودية يساوي ارتفاعها هذا السقوط فيحصل لقاءاتها انصفاط مناسب لعامود الماء المحتوية هي عليه ويمكن استعمال هذا الضغط لتدوير الطولمبات

وقد عرف مسيو دونيزار ومسيو دونيل في سنة ١٧٣١ من الميلاد آلة

عظيمة اخترعها على مقتضى هذه القواعد واستعمل لذلك قضبتين عاموديتين
احدهما عموديهما الماء يضغط مكباس الطولمية من أسفل والاخر من اعلا
على التوالي وكان مكباس الطولمية يصعد وينزل بتأثير هذه الانضغاطات
وكانت قوة عمود الماء المحركة تستغل في هذه الآلة مطلقا كما كانت
وقوة البخار تستغل في الآلات المسماة بالتسيجة المزدوجة

قد صنعوا ايضا من هذا الجنس آلاتها عمود من الماء ذات تسيجة واحدة
كالا لة التي صنعها مسيو هول في شومينير سنة ١٧٥١ ولا يوجد
في هذه الآلة سوى عامود واحد من الماء ارتفاعه ٩٠ مترا وقد يوصل
هذا الماء بواسطة مجرى افقي الى قاعدة جسم طولمية ويتعلق قضيب المكباس
باحد ذراعي الرافعة ويتعلق ذراعها الاخر بقضيب الطولمية المعدة للتفريغ
ويوجد حنفيتان احدهما ١ يوصل عند فتحها عامود الماء بجسم الطولمية
الاول وثانيهما حنفية ٢ تفتح لتفريغ الماء الداخلة في الاسطوانة (اولا) اذا
كانت حنفية ٢ مغلقة وحنفية ١ مفتوحة فعمود الماء يدخل في الجسم
الاول من الطولمية ويرفع مكباسها وهذا ما ينزل مكباس طولمية التفريغ
اما بقوة الرافعة او بقوة الرقاص (ثانيا) متى تمت الحركة الاولى غلقت حنفية ١
وفتحت حنفية ٢ فينقطع عمود الماء حينئذ عن الضغط في الجسم الاول
من الطولمية ويسيل الماء الداخل في هذا الجسم وينزل المكباس المستتر
في هذا الجسم بعظيم ثقله بان يرفع مكباس طولمية التفريغ الى اعلا
ولنتأسف غاية الأسف على كون الزمن لا يساعدنا في ان نذكر تفصيلا
الرسالة النفيسة التي ذكرها مسيو بونوات وهو تلميذ قديم من مدرسة
المهندس حنالة في شأن العجلات الفوقية والعجلات ذات القواديس المنحنية
راجع من توارىخ الصناعة عمرة ٧٣

الدرس العاشر

في الكلام على توازن السوائل السيالة وعلى الطولميات

وانستكام الآن على توازن الغازات اى السوائل السائلة فنقول سميت بذلك لان لها على العموم صورة كصورة الهواء المعتاد وخواصه الميكانيكية التي تتركب منها الكرة الهوائية

فاذا ادخلنا الهواء في عمق اناء ممتلئ بالماء وجدنا ان هذا الهواء يخرج من الاناء على صورة الفقاع الصغيرة او الكبيرة ويصعد جهة سطح السائل الاعلا بسرعة كبيرة جدا ويرى كذلك اننا اذا غلينا الماء فنخرج فقاعا يخرج من الماء من العمق وتصعد على السطح وتقع بالغلي

راستنج القدماء بملاحظة هذه الحوادث وملاحظة حوادث أخرى ايضا حاصلة في حركة الطلوسات انه ليس للهواء والبخارات اى الغازات ثقل بالكلية وفضلا عن كونها تميل الى مركز الارض تبعد عنه بقوة مخصوصة بها وهذا خطأ كبير كاف في التمسك بفرع مهم من العلوم الطبيعية في مبدئه الامر

وسنبين هذه الخاصية التي توجد في السوائل السائلة في كونها ترتفع فوق السوائل المعتادة وينبغي الآن ان نبين من هذه الخاصية طريقة عظيمة لتحديد الاتجاهات الافقية مع غاية الضبط والدقيق

فاذا تخيلنا اسطوانة مثل a لوحة o شكل a متعادلة تعادلا كاملا وممتلئة بالماء وتحتوى على فقاعة $د$ من الهواء وفرضنا انها مغلوقة من الطرفين فاتنا اذا رفعنا طرف a اكثر من طرف $ا$ فان فقاعة $د$ لكي ترتفع على قدر الامكان تجري جهة $د$ نحو طرف a وبالعكس اذا رفعنا طرف $ا$ اكثر من طرف a وفقاعة $د$ تجري الى $د$ في أعلا نقطة جهة طرف $ا$ وبالجمله لا تستقر الفقاعة وتثبت في وسط اسطوانة a الا اذا كانت هذه الاسطوانة افقية بالكلية فعلى ذلك يمكن انما التحديد هكذا * اولا اذا كان اتجاه a المفروض افقيا * ثانيا اذا لم يكن هذا الاتجاه افقيا فن ذلك نعرف الجهة التي يلزم ارتفاع الانبوبة منها وتصيرها كالمطلوب وهذه مثل الميزان الذي له فقاعة من الهواء وهو مستعمل في العمليات الدقيقة

المتعلقة بالعلوم الفلكية وبالفنون المخصوصة بالأشغال العامة
وقد عرف كل من پاسكال وجاليليه الهواء ~~ك~~ كروى بأنه جسم ثقيل
كأجسام الصلبة والسوائل ولأجل إجراء هذه العملية نزن أولاً الماء من الزجاج
ممتلئاً بالهواء في حالته الطبيعية ثم ندخل بعد ذلك هواء جديداً بالقوة
في هذا الماء فبعد هذه العملية يصير الماء ثقيلاً جداً وهذا النقل العظيم
في الحقيقة إنما هو ثقل الهواء الجديد الداخل فيه بالقوة وإذا عملت هذه
التجربة في غاز ادروجيني (أي ماءى) أو في غاز الحمضى الكاربونيكى أو
في سائل سائل يظهر منه نتيجة مثل هذه ومن هنا يستنتج أن الهواء وجميع
الغازات أجسام ثقيلة

واستكشف هذه الحقيقة بغير وحده بالمشاهدة صورة جميع الحوادث التى
تظهر على سطح الأرض من التوازن وحركة الأجسام
وحيث كان الهواء ثقيلاً فكل نقطة من هذا السائل تكون مضغوطة بثقل
عمود الهواء الذى تحمله هذه النقطة فحينئذ لا يكون هذا الانضغاط من أعلا
الى أسفل نقط بل انه يكون بقوة واحدة في جميع الجهات الممكنة حول تلك
النقطة ويكون هذا الانضغاط حاصل على حياة الحيوانات والنباتات وقوتها
وعلى الطريقة التى تكون عليها المعادن والتأثير الدائمة المفيدة جداً التى
سنبين حقيقةتها

ثم انه لا يحصل للسوائل كالماء والنبذ والزيت والزيت متى كانت ساكنة
انضغاطات في كل نقطة مساوية لعمود السائل المحول بهذه النقطة بل انها تحمل
غير ذلك جميع ثقل عمود الهواء على سمع عمود السائل بشرط أن يحصل لجميع
نقط السائل الموضوع على التسوية العليا انضغاط الكرة الهوائية عوضاً
عن أن يحصل لها انضغاط مساوٍ لعمود

ومن السوائل ما لا تكون باقية على حالتها إلا بهذا الانضغاط الواقع على سطحها
من الكرة الهوائية حتى اذا ما منعناها هذا الانضغاط فانها تنقل سريعاً
من هذه الحالة الى حالة الغازات مثل الاثير

وقد ينشأ عن هذا الانضغاط الذي يجري به الهواء على جميع السوايل طريقة بسيطة لتحديد ثقل عمود أفقي من الهواء معلوم القاعدة ولاجراء ذلك نأخذ انبوبة من الزجاج مثل a - (شكل ٢) طولها اكثر من ٨ دسمترات وتكون هذه الانبوبة مغلقة في نقطة a ثم بعد امتلائها بالزئبق النقي نجعلها في الوضع المذكور في شكل ٢ فاذن نلاحظ ان الزئبق ينزل من ابتداء نقطة a وهذا ما يتسبب عنه الفراغ في هذا الجزء وبناء على ذلك بعد نزول الزئبق من الفرع الطويل يصعد في الفرع القصير ويتفرق في كرة b بحيث يبين الاختلاف الذي يؤخذ بين تسويتى a و b

فاذا فرضنا انهم يطولون فرع الانبوبة القصير مثل الكرة الارضية فان ذلك لا يغير حالة التوازن ولكن يحصل معنا وقتئذ سايلان متحصران في انبوبة واحدة منحنية واذا وصلنا خط c ح c الأفقي يلزم أن تكون الانضغاطات الواقعة من كل نقطة من هذين المقطعين متساوية من الجهتين فبناء على ذلك تحصل نقطة c ح c ثقل عمود سايل c ح c مختلف نقطة c ح c فانها تحصل ثقل عمود الهواء وبالمجسلة يكون ثقل عمود الهواء مساويا لثقل عمود السائل وتكون قاعدة العمودين واحدة

وذا اعتبرنا زئبق كالمواضع فمثلا لاحظ ان زئبق c ح c لم يكن من الارتفاع في الحملات لواطية جدا من سطح الارض سوى ٨١ سنتمترا ولكن يغير هذا الارتفاع وكذلك ثقل عمود الهواء في محل واحد على مقتضى التغيرات التي تحصل لحالة الكرة الهوائية

فلذا ينبغي لنا أن نلاحظ في جميع التجارب والاشغال التي يراد فيها حساب القوى المستعملة بالطبيعة في زمن اجراء الاشغال والتجارب ما هو ارتفاع عمود الزئبق الذي يبين الانضغاط الواقع من الهواء الجوى على الاجسام في محل العملية

والبارومتر هو الآلة النفيسة المستعملة في قياس الانضغاطات الواقعة من الهواء نكروى ويلزم أن تكون معرفة هذه الآلة واستعمالها عامانسان

الذين يمارسون جميع الفنون الميكانيكية بطريقة علمية ولم نطنب هنا في الكلام الاعلى القواعد التي يمكن استعمالها في عمل البارومترات وتحقيقتها وضبطها حيث انها مفصلة في مختصرات الطبيعة واذا استعملنا الماء عوضا عن الزئبق حيث كان الماء أخف منه $\frac{1}{13}$ مرة بالاقل فيلزم أن يكون عمود م $13 \times$ مرتفعاً أكثر من $\frac{1}{13}$ لكي يدل على هذا النقص بعينه فلذلك اذا ارتفع الزئبق الى ٧٦ دسيميتر من الارتفاع فالماء يرتفع الى ١٣ ر ٥ \times ٧٦ اي ٢١٠ ر ٣٣٦ بالتحقيق فبناء على ذلك يلزم لاجل استعمال البارومتر عمود الماء أن يكون اختلاف طول فسرعي الانبوية متجاوزا ١٠ امتار و لم نجئنا لتصوير هذه الآلة تسعة الحمل والعمل

وهناك ملاحظة ضرورية تتعلق باستعمال البارومتر وهي الاختلاف الذي يحصل لصحة الآلة من تغيرات الاعتدال (راجع الدرس الثاني عشر فان فيه الكلام على الحرارة)

واحد الاستعمالات العظيمة من استعمال البارومتر هو استعمالها في قياس ارتفاع الجبال ويلزم قبل توضيح هذه الآلة البحث عن ثقل الغازات في الارتفاعات الكبيرة قليلا أو الصغيرة

ومتى كان الهواء الجوى ساكناً فان كل جزء من أجزائه الصغيرة يحمل كما ذكرنا ضغطاً يستدل عليه بثقل العمود المنتصب المنسوب للغاز الذي قاعدته هذا الجزء الصغير ولكن للسوائل المرنة خاصية تنضغط بها بالنسبة للاثقال التي تحملها فبناء على ذلك اذا قسمنا جولة من السائل كالهواء بطبقات أفقية نرى ان جميع الاجزاء الصغيرة الموضوعة على ارتفاع واحد يلزم لكي تكون في حالة التوازن انها تحمل هذه الانضغاطات المتقدمة وبالجملة تكون مضغوطة على حد سواء فحينئذ تكون كثافة طبقات السائل الأفقية متحدة في جميع امتداد كل طبقة صغيرة أفقية لكنها تتغير الى عدة طبقات مختلفة وترداد شيئاً فشيئاً اذا قرب الانسان من الطبقات السفلى وتنقص اذا بعد عنها

وقد وجدنا ان الكثافة تنبع تقدمها هندسيا اذا تبعنا اعماق الطبقات تقدمها
حسابيا

وهذه الخاصية النفيسة التي توجد في السوايل المرنة تكفي في تحديد قانون
نقصان كثافات سائل مرن مطلقا بواسطة ملحوظ فقط وكذلك في ارتفاع عمود
السائل من ابتداء النقط التي تلاحظ منها

فعلى ذلك اذا عرفنا ثقل السائل بارتفاعات متنوعة فسخرج منه الارتفاع
الذي يخص كل ثقل جديد

رأى من جهة الهواء الكروى فان البارومتر تبين لنا ثقل عمود الهواء
الذي تحمله هذه الآلة

فحينئذ اذا صعد الانسان على خط منتصب بان يقيس الارتفاع الذي يصعده
ويلاحظ ارتفاعات البارومتر على كل نقطة فانه يعرف درجات تنقيص
كثافات الكرة الهوائية وبالجملة يمكنه حساب ارتفاع الكرة الكلى

وعند ما نتوصل على هذه المعرفة بسهل عايناه صناعة القياس الذي يحدد
في الارتفاعات الافقية المفروضة فوق النسوية المعلوم الارتفاع الذي يصعده
ليرى في البارومتر

ويكفي في قياس الابعاد المنتصبة المفروضة فوق أو تحت النسوية المأخوذة
قاعدة كوننا نلاحظ مع الاهتمام التام ارتفاع البارومتر على نهاية هذه
المسافة فهذه الطريقة يمكن لنا تحديد سمك المعادن وارتفاع الجبال مع الضبط
سواء كان بالنسبة لمساواة بعض السهول المأخوذة قاعدة محلية أو بالنسبة
لمساواة البحر المأخوذة قاعدة عامة

ونسب الى پاسكال اول استعمال ملاحظة البارومتر في السهول وعلى
الجبال لمعرفة اختلاف كثافة الهواء على اختلاف أنواع الارتفاع وهو انه
جعل بهر برية يستعمل هذه الملاحظة في جبل بيدودوم وبعد مئتي
مئة وخمسين سنة قاس مسيورا موند الطبيعى ارتفاع جبال بيدودوم
وجبال بيرنيه بالملاحظات البارومترية مع غاية الدقة

ولنقتصر الآن على هذه النتائج العظيمة المتعلقة بالعلوم الطبيعية التي ظهرت لنا
بطريقة الحساب وكان ثقل الهواء مجهولاً بالكلية من منذ ثلاثة قرون ولا يعرفه
أحد وأما الآن فقد صار معلوماً بل صار محدداً مع الأحكام التامة في جميع
تنوعاته الصغيرة على المحلات المهمة من الأرض ويبر لنا قياس هذا الثقل
تغيرات الاعتدال الكبيرة في زمن الصحو وفي المطر والعواصف وغالباً
في ارتفاعات الأرض وبهذا الثقل تعرف البحارة والسياحين تدارك
الفرطونات وسكونها وبذلك يحافظون على أنفسهم من الهلاك ويتداركون
الخطار بحيث يكونون في أمن منها وبالجملة فهذا الثقل يصير عند الميكانيكيين
والمهندسين قاعدة قياسها معلوم الطول كالتوازن والقدم والمتر التي يستعملونها
بدون عمليات في تحديد الارتفاعات المماثلة من المحلات المتفرقة من الأرض
بموانع صعبة جداً أو مسافات بعيدة فلذا كان انضمام حساب الهندسة
والميكانيكة يعطى لقرينة الإنسان معرفة أصول الطبيعة بالتدريج

ومتى لم الأمر اعمارة تلك الآلات في المحلات الواطية جداً كعمق بعض
المعادن أو في المحلات الكثيرة الارتفاع كمنجذ ذلك في وسط البرالكبر وكانت
السوايل المرنة تدخل كالعوامل في هذه الآلات فانتازت كأكبر خطأ عند
مقابلة هذه الآلات إذا لم نعتبر اختلاف كثافة الهواء الناشئ عن اختلاف
ارتفاعات المحلات المتنوعة

وبذلك نرى أن الانضغاط العادي الواقع من الكرة الهوائية يصير لتدنية بعض
الآلات آحاد القياس فيقال مثلاً إن الآلة افلائية تحدث ضغط ١ ر ٣ ر ٤
من الانضغاطات الهوائية بالطر إلى كور هذا الضغط يعادل عموداً من
الزئبق المساوي إلى ضعف أو ثلث أو ربع أو خمس العمود الذي يعادل ضغط
لكرة الهوائية

وإذا قومنا إلى عشرة أمتار ارتفاع عمود الماء المساوي لضغط الكرة الهوائية
المتوسط فيصير هذا الضغط كيلوغراماً بسنتيمتر من السطح المصعوط وبالجملة
إذا كان السطح قابلاً لضغط ٢ ر ٣ ر ٤ من الانضغاطات الهوائية فيحمل

كل سنتيمتر مربع من هذا السطح ٢ ٣ ر ٤ كيلوغرام من الضغط ونرى في الملاحظات البارومترية المعدة لقياس الارتفاعات مع الاحكام انه يلزم اعتبار تغيرات الترمومتر (اي ميزان الحرارة والبرودة) والى الآن لم نذكر سوى سايل سيال بمفرده وبقي علينا الكلام على سايلين سيالين يحتملان في الثقل الخاص فلاجل بيان ذلك نقول ان الثقل من هذين السائلين يوضع في الجزء الاسفل طبعا والاخف منهما يعلو فوقه ويكون افتراقهما معينا بطبقة أفقية في جميع نقطتها

ولناخذ ذلك مثلا اختلاط الهواء الجوى مع غاز الخض الكربونيكي فنقول ان غاز الخض الكربونيكي هو السائل السيلال الذي يتصاعد الى فواقع عديدة حتى سكبنا فيه عدة سوايع كالتبيد ذى الرغوة وكنبيذ الشنبانيا والبوظة وكبعض المياه المعدنية ويستخرج هذا الغاز ايضا من الطباشير ومن كثير من الجواهر المعدنية وهو أثقل من الهواء الجوى وبهذا السبب متى انفصل فيوضع دائما تحت الهواء الجوى

ويعرف هذا الغاز مع السهولة حيث انه يقتل الحيوانات التي تشمه ويطفى الشموع التي توضع فيه

ويوجد عدة معارات لمغارة الكلب المشهورة بقرب نابل تختوى على كمية من الغاز الكربونيكي فاذا وقف انسان مستقيما فيها فانه يرتفع فوق طبقة التسوية التي تفرق هذا الغاز من الهواء المعتاد ويتنفس بدون ضرر بل واذا كان معه شمعة فانها توار كالعادة بدون مانع راكن اذا نزل الشمعة بحيث تدخل في الطبقات السقلى المملئة بالغاز الكربونيكي فانها تنطفى في الحال وكذلك اذا نزل هو بنفسه في هذه الطبقة فانه يغشى عليه في الحال ويحصل الاستكسيا ومثل هذا التأثير يحصل للحيوانات ذوات الاربع القصيرة القامة التي لا يمكنها التنفس فوق الطبقة السقلى من الخض الغاز الكربونيكي وهذا بعينه هو الذى يحصل حقيقة في مغارة الكلب المسماة بهذا الاسم نظرا لهذا التأثير

وبالجملة فان السوايل السيلية تكون مع بعضها كالموايع العادية مختلفة

في الثقل ويمكن تفريع هذه السوايل على مقتضى تلك القواعد وقد يعمل الكيماويون مثل هذه العمليات في كل وقت من الاوقات بواسطة الدن الاروينوماتيكي

ولتسكلم الآن على توازن الاجسام التي تعوم في السوايل السائلة فنقول ان شروط التوازن والثبات تكون هنا مثل شروط توازن الاجسام التي تعوم في السوايل العادية وثباتها أعني انه يلزم (اولا) ان ثقل الجسم العوام يساوي ثقل هذا الغاز الحال هو محله (ثانيا) ان مركز ثقل الاجسام العوامة ومركز ثقل الغاز المستعوض يكون على خط واحد منتصب وبالجملة يلزم لاجل الثبات أن يكون مركز ثقل الجسم العوام تحت هذه النقطة المشهورة المسماة بنقطة تحت المركز

والى الآن لم نعرف اى جسم من الاجسام الصلبة يكون أخف بنفسه من الهواء الكروى ولكن اذا حصرنا غازا آخر اخف من الهواء في ملف صلب فيسكون عن الجميع جسم أخف من الهواء العماوى وهذا ما يسمى بقبة الهواء

ومتى كانت القبة الهوائية أخف من الهواء الكروى على سطح الارض فانها ترتفع الى النقطة التي يكون فيها طبقة الهواء المستعوضة ثقل كقلها فحينئذ تسكن القبة متى كان مركز ثقلها متناسب الوضع ولنتظر كيف صارت شروط التوازن والثبات في صناعة القباب المعتادة فنقول

ان الطريقة في صناعة هذه القباب هي كوتنا نفخ ملفا من الحرير المصغ بأخف الغازات وهو الغاز الادروچينى (اى اصل الماء) وبهذه الكيفية نصنع كرة ا- شكل ٤ ونلفها في الخيط الذي يتعلق بأسفله القارب الذى تقعد فيه الناس الذين يريدون الصعود في القبة فبناء على ذلك اذا كان ثقل هذه القبة أقل من ثقل الهواء المستعوض فانها ترتفع وحيث كانت منتظمة بالنظر الى محور منتصب فانها تصعد صعودا عموديا وحيث كان ثقل لقارب والناس الذين يصعدون فيه عظيما بالنسبة لثقل الغاز الادروچينى

فيكون مركز ثقل نقبة قريبا من القارب في نقطة χ بخلاف ثقل الهواء المستعوض فانه يكون في نقطة μ قريبا من مركز كرة ab الذي هو θ ونعرف انه متى كان القارب مائلا يسيرا جهة الشمال مثلا فان خط θ العمودي شكل θ يبين لنا القوة التي تدفع القبة من أسفل الى أعلا وخط χ ف يبين لنا القوة التي تدفعها من أعلا الى أسفل وكل من هاتير القوتين يعيل الى اعتدال القبة وبذلك يحصل التثبيت فلذا كلما رتعت القبة الطيارة في الهواء كلما يحصل لها توازن من اليمين والاشمال على حسب ازياج أو حركة القبة فانها تستعد الى أخذ التوازن دائما

ومتى أراد الانسان الصعود في الجو خاف توازن القبة الهوائية فانه يرمى من قارب النقبة جراً من الصابورة الموضوعه فيه واذا أراد النزول فيخرج جراً من الغاز الذي في هذه القبة ومعرفة هذين التأثيرين سهلة وقد استعمل مـسيو جيايوسالك ومـسيو بيوت القبة الهوائية في قياس اعتدال الهواء وكثافته على ارتفاعات كبيرة جداً بواسطة الترمومتر والبارومتر

وقد استعملوا في ابتداء تعصب القرن سادس هذه القبة لتحديد حركات جيوش الاعداء ومواضعها بأن يلاحظوها من قارب النقبة بالآلات محكمة ويلتصون في جميع المحلات تذاكر صغيرة تشتمل على الاخبار اليومية لكي يبينوا جميع تلك المواضع والحركات

ولنتكلم الآن على الطلوسات فنقول ان هذه الطلوسات آلات تستعمل لرفع السوايل أو الغازات بقوة الجذب أو بقوة الدفع ~~وتستعمل~~ لم اولا على الطلوسات المستعملة في رفع السوايل ثم نبحث عن الطلوسات المستعملة في تحريك الغاز وكل طلومبة من هذه الطلوسات كتابية عن اسطوانة مقعرة تنزل بأسفلها في السوايل المراد رفعه والاسطوانة القصيرة المثلثة التي تسمى بالمكبس تتعلق مع الصبب في جره هذه الاسطوانة المسمى بجسم الطلومبة

ويمكن للقضيب المثبت في المكباس أن يرفعه وينزله مهما أراد وبالجملية يظهر لنا
المكباس فتحة تفتح وتغلق بحركة الغطاء المسمى باللواب الصغير الصمام
ومتى فتحت السدادة فان جزءا من الاسطوانة المنفصلين بالمكباس يتصلان
ببعضهما واذا غلقت فانهما يفترقان عن بعضهما بالكلية بالمكباس وهذه
التبیهات الاولية تكفي في بيان حركة الطلومبات على السوايل
وقد يؤثر النقل الجوى في الاجسام الموضوعة على سطح الارض ضغطا
مساويا تقريرا للنقل الذى تحمله هذه الاجسام اذا قطع عنها على حين غفلة
الهواء الجوى واستعوض بعمود من الماء قدر ارتفاعه عشرة أمتار وثلاث

١٠ ١/٣

واذا كان جسم الطلومبة غاطسا بفمه الاسفل في سائل من السوايل وفرضنا
ان المكباس بمس اولا سطح هذا السائل لاجل السهولة فما الذى يحصل اذا
رفعنا هذا المكباس بقوة واقعة على قضيبه
واذا سكن السائل فيسكون فراغ كامل بين المكباس وهذا السائل فلذلك
لا يمكن لاي ضغط في داخل الاسطوانة أن يجرى زيادة على جزء السائل ولكن
يكون الجزء الذى يوجد خارج الاسطوانة عرضة للانضغاطات الجوى على
مقتضى قوانين التوازن التى وضعناها سابقا وبناء على ذلك يلزم أن يرتفع
السائل في الاسطوانة بالتدريج شيئا فشيئا الى أن يكون فيها على ارتفاع
مساو لضغط الكرة الجوى واذا فرضنا ان الامر محتاج لرفع الماء
ولاحظنا بالبارومتر التى بها عمود من الماء ارتفاع هذا العمود وقت تحرير
الطلومبة التى نستعملها فان الماء الذى يرتفع في الاسطوانة لم يكن متوازيا
مع الانضغاط الجوى الا اذا ارتفع الى ارتفاع مساو لهذا العمود أعنى يساوى
تقريبا ١٠ أمتار واذا أردنا أن نرفع سائلا آخر أخف من الماء
كالزيت مثلا ينبغي لهذا السائل أن يكون متوازيا مع ضغط الكرة الظاهر
ان يكون اعلا منه ويصعد ارتفاع عموده الكلى في البارومتر الملاحظة في ذلك
الوقت

وإذا استعملنا الطولانية في رفع سائل احراق من الماء كالزئبق مثلا فإنه يرتفع قليلا في الاسطوانة ولم يبلغ عمود هذا السائل المعدني سوى ٧٦ سنتيمترا من الارتفاع وذلك اذا كنا على ارتفاع تسوية البحر باعتدال مثل اعتدال الثلج الذائب

وعلى مقتضى ذلك يظهر اننا اذا رفعنا المكاس الى أعلا فان السائل يتبع حركته الى حد معين ثم يعلق بالثقل الخاص للسائل ولكن مهما كان الارتفاع الذي يصعد به المكاس خلف هذا الحد فإنه لا يمكن للسائل أن يبلغ نهايته في الارتفاع بل انه يكتسب كذا وهذا هو الحد الذي يمكن تحصيله من حركة الطولانية التي لا تستعمل الا بالاجذاب ولهذه الطريقة تسمى بالطولانية الجاذبية

وقد عرفنا استعمال الطولانية الجاذبية من منذ عدة قرون من غير أن نعرف صحة نتائجها ومنافعها اركانوا يفرضون بالزعم ان الطبيعة تبغض الفراغ فلهذا كانت السوائل ترتفع في جسم الطولانية متى صعد المكاس فيها لكي تملأ هذا الفراغ ولكن كيف كانت الطبيعة تبغض الفراغ اذا كان ارتفاع هذا الفراغ في الطولمبات المائية قدر $\frac{1}{10}$ أمتاره كيف تزول هذه الكراهية اذا تجاوز $\frac{1}{10}$ أمتاره وكيف كانت الطبيعة ايضا لا تبغض الفراغ الا اذا لم يكن له اكثر من ٧٦ سنتيمترا من الارتفاع في الطولمبات الريقية وكيف تقطع هذه الكراهية اذا تجاوز ارتفاع ٧٦ سنتيمترا من الارتفاع فكل هذا يعتمد من صلات علم الطبيعة القديمة ومن حالة الجهل التي كان يوجد فيها هذا الجزء من الميكانيكة حتى انهم كانوا لا يعرفون وقتئذ للهواء الكروى ثقلا يجذبه مع القوة والشدة كما كان الثقل الخاص يجذب الاجسام الثقيلة كالحديد والرصاص وأما الآن فضلا عن كونهم يعرفون أن الهواء جسم ثقيل فقط صارت معرفة ثقل هذا الهواء مطمح نظر العامة في كل وقت وحين وكذلك صارت الناس الذين لم يكونوا كاملين في المعارف يعرفون الآلة التي تستعمل لقياس هذا الثقل ويزيدون عليها الآن عدة حوادث

تتعلق بتغيير الايام وتقلب الفصول

وقد استعملوا من ابتداء بعض السنين كثيرا من تلك الحوادث وأخذوا الضغط الذي يحدثه الهواء الكروي وحدة لقياس الانضغاطات الكبيرة الحاصلة في الآلات البخارية وحيث اننا ذكرنا ذلك فيما تقدم حسبنا هذه الانضغاطات وعبرنا عنها برقم ١ ر ٢ ر ٣ ر ٤ من الانضغاطات الجوية حتى ان الشغال الذي كان يدبر نار الآلة الكبيرة الضغط والشخص المنوط بتنظيفها وازالة أوساخها يعرف على اى درجة من الهواء الجوي يرتفع ضغط هذه الآلة مع انه قبل ذلك بثلاثة قرون كان أعظم الفلاسفة لا يعرف شيئا من ذلك فبتقدم العلوم انتقلت المعارف من الرتب العليا الى الرتب السفلى واتسعت دائرة المعارف عند جميع الملل وصارت وسائط الانسان تزداد مع ازدياد معارفه وصارت تنشر المعرفة الغزيرة منافع جديدة على الدوام وهالك بعض تفاصيل تخص الطولبات الجاذبة من أجزاء العملية مثلا عوضا عن كوننا لانستعمل (لوحة ٥ شكل ٦) الاسطوانة متعددة الغلظ في جميع جهاتها وجدنا من الوفرة تقيص قطرها جزء ١١ الاسفل الذي لا ينبغي للمكبس أن يتحرك فيه ويسمى هذا الجزء الضيق بقصبة الجذب وأما الجزء الاعلا الذي هو — العريض الذي يتحرك فيه المكبس فيسمى بجسم الطولبة الحقيقي

وقد تكون قصبة الجذب متسعة من أسفلها في نقطة هـ لكي يسهل على الماء الظاهر الدخول وقد اهتموا غاية الاهتمام في فتح هذا المدخل بلوح من حديد مثقوب عدة ثقوب لكي يمنع القاذورات أو الاجسام الصلبة التي تكون في ماء الخوض خوفا من أن تصعد في قصبة الجذب ونستسدق في ضده وقد تكون الاسطوانتان محزرتين بصمامي ث ث ومحزرتين بالبريمات أو بخزرق البريمات ويكونان مفترقتين بجسم قابل للضغط كالجلد لكي يستد مع الاحكام الخلاطات الصغيرة التي توجد بين الاجزاء الصلبة لموجودة في القبتين

وقد تكون سدادة ضمة محترقة في حاجر مستو على ارتساع اجتماع جسم الطولية مع قصبة الجذب ويكون مكباس ح ملفوفاً بقطع من الجلد بحيث ينطبق انطباقاً محكمهماً أمكن بقليل من الاحتكاك على جسم الطولية بخلاف ما إذا كان المكباس من خشب ققط ويستعملون في بعض الطوليات مكباس من نحاس

وقد تكون الفتحة داخل المكباس قليلة العرض بقدر ما يكون المكباس قليل الحجم وبناء على ذلك يكون قطر هذه الفتحة أصغر من قطر جسم الطولية لكن متى أرتفعت السدادة بمعنى أنها الارتفاع بقدر النصف فيكون اتساع الفتحة ضيقاً أيضاً لهذا كان عمود الماء الذي يشق المكباس أصغر من عمود جسم الطولية المائية

وبالجذب يمكن لنا أن نعطي لقصبة الجذب قطراً أصغر من قطر جسم الطولية من غير أن يـ يـ ون الماء المرفوع مجبوراً على تقدم سرعته عند مروره في المكباس

وإذا أردنا تحرير الآلة الآن فنقول أنه ينبغي لنا أولاً أن نفرض بأن المكباس يكون في نقطته الأولى وفي حالة السكون حينئذ تكون السدادات مغارقة بنفس ثقلها الخاص فمن أجل ذلك قد تصيب المكباس من أسفل إلى أعلاه كي ترفع هذا المكباس فعند ذلك يصعد الماء في قصبة الجذب إذا كانت هذه القصبة ممتلئة قبل اذن بالهواء و يصعد الماء بحيث يخرج الهواء على أن لا يشغل سوى مسافة واحدة لكي لا يحصل منه سوى انضغاط مساوٍ للانضغاط الذي كان يجربه سابقاً ويوازن الانضغاط الظاهر الحاصل من الكرة الهوائية ولننزل المكباس الآن فنقول بمجرد ما يخرج الهواء الموضوع تحت هذا المكباس في جسم الطولية في وسط المكباس الذي يرفع السدادة فإنه يحل من كمية من الهواء تساوي سيرة المكباس

وإذا رفعنا المكباس ونزلناه ثانية فالتأثير يرفع بالتوالي عمود الماء وتنقص كمية الهواء المنحصرة في قصبة الجذب وفي الجزء الأسفل من جسم الطولية وعند ما خرج

الهواء المحصور في هذه الاتساعات فيشق الماء المكباس الذي يرفع السدادات

وللطومية الجاذبة التي ذكرناها عيوب ينبغي بيانها اذ من المستحيل أن يكون اجتماع القصبات جميعا جذا بحيث لا يمكن للهواء الخارجى الدخول فيه وقت الجذب فاذا لم يكن جلد المكباس طريا بالكلية فانه لا يتحد مع جسم الطومية ويمنع الهواء الذي يمر من جزء جسم الطومية الاعلى الى جزءه الاسفل وقوع الجذب وحصوله ويزداد هذا الضرر اذا لم تتحرك الطومبات دائما وتنشف الجلود بتأثير الحرارة الكبيرة فعلى ذلك يجب علينا قبل استعمال الطومية ان نصب جلد من الماء على المكباس بحيث يدخل هذا الماء في جميع الجلود وينفخها

وفي وقت تحريك الطومية يصعد الماء المجدوب بسرعة ناشئة عن ضغط الهواء الكروى فعلى ذلك اذا تجاوزت سرعة المكباس سرعة السائل فيتكون فراغ بين السائل وهذا المكباس ويزداد هذا الفراغ في كل جذبة ويزداد في الآخر كثيرا حتى لا يمكن للمكباس عند نزوله الوصول الى عمود الماء فلهذا اذا اردنا نزح الماء مع سرعة كبيرة ينتهى الحال باثنا لا ننزح منه شيئا

وكلامنا الى الآن فيما اذا كان جسم الطومية وقصبة الجذب عموديين راما اذا كانا مائلين يلزم أن نحسب في حساب الانضغاطات وفي جذب الماء الارتفاعات العمودية غير ان مدة صعود الماء وتحرريك الطومية يزيدان كلما كانت قصبة الجذب وجسم الطومية مائلين زيادة

وقد توجب الحدود المنحصرة التي لا يمكن بدورها رفع المياه بواسطة الطومية الجاذبة استعمال الطومية الكاسية في كثير من الاحوال

وانتسكاهم الآن على الطومبات الكاسية فنقول ان في حركة الطومية الجاذبة التي تسلكها عليها يكون جسم الطومية ومكاسها بالضرورة فوق سطح الماء المراد رفعه واما في الطومية الكاسية البسيطة فيكون جسم الطومية والسدادات والمكباس تحت التسوية

واذا نزل المكبس من الماء في وسط فتحة هذا المكبس وسداده لكي يتساوى مع الماء الظاهر وإذا صعد غلقت هذه السدادة وانضغط الماء الذي فوقه في أعلا

وبالجملة فتأخر الطلومية الجاذبة والطلومية الكابسة تختلف عن بعضها إما الأولى فإنها لا ترفع الماء أكثر من عشرة أمتار 10 وإما الثانية فإنها ترفع الماء إلى جميع الارتفاعات على حسب الإرادة

وهذا الطريقة عمل الطلومية الكابسة البسيطة التي يكون في مبدئها فتحة فتقول لوحة 5 شكل 7 و 8

إن المكبس فيها يشابه مكبس الطلومية الجاذبة غير أن قصبته تكون من أسفل عوضاً عن أن تكون من أعلى وقد يكون هذا القصب مثبتاً على عارضة البرواز السفلى المتحركة بتضيق عمودي مثبت على عارضة العليا

ونبت على جسم طلومية ث قصبته ارتفاع ب المنقاسة بالذراع بحيث يكون قصب ث الأعلى على سمت محور جسم الطلومية وقد يتبع جسم الطلومية وقصبة الجذب بواسطة حروف البريمات والحوالب باطواق تفرقها فريدان من الجلد كما ذكرناه في وصف الطلوميات الجاذبة

ويلزم أن تكون سدادة م منبته في أعلا جسم الطلومية فوق المكبس لاحتكاكها في الطلومية الجاذبة

وحيث كانت هذه السدادة تغلق متى نزل المكبس فإن الماء المرفوع أكثر من هذه السدادة بواسطة الكبس لا يمكن نزوله ثانياً وإنما كل ضربة من المكبس تنفذ منه شيئاً فشيئاً والكمية المرفوعة مع كل ضربة من المكبس تساوى الخ المعبّر عنه بمقطع جسم الطلومية المساوي الارتفاع الذي يقطعه المكبس في كل مرة

وأكن الارتفاعات سواء كانت في وسط التحامات السدادات أو بين جسم الطلومية والمكبس فإنها تنقص هذه النتيجة نقصاً يئنا

وقد تكون المقاومات التي تحصل لحركة السائل قليلة كلما صعدت فتحات

السدادات بالنسبة لجسم الطلومية

ولنتكلم على الطلومية الكاسية البسيطة ذات المكباس الممتلئ
(لوحة ٥ شكل ٩)

نفرض ان في جسم طلومية Γ العمودي يتحرك مكباس Γ الممتلئ
المتحرك بقضيب عمودي ونفرض ايضا ان قصبة Γ المنحنية تكون
افقية في نقطة Γ في الجزء الذي ينفتح في جسم الطلومية وتكون
عمودية من اعلى

وقد تمنع سدادة Γ نزول الماء الذي يرتفع في قصبة Γ وتمنع سدادة
 Γ المثبتة في أسفل جسم الطلومية الماء المرفوع في هذا الجسم عن النزول
حتى نزل المكباس

وقد تكون السدادتان والمكباس تحت تسوية الماء المراد رفعه (اولا) اذا
ارتفع المكباس فالـماء يرفع بالنسبة للضغط الكروي الظاهري سدادة Γ
ويدخل في جسم الطلومية وكذلك في جزء Γ الافقي فيئذ سدادة Γ
المضغوطة بالماء المجموع في Γ وبثقل الهواء الكروي تغلق وتمنع الماء
المرتفع في Γ من النزول ثانيا (ثانيا) اذا نزل مكباس Γ فسدادة Γ
تغلق بتأثير الانضغاط الحاصل من الماء المرتفع في جسم الطلومية ومن
المكباس الكاس له بحيث ان الماء الذي لا يمكنه الخروج من سدادة Γ

المضغوطة بالمكباس يفتح سدادة Γ ويرتفع في انبوبة Γ
وقد تساوى كمية الماء المرتفع بكل ضربة من ضربات المكباس بقطع النظر عن
جميع الخسارات الناشئة عن ابراهذه الآلة تجم مقطع جسم الطلومية وهذا
المقطع يساوى الارتفاع الذي يقطعه المكباس في كل ضربة كما في الحالة
السابقة

وانتكلم الان على الطلومية الجاذبية الضاغطة (لوحة ٥ شكل ١٠)
فنقول اتنا اذا اخذنا هذه الآلة وركبناها فوق سطح الماء المراد رفعه واعتنينا
بذلك الجزء الاسفل من جسم الطلومية بقصبة تنزل تحت هذا السطح فيحصل

معنا الطلومية الجاذبة الكابسة

ومتى صنعنا الا بايب واجسام الطلومية من المعادن فائنا نعمل قصبة الجذب تارة من قطعة واحدة مفتوحة من أسفل وتارة من قطعتين يكون أسفلهما على شكل مخروط ناقص وتكون الالتحامات هنا كما في الاوصاف المتقدمة

وينبغي تنظيم حركة المكباس في الطلومات الجاذبة الكابسة بحيث لا يبد هذا المكباس عند نزوله مجرى قصبة الجذب بالكابية لانه اذا لم يكن هنالك هواء بين المكباس وسدادة من ربما صعد المكباس عند من هذه السدادة فوق ثقل الضغط الجوي فلهذا يلزم أن نذكر التنبيه والتوضيح النفيس المنسوب الى ماسيو بيليدور حيث قال ان الطلومية ربما وقمت دفعة واحدة من غير ان نعرف لذلك سببا ونحللها عدة مرات بدون ان نشك في كونها عيب مطلة ولان شك في كونها عديمة الحركة

وذلك أن الطلومية الجاذبة الكابسة لكي تكون كاملة يلزم ان لا تستدعي رفع المكباس قوة اكبر من القوة التي ينزل بها ويندر أن تكون الطلومات متعادلة فلهذا اذا مر لنا طلوميتين متشابهتين يتحركان بحركة واحدة على التوالي فان احد المكباسين يصعد والاخر ينزل ويحصل هذا الترتيب مع الفائدة في الطلومات البخارية

وقد تجنب طلومية بيليدور كاطلومية المتقدمة (لوحة ٥ شكل ١١) ضرر الفراغ الواقع بين المكباس وسدادة الارتفاع لما ان قصبة الارتفاع عوضا عن أن تكون موضوعة في أسفل جسم الطلومية كما في الطلومية الجاذبة الكابسة المعتادة تكون منضمة الى الجزء الاعلى من جسم الطلومية ويكون المكباس مثقوبا بحيث يحصرهما ما يمكن مرور الماء وهو في المعادن وفيه في الغالب لوليان بمشابك

وقد يكون جسم الطلومية مستورا بلو ح من حديد السبعة معادن في وسطه طوق من هذا المعدن وفي وسط هذا الطوق يمر قضيب

المكبّاس

وهذا القضيب يمرّ في وسط عدّة لفات من الجلد مغطاة بحلقة ومضغوطة باللوب

ثم ان منع الماء عن الخروج من ثقب القاعدة العليا من الاسطوانة التي يمرّ فيها قضيب المكبّاس يترتب عنه ضرر عظيم تنقص نتائج الطلومية وعندما تتحرك هذه الآلة يوجد فيها فائدة عظيمة وهي أن يكون مكبّاسها بين مائتين وبناء على ذلك لا يمكن للهواء الدخول في جسم الطلومية بهذا المكبّاس كما يحصل غالباً في الطلوميات الجاذبة الكابسة المعتادة

ولنتكلم الآن على الطلوميات الجاذبة الكابسة ذات المكبّاس المنعكس فتقول ان جسم الطلومية يكون مفتوحاً من أسفله ويتحرك فيها المكبّاس من اسفل وتؤدي الانبوبة الجانبية الماء للطلومية وتكون سداً الجذب موضوعة على الخارج الذي يضم جسم الطلومية الى الحوض وهذه الآلة اصعب من الآلة التي يكون فيها المكبّاس مستقيماً لما انها تحتاج الى بروز من الحديد المصقوع على قضيب المكبّاس لكي يحتركه ولا يسوغ لنا أن نرجح هذه الآلة على الآلات التي عرفناها انفاً

وفي جميع الطلوميات المتنوعة التي ذكرناها لا يمكن خروج الماء من اعلا الانبوبة الصاعدة الابحاثات مدة احدى حركات المكبّاس المتوالية مثلاً الطلوميات الجاذبة البسيطة يتفرغ ماؤها حتى يرتفع المكبّاس ويتقطع انصباب الماء بمجرد نزول هذا المكبّاس ومثل ذلك في الطلوميات الكابسة البسيطة والطلوميات الجاذبة الكابسة التي يتحرك مكبّاسها من أسفل الى أعلى وبمعكس ذلك في الطلوميات التي يتحرك فيها المكبّاس من اعلا الى أسفل فانها تحدث الانصباب متى نزل المكبّاس وتكون هذه التعاقبات مضرّة في كثير من الاحوال لما انها تطلب قوّة محرّكة غير متساوية تزداد عند خروج الماء اكثر من وقوفه

ولجبر هذا الخلل وجدت ثلاث وسائط متنوعة (الاولى) ان نضع

في الطلوميات

في الطلومبات آتية هوائية (الثانية) ان نصم جسم الطلومبة او اوا من ذلك الى القصبة الصاعدة (الثالثة) ان نحرك مكاسين في جسم الطلومبة ولتسكلم على كل واحدة من هذه الثلاثة على الترتيب الكلام على الطلومبات ذات الآتية الهوائية (لوحة ٥ شكل ١٢) فنقول حرف ث هو جسم الطلومبة وحرف ر هو الآتية الهوائية المعلقة على جسم الطلومبة بواسطة اللواب والبريمات وحرف ض هو السداة التي تغلق مجرى هذه الآتية في جسم الطلومبة وحرف ن هو قصبة الجذب التي تصب في جسم الطلومبة وحرفا ه ه هما قصبة الارتفاع ولكن من هاتين القصبتين اللتين هما قصبة الارتفاع وقصبة الجذب سداة تمنع الماء عن التأخر وحرف ح هو المكاس الكبير الذي يضغط الماء من أسفل الى اعلا بواسطة بر واز من الحديد ولموضع الآتية الكلام على حركة الطلومبة المذكورة فنقول انه بعد عدة ضربات من المكاس يملأ الماء قصبة الجذب وجسم الطلومبة فاذن كلما ارتفع المكاس رخل الماء في الآتية وضغط الهواء المنحصر فيها ويدخل جر من الماء الراخل في الآتية في قصبة الارتفاع وعندما ينزل المكاس فضغط الماء يقل سداة الآتية والهواء المنحصر فيه يرفع الماء في قصبة الارتفاع فينبذ فيصعد الماء في قصبة الارتفاع متى صعد المكاس اوزل ومتى ارتفع المكاس فانه يصعد الماء مرتين في زمن واحد في القصبة الصاعدة فعلى ذلك يلزم ان تكون لتحتة التي يدخل منها الماء في الآتية اكبر من التحتة التي يدخل منها الماء في القصبة الصاعدة

وتحتاج الصناعة في كثير من الاحوال الى حركة مستمرة في شغل الطلومبات فلما صار استعمال الطلومبات ذات الآتية الهوائية من الاسور المهمة وليس الغرض من الهواء في هذه الطلومبات ازدياد القوة المحركة بل الغرض منه تنظيم حركاتها فقط وبالجمل قد اخطأ من اعتقد صحة تساري ارتفاع الماء في الطلومبات ذات الآتية الهوائية حيث ان ارتفاع الماء يبلغ

في بعض الاوقات نهايته الكبرى كما يحصل في الاوقات التي يكون فيها هواء
الآنية مضغوطة جدا فبناء على ذلك يحتاج لقوة عظيمة في رفع الماء ثانيا
ولتسكلم الآن على تركيب جسم الطلومبات المنضمة الى قصبة ارتفاع
واحدة فنقول ان ترى في (شكل ١٣ لوحة ٥) جسمى الطلومبة
المكعبة المعبّر عنه بحرف **م** من المثبتين بحسب الآلة المعتادة
على قصبة **ت** المفلوطة المسماة بلغة العامة بالسراويل لمشايتها لهذا
النوع من الملابس وحرف **هـ** يعبر عنه بقصبة الارتفاع ويكون جسم
الطلومبة متواز بين بحيث يرتفع احد المكاسين اذا نزل الآخر وبالجملة
يوجد على الدوام ماء مضغوط جهة الاعلى ويخرج دائما من الجزء الاعلى
من قصبة الارتفاع

وفي بعض الاوقات عوضا عن ان يكون جسم الطلومبة بجذاء بعضهم ما يكون
احدهما فوق الآخر ويكونان مثبتين بقضبان على عارضتى برواز
من الحديد

ولتسكلم على طلومبة تروكيك (لوحة ٥ شكل ١٤) فنقول ان
حرف **ح** هو في هذه الآلة جسم الطلومبة الاصلى و **د** هو جسم الطلومبة
الثانى وقطره اصغر من الاول وتنضم قضبان **الم** ابداً المتحركة في جسمى
الطلومبة في نقطة **خ** بواسطة عوارض ويكون مكاس جسم الطلومبة
الاصغر ذالوالب والآخر ممتلى ومتى صعدت المكاس يرتفع الماء الاسفل
المتضاعف المجدوب ويضغط المكاس الاكبر الماء الذى مرفيه قبل اذ متى
نزات تلك المكاس يلزم أن يرتفع ماء جسم الطلومبة الاصغر في المكاس
الاكبر وبناء على ذلك يلزم أن يرتفع الماء في جميع الاحوال على الدوام

ويستعملون في جانب السفن الكبيرة الطلومبات المتضاعفة المكاس التي ذكر
تفصيلها في لوحة ٦ شكل ١ و ٢ و ٣ ا هـ د هـ ف و يدل
كل من شكل ١ و ٢ على ارتفاع جسم الطلومبة الذى يظهر من جهتين
على شكل الزاوية القائمة وتدل سداة **ض** (شكل ١) على ما يسمى

بالبسطة (أي قياس المواقع) التي يمكن رفعها وهي مثقوبة ومغطاة بسدادتين مستديرتين نصف استدارة وحرفا ح غ هما المكاسان ويمر قضيب المكاس الاسفل في وسط المكاس الاعلى في فتحة مستديرة تتعشق مع هذا القضيب وتحرك ملوى م م عود ا الذي يحمل زاوية عارضة ت التي على طرفها ويثبت طرف قضيب المكاسين بواسطة حلقة واذا اعطينا الى انلوى حركة الذهاب والاياب فيرتفع احد ذراعي العارضة متى نزل الاخر وبناء على ذلك ينزل احد المكاسين متى ارتفع الاخر وذلك كله في حركة الطلومية ذات المكاس المتضاعف

ويدل شكل ٣ على مقطع المكاسين بقياس كبير جدا واشكال ا و ب و ث و د تدل على بسطة ض المذكورة (في شكل ا) ويدل ا على المقطع الرأسى المصنوع بمحور البسطة و ب تدل على الرسامة الاقمية التي فوق البسطة و ث تدل على قطعة البسطة الحاملة للسدادات و د تدل على نفس هذه القطعة الموجود فيها الولبان واشكال ه و ف و ح تبين لنا تفصيل المماس ف ه هو الجزء المتوسط الذي يستعمل لحفظ الجدار و ف هو الجزء الاعلام المكاس الحامل للسدادتين و ح هو الجزء الاسفل من المكاس

وفي اسفل جسم الطلومية كما هو مذكور (في شكل ا و ب) تعلق قصبه الجذب وبجذرها يرتفع الماء فانه يخرج من فتحة و المستديرة شكل ا و ب ومن المعلوم ان هذه الطلومية وان كانت تقتضى الاهتمام التام في عملها الا انها تحدث نتائج عظيمة

وشكل ٦ لوحة ٦ يدل على الطلومية الجاذبة ذات المكاس الدوار مع محور افقي ينسب لبراماه وجسم الطلومية هو كناية عن اسطوانة مستديرة يكون محورها أفقيا وقاعدتا الاسطوانة تكون من الألواح المعدنية الداخلة في الاطراف على محيط الاسطوانة وبين مجموع قواعد الاسطوانات ونفس الاسطوانات يوجد دوائر من الجلد لمنع مزل الماء والهواء وقد يتكون

مكبس ح ح الدوار من الجناحين المثبتين على المحور فوق كل منهما سداة ويكون طاجز ض الافق معيناً لفصل الجزء الشمالى من الجزء اليمىنى فى الاسطوانة تحت المكبس وبناء على ذلك اذا رفعنا ونزلنا على التعاقب يمين المكبس وشماله اعنى اذا نزل يمين ح فان سداة هذه الجهة ترتفع وتغلق من الجهة المقابلة بضغط السائل الداخلى فى الجزء الاعلى وينتقل السائل الذى جهة ح فى جزء ث الاعلى وبعد ذلك اذا دوارنا المكبس بالعكس فسداة ح تفتح وسداة ح تغلق بعكس ما تقدم ويرتفع الماء المرفوع بقصبة رأسه

ويبين لما كل من شكل ٤ و ٥ استعمال الطلومية المتقدمة كاستعمال طلومية الحريق التى يتحرك فيها المكبس بملوى م م المتضاعفة التى يرفعها الانسان وينزلها مهما اراد وتكون الطلومية موضوعة على احد طرفى برميل الماء ويكون الطرف الاخر ممتلأ بالماء الذى تشتغل به الطلومية ونرى مخزناً من الهواء معبراً عنه بحرف ر موضوعاً فوق الاسطوانة يستعمل فى دوام حركة الطلومية ويكون البرميل المجهز بملفاته محمولا على عربة ذات اربع عجلات

وقد تصنع طريقة الاسعافات اللازمة للحريق فى بلاد انكلترة باهتمام مخصوص بمعنى ان لها اناساً منوطين بها ارباب امانة بحيث يكون معهم الطلومبات ولو ازمها محمولة على عربات ومجرورة بخيول معدة لذلك

ويوجد فى الانايب المستعملة لتوصيل المياه بمدينة لوندرة انايب صغيرة رأسه ترتفع الى سمت البلاط الذى تغلق فيه هذه الانايب بغطاء ذى لوأب يرفع على حسب الارادة ويوجد بريمة مثقوبة فى نهاية انبوبة الجلد الداخلة فى الخوض على رأس الانبوبة فى محل الغطاء وينزل الماء بكثرة بواسطة هذه الانبوبة الموضوعة وهذه أعظم طريقة تستعمل لجلب المياه اللازمة لاطفاء الحريق ويجتنبون فى بلاد انكلترة غالباً الشغل البطيء الصعب الذى يقتضى كثير من الناس وعادة يعمل هذا الشغل فى بلاد فرانس بواسطة الدلاء

التي تنقل من يد الى اخرى

وتتركب جميع الطلومبات المعتادة التي تستعملها الانكليز لاطفاء الحريق من جسمي طلومبة ومن حوض واحد وتكون هذه الثلاثة اسطوانية موضوعة على قاعدة افقية على شكل قائم الزوايا وتحرك آلة المولى الرافعة التي يحمل ذراعها قوس الدائرة مع سلاسل مزدوجة معققة في نقطتي قضيب المكابس لكي ترفع المكابس التي تتحرك في جسمي الطلومبة وتزلاها بالتعاقب

وقد يتر الماء اللازم الاتي من الانبوبة التي ذكرناها انفا في موصل في وسط لوح مستطيل يستعمل مسند الجسم الطلومبة ويفرغ في الجزء الاسفل من جسمي الطلومبة ومن هذا الجزء يضغط في الاسطوانة التي يتكون عنها الآلية الهوائية وقد تنتهي الانبوبة رأسية التي تصل الى الجزء الاسفل من الاسطوانة وتشق من اعلا غطاء على شكل الطيلسان الكروي من هذه الاسطوانة بذراع وتأخذ شكلا مخروطا ويمكن اتجاها هذا المخروط وتحويله على حسب الارادة وتسد بهذا الماء المضغوط بالطلومبة من فتحة في رأس هذا المخروط ويرتفع في جميع المحلات المختلفة التي نريد توصيل المياه اليها المعينة لاطفاء الحريق ومتى ضغط الماء المرفوع في جسمي الطلومبة وقت مروره في الحوض فانه يرتفع فوق الجزء الاسفل من انبوبة البخار ويضغط عند ارتفاعه الهواء الذي يوجد في الجزء الاعلا من الحوض ومتى كان هذا الهواء مضغوطا فانه يدفع بمرورته خرير ماء الطلومبة وبصيرته مستمرا وتكون الآلة التي ذكرناها انفا منقولة على عربانة مع صندوق أو حوض يكون ممتلا وقت الاحتياج بالماء فالدلاء التي تنقل من يد الى اخرى في اطراف المدينة التي يوجد فيها او بالقرب منها انابيب مثل الانابيب التي ذكرناها

ثم ان طلومبات الحريق التي توجد في بلاد الانكليز تستحق ان تكون ممتازة عن غيرها بتطبيق قوة الناس على حركة الآلة وسبب ذلك ان المحور الافقي يمر في وسط الرافعة التي توصل حركتها المتواليية بمكاسي جسم الطلومبة ولكي تحرك هذا العمود تعاقب فيه دائرة يكون ضلعها الطويلان موازيين للعمود

على هيئة مماسك ونضع رجلين او ثلاثة في كل جهة يحركون هذه المماسك وزيادة على ذلك نضع رافعتين صغيرتين في طرفي العمود ينتهي كل منهما بقوس الدائرة مثل الرافعة الاصلية المستعملة لتحريك مكابس جسم الطلومبة بالتعاقب ونضع على الجزء الاعلا من قوس الدائرة سلسلة صغيرة يعلق في طرفها كرسي انقي موازن للمماسك وتكون العساكر المنوطة باطفاء الحريق ما كنة في وسط المحور متكئين بارجلهم على الكرسي من جهة اليمين والشمال ويجعلون بالثبات اقرب ثقل جسمهم على احد الكراسي وهذا ما يزيد في تأثير الآلة وهذه الطريقة في استعمال قوة الانسان تطهر انهم من اعظم الطرق المشهورة ثم ان الآلة باسرها تكون مركبة على اربع عجلات قصيرة وتنقل من المخزن الى محل الحريق في عربانة فيها سطح ما يلب به ترتفع وتنزل لوازم الطلومبة وحصان واحد يكفي في جر هذه العربانة

والطلومبات الانكليزية مزاياء على الطلومبات الفرنسية المستعملة لاطفاء الحريق يجب التنبيه عليها وهوان عمل لشغالة لا يمتد في كونه يرفع بالتعاقب الآلة من جهة أو من جهة اخرى ولا يحتر كها بقوة شديدة ولا ما يضرب بحفظها وثقل الشغالة الراكبين على حصان فوق المحور يساعده على ثبات الآلة ويتقص الجهود التي تميل الآلة من جهة الى اخرى وانزده على ذلك ان السير الذي تبعه الماء المضغوط يكون مستقيما وبالجملة يحصل له في سرعته قليل من الخسارة

ولتسكلم على الطلومبة الهوائية اي الآلة الجذب الهوائية فنقول انها تتركب من اسطوانتين رأسييتين قطرهما واحد يتحرك بكاملهما باجذب ويكون قضيب كل واحد من هذين المكاسين مسنداد اخلا في قوس من الدائرة ومثبتا على طرف الرافعة المتحركة بالملوى وتكون نقطة مسنده في وسط المسافة التي تفرق الاسطوانتين ومن اسفل كل اسطوانة تخرج انبوبة التوصيل التي تصب في كفة افقية وتغطي هذه الكفة بقبة من زجاج تسمى بالآنية والدهن الذي يحيطون به اسفل القبة على الكفة يمنع المرور بين الهواء الداخلي والخارجي

واذا اشغلنا الطلومبات لجذب الهواء الموجود تحت الآنية فانتا تنقص شيئاً
فشيئاً كمية هذا الهواء وتفرغه وهذا ما يسمى عمل الفراغ مجازاً والبارومتر
الموضوعة تحت الآنية تبين لنا بارتفاع عمود الزيت الانضغاط الذي يحصل
من الهواء سواء كان قليل البسط او كثيره

(الدرس الحادى عشر)

وانتسكلم الان على قوة الريح وآلات تجديد الهواء والملاحة وعلى طواحين
الهواء فنقول

ان قوة الهواء يظهر تأثيرها على جميع نقط الكرة فى كل وقت حيث انه لا يسكن
فى أى محل الا لحظات قليلة وبقليل اضطراب من الجو اذا كان هنالك مانع
تحدث قوة يتولد عنها بعض حوادث طبيعية قليلة او كثيرة نارة تكون نافعة
لاشغال الصناعة ونارة تضر بها

وبالنظر لتأثير الريح العام فى الطبيعة نجد انها تحدث نتائج عظيمة وذلك انها
تنظف جميع المحلات من الابجرة الرديئة التى تجتمع فيها من العفونة وغيرها
وتجلب فيها هواء جديد انا فعا للذوات الروحية اللازم لها هذا الهواء لاجل
التنفس

وينتفع الانسان من تغير الجو دائماً حيث انه يجتدد بالآلات الهواء الفاسد
المجتمع فى عمق المراكب وبين قناطرها وقد يكون بعض هذه الآلات مصنوعة
من اسطوانة من قماش مفتوحة الجزء الاعلا فتعتمد عموديا وتوجه الفتحه
من الجهة التى يأتى منها الريح والذى يتقاد الهواء الجوى الى القوة التى
تطلبه فينزل فى الآلة وينتشر فى الخن وبين القناطر فيخرج منها الهواء الفاسد
بالانفاس بتساعد جولة من الاشياء القابلة للعضونة اى القابلة للتخمر وكما
كانت اخطار البحر لا تلجئ لسد فتحات السفينة كطاقات المدافع ونحوها
فيلزم فتحها والآلات المعدة لتجديد الهواء هى التى تتلقى الهواء الجديد من
جهة الريح وتخرج الهواء القديم الفاسد من الجهة المقابلة
ومن وقت ما عرفت طريقة تجديد الهواء فى المراكب والنظافة الدائمة

نقص عدد الامراض الناشئة عن الاسفار البحرية الطويلة تقصاينا حتى ان عدة امراض مثل الاسكربوط فقدت بالكلية من المراكب وتعمل ايضا آلات تجديد الهواء في حق المعادن وفي السجن وسكنى الناس في المحلات المقفولة على الدوام احد الاسباب للامراض المعدية مثل حيات السجن والטיפوس التي تنتشر فيما بعد بين العامة بطريقة مفرعة مهولة وفي الولايات التي تكون فيها قوانين صحة الانسان محترمة مراعى فيها الخواطر ولو في حق المذنبين خصوصا المتهمين الذين لم يثبت عليهم شئ فان لهم ان يستعملوا جميع الوسائط لتجديد الهواء في السجن على الدوام

ومن المهم ايضا تجديد هواء الاستشفيات بطريقة صناعية حيث ان الاحتراس لازم بالخصوص فيما اذا كانت بجهة من المرضى مجمعة في محل واحد ففي الجزء الاعلى من الشبائيك تصنع منافذ صغيرة تمكث مفتوحة مدة الليل لكي تخرج منها الغازات المضرة التي هي اخف من الهواء الجوى وكذلك تفتح في الالواح التي يوضع عليها الفرش فتحات صغيرة تخرج منها الغازات المضرة القاتلة التي هي اثقل من الهواء الجوى فبتأثير ثقلها الطبيعي تخرج من تلك المحلات وللفتحات التي تتركب من الاخشاب المتساوية الطول المائلة على حدسوى (المسماة بالملقف) فائدة عظيمة في تحليل قوة الهواء وتوجيهها جهة الجزء الاعلى من الاماكن وتجديد الهواء في المحلات التي تغلقها هذه الفتحات ومن المستحسن استعمال بجهة من الاشياء التي ذكرناها انفا لاجل تجديد هواء الجوى في محلات الملاعب وفي الجمعيات العامة والمحلات المعدة للمواسم والرقص ولسائر انواع الملاهي

وقد يتسبب عن كثرة الحريق في هذه المحلات فقد الهواء الجوى فلذلك يلزم استعمال جميع الوسائط لاستعواض هذا الهواء الفاسد بسبب الحريق وتنفس جميع المتفرجين ولهذا الاستعواض فائدتان الاولى انه يعطى لكل شخص الهواء الصافي النافع للتنفس والثانية انه يقص ارتفاع الحرارة في آن واحد التي تزيد كثرة الحريق والتنفس

ولم نترك هذا الغرض بدون ان نتكلم على آلة صغيرة لتجديد الهواء تعلق بعض الاوقات في وسط لوح مربع من زجاج وهي كناية عن دائرة ثابتة تدور في وسطها طارة تكون خطوطها مائلة مسطحة مثل اجنحة الطاحونة واياها كان اتجاه الرياح فانه يضعف قوتها في كل جناح من هذه الاجنحة المائلة ويدور الطارة بسرعة كبيرة على مقدار قوته ولا يمكن اجراء هذه الحركة بدون ان يمر الهواء في وسط الاجنحة ويدخل في المحل

واعظم الاستعمالات المهمة باتساعها وباعظم نتائجها في المحل هي استعمال قوة الهواء في الملاحة فاذا اعتبرنا ملة كاملة الانكليز التي تستعمل ١٦٠٠٠٠ رجل في ملاحتها التجارية و ٢٠٠٠٠٠ رجل في ملاحتها الجهادية الذي يكون مجموعهما ١٨٠٠٠٠٠ رجل بجارة من غير ان تدخل في ذلك عدد الصيادين والمسافرين الصغار الذين يجاورون البرور في السير فنرى ان كل واحد من ١٨٠٠٠٠٠ رجل يحدث بمساعدة الهواء ١٥٠٠٠ كيلو غرام مع انه لا يحدث بقوته سوى ٦٠ او ٧٠ كيلو غراما ولا يمكنه ان يجر على عربانة سوى ١٥٠ او ٢٠٠ كيلو غرام بالاكتر فاذا يكون فرق ٧٠ و ١٥٠ وفي الاكثر ٢٠٠ كيلو غرام الى ١٥٠٠٠ كيلو غرام هي القوة الزائدة على قوته بسبب الهواء ونجد ايضا ان قوة الهواء تصيف الى قوة ١٨٠٠٠٠٠ رجل بجارة القوة اللازمة لنقل ٠٠٠ ر ٦٦٤ ر ٢ كيلو غرام الى المسافة المتوسطة المتعلقة بالسياحات التي تقطعها السفينة في مدة سنة كاملة وهذه اعظم نتيجة من الباري (سبحانه وتعالى) على الملاحة في مملكة واحدة ولكن من سوء بخت فرنسا وية لم يكن للتجارة والملاحة في فرنسا تقدم كما في بريطانيا الكبرى فهذا لا يمكن اهم ان يستعيروا من الطبيعة مقدارا جسيما من القوة الطبيعية لاجل استعمالها في نقل المحصولات التجارية وهذا تاخر عظيم في الامول وسبب مضر بعامة الاهالي وقوة المملكة بالنسبة للمملكة الانكليز

وبعد ما بينت لكم فائدة تطبيق قوة الريح على الملاحه لو اردت ان ابين لكم استعمال هذه القوة في المراكب على اختلاف اشكالها تفصيلا على حسب تنوع القلوع والصواري لقلت انه يلزم لتوضيح ذلك مجلد كامل يحتوى على جميع تلك التطبيقات وانما اكتفيت بان اعرفكم ان الملاحه بواسطه قوة الريح المتحركة في اتجاه واحد يصلون بمعرفتهم الى التقدم وليس ذلك اتجاه الريح الطبيعي فقط بل انه يمكنهم التباعد على حسب معرفتهم عن هذا الاتجاه لكي يصنعوا معه زاوية صغيرة ثم زاوية حادة ثم زاوية قائمة ثم زاوية منفرجة وذلك لكي يصعدوا عن اصل الريح ويصنعوا مع اتجاه الريح زاوية اكبر من الزاوية القائمة ومتى صنعت السفينة مع اتجاه الريح الطبيعي الزاوية الكبرى وكذلك الزاوية الصغرى مع الاتجاه المخالف فيقال انها تسافر بقرب الريح اعني انها تقرب من اصل الريح ما يمكن

فبناء على ذلك اذا وضعنا سفينة في اتجاه واحد مثل الخط المستقيم الممتد من وسط مؤخرها الى وسط مقدمها وكان المتقدم في الاول فانها تتبع اتجاه الريح وتحول الشوارع عموديا على هذا الاتجاه واذا كانت تلك الشوارع منتظمة مثل السفينة بالنسبة الى السطح العمودي المار من وسط مؤخرها الى وسط مقدمها فلم يكن داع الى تحويل السفينة من اليمين اكثر من الشمال بالنسبة الى اتجاه الريح وبالجمله فانها تتبع نفس هذا الاتجاه وذلك هو السير المستقيم المسمى بالريح الخلفي

واذا فرضنا الان تدوير الدفة بواسطة الجرار الى جهة ما في الحال تدور السفينة في الجهة المخالفة وتأخذ طريقا مائلة تتعلق باتجاه الدفة وباتجاه الشوارع فلو كانت قوة الريح تشتغل في جميع الاحوال عموديا على قلع من القلوع لكانت تنقل في اتجاهها الخاص دفعتها الى الصاري والى السفينة ايضا واذا كانت قوة الريح تؤثر من جهة في ذلك القلع فانه يلزم تقسيمها الى قسمين احدهما في جهة القلع الذي لا يحدث شيأ بالكلية والاخر في الجهة العمودية التي تحدث للصاري وللسفينة قوة عظيمة

وفي الاتجاه القريب يكون المقدم اقرب من اصل الرياح من المؤخر وتكون القلوع مائلة اكثر من السفينة بالنظر الى اتجاه الرياح واذا طرق الرياح هذه القلوع فانها تنقسم الى قسمين كما ذكرناه انفا وتنقسم القوة المؤثرة المتحركة عموديا في القلوع الى قسمين آخرين أحدهما يكون عموديا على عرض السفينة ويدفعها عموديا على هذا العرض وهذه حركة تدل على صلابة عظيمة ولهذا السبب تكون ظاهرة قابلا والقسم الثاني يكون متجها بالتوازي على طول السفينة ويحصل له مقاومة ما كبيرة كانت أو صغيرة وبالجمله فانه يقدم السفينة في هذه الجهة اكثر من تأخيرها اياها في الجهة المعترضة ولهذا السبب تتقدم السفينة مع هذا التأخر الذي يسمى بالانحراف جهة اتجاه الرياح لكن هذا التقدم انما يكون بالميل فعلى ذلك اذا اراد الانسان الانتقال من محل الى اخر مع تتبع خط مستقيم مواز لاتجاه الرياح والصعود لنصب هذا الاتجاه فيجب عليه قطع خط مكسر في الجزء الاول بعيد بقدر الامكان عن الخط المرسوم على مقتضى اتجاه الرياح ومتى وصل الى ارتفاع وسط هذا الخط الاخير وغير طريقه لكي يأخذ اتجاهها آخر مخالفا لاتجاه الرياح لكن من جهة اخرى فان هذا الاتجاه الجديد يوصل بالضرورة الى الطرف الثاني من الخط الذي ارتحل منه فلهذا يكنه في البحر بواسطة خطين أو أربعة أو ستة وهلم جرا الانتقال من محل الى آخر بالسيرة متجاها للرياح

وايا كانت صورة القلوع فانها تكون على حد سواء في نقل قوة الرياح لتحريك السفينة فبناء على ذلك اذا كان القلع مثلثا ذا اسطح متساوية فان مركز ثقله يكون اعلى من مركز ثقل القلع المربع الذي تكون قاعدته واحدة وبالجمله فان هذا المركز في القلع المثلث يكون موضوعا على ثلث الارتفاع واما في القلع المربع فانه يكون موضوعا في وسط هذا الارتفاع وخلاف ذلك يكون خط استعمال قوة الرياح في القلوع المثلثة اكثر من استعمالها في القلوع المربعة وللقلوع الضيقة المستعملة بالخصوص في المراكب التي تسافر في البحر الابيض المتوسط منفعة عظيمة وهي كونها تبحث في العلو برأسها وتجلب نسيمات الرياح القليلة

التي تظهر في اعظم فصل من الفصول في فم الاودية العديدة التي تظهر للملاحين في الارض الجبلية من سواحل البحر الابيض المتوسط في اسبانيا و فرانس و ايطاليا و قرصقة و سردينيا و بلاد اليونان ولكن هذه القلوع اقل سهولة في الحركة و اقل موافقة لثبات السفن كما ذكرنا من القلوع المربعة فلهذا ترى ان مراكب البحر الابيض متى سافرت في بحر صعب مثل لوقيانو س تجرد عن قلوعها المثلثة وتستعوض القلوع المربعة

وعند استعمال السفن الكبيرة يلزم زيادة عدد القلوع فيها لئلا يكون كبرها غير مناسب لقوة الناس الذين يشتغلون فيها وليس هذا بالنسبة للاوقات الطيبة فقط بل في اثناء القرطونات المهولة جدا كذلك

وهذا هو السبب الاصلى الباعث على استعمال اثنين أو ثلاثة أو أربعة من الصواري العمودية بالتوالي بقطع النظر عن الصاري المائل الموضوع على مقدم المركب وهذا هو الباعث ايضا على قسمة كل واحد من هذه الصواري الى جزء أو ثلاثة أو أربعة مع الاستقلال لكل واحد منها بحمل قلعه مع الزوايد الخارجية التي توضع في اليمين او الشمال ويمكن قاعها واخراجها على حسب الادارة و بقطع النظر عن هذه القلوع توضع فيها قلوع آخرة فصلا على صورة المثلث او شبهه المنصرف بين الصواري العمودية وبين الصاري المائل الموضوع على المقدم الذي يسمى بصاري مقدم السفينة

وهذا من الفنون الصعبة المحتاجة لكثير من التجارب وامعان النظر مهما امكن وهو الذي يعرف به الانسان في كل وقت من الاوقات ما القلوع التي يصلح استعمالها لاتجاه ما من الريح و لسير السفينة في هذا الاتجاه وكذلك يعرف وضعها بالنسبة لاي اتجاه من الريح وما القلوع التي يلزم ابطالها على العكس من ذلك لاجل المداومة على الطريق المعلوم او لاجل تغييرها بشروط محددة ومعرفة هذا الفن مختصة بضباط المراكب الحربية والتجارية لانه يستدعي كثيرا من المعارف النظرية والعملية

وفي كثير من الآلات تستعمل المقاومة التي تحصل للأجسام عند تحركها في الهواء مثل المدبر الذي يمنع الآلة عن أخذ السرعة المضرة في سيرها وأعظم مثل يضرب هن هذه التطبيقات هو طيران عثة من آلات تدوير السياخ وهذا الطيران يكون سطحها المستوي المار بمحور الطائرة عمودياً على اتجاه حركة هذه الألواح وقت تحرك الطائرة ومتى كانت حركة هذه الطائرة بطيئة جداً فإن المقاومة التي تحصل لهذه الألواح من جهة الهواء لا تظهر الا قليلاً ثم تزداد بدرجات سريعة عند ازدياد سرعة الطائرة واذا عبرنا عن درجات السرعة بهذه الأعداد

اعني ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠ فان هذه الأعداد تدل على المقاومة الحاصلة من هذه الألواح بالنظر الى عدم حركة الهواء ويمكن ان نستنتج من هذه الآلات عدة تطبيقات وسنبينها تفصيلاً في قول

ان قلوب السفينة تحدث تأثيراً يشبه الطائر لكي يمنع اضطراب المركب وانقلابها ويكون هذا الانقلاب اعني الحركة التي تعمل على مقتضى محور افقي متجه من المؤخر الى المقدم كبيراً متى كانت تلك القلوب متجهة في سطح عمودي على هذا المحور أعني في سطح حركة الانقلاب فينبذ لا يحصل من هذه القلوب مقاومة لتلك الحركة دائماً انما اذا مالت القلوب ونشأ عنها سطح كبير بالنظر لا اتجاه حركة الانقلاب فانها تكون مطروحة بكمية كبيرة من الهواء وتقاوم شيئاً فشيئاً اذا حصل الانقلاب وبالجملة فان هذا الانقلاب يقل شيئاً فشيئاً وهذا ما يرى بالمحسوس اذا كانت القلوب محولة جهة المشرق بحيث ينشأ عنها سطح كبير في الجهة المنحدرة وتنضم على حين غفلة في الوقت الذي يرمون فيه الهلب ويقطعون السيرة وهذا هو الزمن الذي تؤذي فيه مضرات البحر الناشئة عن حركات السفينة وانقلابها الناس الذين ليسوا متعودين على هذه الحركات

واعظم استعمالات قوة الريح وأكثرها فائدة هو استعمالها في طواحين الهواء
وتستعمل قوة الريح أيضا في دفع الطارات ذات الاجنحة الكبيرة وتسمى هذه
الطارات بطواحين الهواء

ومن المعلوم ان مثل هذه الآلة الميكانيكية لاتصلح الا للاشغال التي لاتستلزم
المدائمة على درجة واحدة من القوة والسرعة والتي يمكن وقوفها عدة ايام
بلا ضرر متى كان الريح ساكنا ويختلف هذا الضرر مع وجود الوفرة الممكن
في استعمال الريح عن استعمال عمليات الورش والفبريقات الكبيرة كالقوة
المحركة في جميع العمليات

ولكن يمكن استعمالها في العمليات الغير الضرورية التي لم تكن محتاجة للعمل
مع الانتظام الدائم وهناك ضرر آخر في استعمال قوة الريح وهو عدم امكان
استعمالها في جميع الاماكن مثلا يلزم رضع الطاحونة على بعض التلوي
او في السهول المتسعة على قدر الضرورة او في الاودية العريضة المتسعة ايضا
ولا توضع تحت ارتفاع الغابات المرتفعة بحيث يمكن للريح الوصول الى اجنحتها
بلا مانع من أى اتجاه كان

وهناك الاستعمالات الاصلية التي يستعملون بها قوة الهواء تستعمل لطحن
الحبوب وعصر الزيت واستخراجها من بعض البزور وسحق قشر شجر البلوط
الذي يستعملونه للديغ ولنشر الاخشاب وبالجملة تستعمل لرفع المياه المعينة للسقي
او لنزع المياه التي تغرق اى ارض وتنشيفها بهذه الطريقة

واقول استعمال طواحين الهواء في بلاد المشرق ثم انتقل منها الى بلاد اوربا
في اوائل حرب الصليب

فالدسيتر المكعب من الهواء الخالص من الماء حال اعتدال حرارة الثلج
الذائب وضغطه يعود معلوم من الزئبق قدر ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا
يزن غراما واحدا $\frac{3}{11}$

وبالبحث عن قياس قوة الريح بالتجربة وجد ماريوت انه اذا كان مقدار

متر

السرعة ٨٩٨ ر ٣ في كل ثانية فانه ينشأ عنها قوة دافعة تساوي
 ١٧٩ غراما على سطح متحرك ارتفاعه ١٠٥٠ ر ١ ستمبرامبرا
 وقد عمل بوردا و بورس عدة تجارب في هذا الغرض ايضا فاطهرا
 باستنتاجهما ان قوة الهواء الدافعة تكون مناسبة لتربيع سرعة الهواء
 في زمن مفروض وبسمل معرفة ذلك حيث ان كل جزء من الهواء المقوى
 بسرعة كبيرة يتجدد عدة مرات بقدر كبر السرعة
 وقد تزداد المقاومات التي تحصل للهواء من السطوح المتنوعة في نسبة كبيرة
 كنسبة تلك السطوح فعلى مقتضى تجربة بوردا السطوح المربعة التي تكون
 اضلاعها ٤ و ٩ وسطوحها ١٦ و ٨١ تقاوم قوة الهواء
 في نسبة ١٦ الى ٩٤ وهذه النتيجة الاخيرة تبين لنا ان لم يكن
 هناك مانع ان السياحة تكون اوفق مع القلوع المتسعة القليلة العدد من
 القلوع الصغيرة الكثيرة العدد الدالة على هذا السطح
 ومتى تحرك الهواء على السطوح بالا انحراف فتقسم قوته كما ذكرنا ولا يعد
 منها سوى الجزء المستقيم عموديا على سطح القلع وقد ينشأ عن متوازي اضلاع
 القوى نتيجة صحيحة جدا اذا قابلنا قوة الهواء العمودية بالقوى الناشئة عن
 اتجاه الرياح التي تصنع مع سطح القلع زاوية منحصرة بين ٣٠ و ٤٥
 درجة كما بينه بوردا بطريقة العملية وقد تظهر لنا التجربة ان قوة الهواء
 تكون كبيرة اذا كانت تتحرك على سطح مستو اكثر مما اذا كانت متحركة على
 سطح يكون تحديده مخالفا لاتجاه الرياح
 ويوجد من طواحين الهواء نوعان تنصب في احدهما السطحة مستوية على
 محيط طارة انفية وتسمى هذه الطواحين لهذا السبب طواحين افقية وهى اقل
 فائدة من الطواحين التي تكون فيها قوة الهواء موضوعة على الاجنحة التي
 تكون عنما خطوط طارة رأسية وهذه الطواحين الاخيرة هي التي
 نحن بصددھا

ومع ذلك ينبغي ان اذكر طحونة افقية عظيمة رأيتها في انكلترا بقرب لندرة
وبين ذلك ان تصور سورا كبيرا شامخا مستديرا ينشأ عن محيطه جولة من
الفتحات العمودية المائلة التي يمكن مقابلتها بفتحات الطاقة الموضوعة على
محيط الاسطوانة واياها كان اتجاه الريح فانه يدخل بين ربع من الفتحات
ويتقدم في داخل السور مع اتجاه يتحرك على الدوام في جهة واحدة وعند
دخوله بهذه الطريقة فانه يصادف قلوفا منتصبة بالتوازي على اضلاع
اسطوانة السور ويدفعها دائما الى اتجاه واحد وبهذه الكيفية تدور
الطاحون وبعد ذلك يخرج الهواء من فتحات متنوعة من الجهة المقابلة
للريح

ولنتكلم الآن على وصف الطواحين ذات الاجنحة العمودية فنقول انه لاجل
ان تتأق هذه الطواحين دفعة الريح من جميع الجهات يلزم ان نجعل سطح
الاجنحة المستوي العمودي في اتجاه عمودي على اتجاه الريح فلذلك يكون
العامود الافقي الذي يحمل هذه الاجنحة مثبتا فوق السور مع السطح على آلة
مستديرة بها يتيسر الدوران في جميع الجهات بواسطة رافعة كبيرة يقرب
طرفها قريبا من الارض ويدفعه الصانع بيديه لكي تصنع الاجنحة في اتجاه
مناسب او كما قيل يمكنه تدوير الطاحون دورانا مناسبا

ومن الطواحين الانكليزية يرى شكل ١ لوحة ٦ طارة صغيرة تكون
اجنحتها متجهة في مستوعامودي مار بمحور الطاحون الرأسي ومتى بعد الهواء
عن هذا المستوى العمودي فانه يؤثر في اجنحة الطارة الصغيرة التي تنتقل
حركتها الى قضيب ت والى طارات زاوية ر و ر و ض و ض
وتكون اسنان ض موضوعة على حلقة كبيرة مستديرة متصلة بالجزء
الاعلامن الطاحونة وهذا الجزء يدور على بكرات ر و ر التي تجرى
على كفة مدورة موضوعة على الجزء الاسفل من الطاحون وشكل ٢
يبين لنا مستوى جزء الطارة المستديرة التي هي ض ض المعشق
مع ض

وقد تخلص الاجنحة المتركة التي هي ١١ شكل ١ لوحة ٦
عن القوة بنفسها بتركيب عجيب متى كانت قوة الهواء قوية وكل جناح من
هذه الاجنحة يكون مكتوباً من صاعدين مثل م م م الذين تسحب
عليهم مساند ل ل و ل ل التي هي مساند مقلات ر ر ر التي تلف عليها
القلوع ذات الثلاث زوايا وهناك زرار مغلوق مثل ت ت مثبت على
مساند ل ل و ل ل من اسطوانات كل جناح وقد تكون رأس ١ التي هي
مغلقة ت ت مملوكة على طرف رافعة مثل ا ا ث المنقاسة بالذراع
وقضيب د د د المنز في حرف د عند ما يخرج يقرب من د

ومتى تجاوزت سرعة الاجنحة بعض حدود فان القوة البعيدة عن المركز تدفع
مساند ل ل و ل ل الى الخارج وفي هذه الحركة تدور الرؤس التي يحمل لها
محور كل ملف من ملفات ر ر ر عند احتكاكها بجزء ف ف الثابت
الملفات بحيث تنظم القلوع شيئاً فشيئاً وفي آن واحد تباعد قضبان ت ت
المغلقة ا من د وتدخل د ثانياً عندما ينقل الجزء والمسند المعبر
عنه بحرف د حركته الى طارات زاوية ث ث الى بكرة ش
الكبيرة التي ترفع الميزان وعندما ينقل الريح فالميزان ينزل ويجبر القلوع على
الانشاد ثانياً

ويكون شكل ٣ مسقطاً عمودياً كبيراً لتركيبه من روافع ا ا ث
شكل ١ ومن اربع اجنحة حول قضيب د د

ويكون شكل ٤ هو مستوى الملف ذي القلع ويرى فيه كيفية ضبط محور
الملف من اطراف دوارنه على رأس غ

وفي شكل ١ فطارة زاوية س س هي التي تنقل قوة الريح الى تركيب
آلة الطاحون المخصوصة

وشكل ٥ هو مسقط جناح فلنكي على سطح ممتد من عامود ١١ الذي
يحمل الاجنحة من وسط طول الجناح الاصلى المعبر عنه بحرف ح ح

ولا يتحرك الهواء في اتجاه افقي الا نادراً ولهذا السبب ظهر لنا بالتجربة

اتنا اذا اردنا تحصيل اعظم نتيجة من قوة الهواء يلزم ان نميل العمود الذي يحمل الاجنحة من ٨ الى ١٥ درجة ولا نجعله اقريبا اصالة فاذا كان كل واحد من الاجنحة في مستور رأسي على العمود فان قوة الهواء عنده هذه الاجنحة لا يمكنها تدوير العمود فعلى ذلك يلزمنا ان نعطي هذه الاجنحة ميلا يكون واحد الاجنحة لكي تتبع القوة المنقسمة مستوى جميع الاجنحة وتدور العمود في جهة واحدة

وقد عمل اسمائتون المهندس الانكليزي المشهور عدة تجارب في قوة الهواء يعتمد عليها لما انها تتحدث نتائجها مع تنبيهات كولومب في طواحين الهواء الكبيرة ولاجل زيادة الانتظام في تجاربه ربح تحريك الطاحون حيث اعطى لها اندفاع قوة الهواء المشهورة في سكون الريح فضلا عن كونه يعطى للطاحون قوة الهواء المستقيمة الذي يتغير في كل وقت فهذه الطريقة كان متحققة من السرعة التي كانت تتحرك بها الاجنحة فكان يلف على العمود الافقي الذي يحمل الاربع اجنحة المقروضة في التجربة حبلا يعلق في طرفه كفة يضع فيها اثقالا حسب ارادته وكان شغل هذه الاجنحة محصورا في دفع هذه الكفة بسرعة ما كبيرة او صغيرة في زمن معين فابتداء اسمائتون بالبحث عن درجة الانحراف التي تصلح للاجنحة المستوية فعرف ان الثقل اللازم لتوقيف حركة الاجنحة المائلة ٣٥ درجة يفوق الثقل اللازم لتوقيف حركة الاجنحة انحرافا على خلاف ذلك المتحركة بنفس السرعة المتقدمة

وعلى موجب تجارب اسمائتون يلزم لتحويل الاجنحة ذات البعد المقروض في زمن معلوم مع الانتظام اكبر قوة ممكنة ان يكون ميلها من ١٥ الى ١٨ درجة ففائدة هذه الطارة بالنسبة الى الطارة التي ميلها ٣٥ درجة تكون في اعظم نسبة من ٤٥ الى ٣١ وعمل هذا المهندس ايضا تنبيهها يدل على ان الميل المنحصر بين ١٦ و ١٨ يختلف قليلا من النهاية الكبرى المطلقة وهو انه اذا زدنا وانقصنا ميل الاجنحة بدرجة او بدرجتين فلا ينتج عنها الا اختلاف قليل من النتيجة الكلية بالنظر الى النتيجة العظمى

وقد وضع ميسو اسمائون في التجربة الاجنحة التي يكون سطحها شماليا عوضا عن كونه مستويا وما يلا قليلا مع التدريج بشرط ان نقطة الجناح التي يقاس فيها هذا الميل تكون بعيدة عن المحور فلم يجدي ذلك منفعة اكثر من استعماله الاجنحة المستوية

واما البنايون الفلنكيون فانهم يميلون بعكس ذلك بعضا من اجنحتهم بشرط ان يبعد هذا الجزء عن المحور وهالك جد ولا يشتمل على ميل عدة اجزاء من الاجنحة جهة المستوى الذي تعمل فيه حركة الدوران وهذه الانحرافات المعينة بتجارب اسمائون هي التي يعتمد عليها

الزاوية المصنوعة مع سطح الحركة
درجة

١٨	١٩	١٨	١٦	١٢	$\frac{1}{6}$	٧
$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{6}$

من طول القلع عندما يبعد من المحور

وينشأ عن الطواحين العظيمة بفلنك الفرنساوية التي استنتجها كلومب نتائج مثل النتائج التي استنتجها اسمائون ومع ذلك فليل بعض اجزاء الجناح يتغير من ابتداء النقطة الموضوعة بقرب المركز الى النقطة البعيدة عنه من ٣٠ درجة الى ١٢ درجة في بعض الطواحين والى ٦ في البعض الاخر

ثم ان اسمائون لما غير عرض الاجنحة وجد انه يلزم لانه لا اعظم نتيجة يمكن تحصيلها ان يكون الجناح العرض ما يلا تحت زاوية كبيرة ورأى ايضا ان الجناح الذي يكون عرضا من الطرف اكثر من المركز يكون احسن من الجناح القائم الزوايا وبالنظر للاجنحة ذوات الاسطحة المتساوية تكون صورة شبيهة المنحرف اوفق

وقال اسمائون ايضا اذا تجاوز ازدياد سطح الاجنحة هذه الحدود فان

مضرته تكون اكثر من نفعه وذلك أن الهواء لا يجده مسافة كافية يخرج منها بعد قرع هذه الاجنحة

واراد ان يعرف بالتجربة نسبة سرعة الاجنحة التي تدور حسب الارادة من غير شغل ونسبة سرعة الاجنحة التي تحدث شغلا كبيرا فوجد نسبة هذه السرعة على العموم من ٣ الى ٢ اعني اذا كانت الاجنحة تدور ثلاث مرّات مطلقا اي بدون شغل في زمن مفروض فالاجنحة التي تدور في نفس هذا الزمن وتحدث شغلا كبيرا لا تدور سوى مرّتين وفي الطاحون الواحدة يكون الشغل مناسباً على العموم لسرعة الريح فلذا اذا كانت سرعة الهواء متضاعفة مرّتين او ثلاثة او اربعة فان الاجنحة تشغل بسرعة متضاعفة مرّتين او ثلاثة او اربعة كذلك وهم جرّاء

وبالجملة فان الشغل الناشئ عن الطاحون في زمن مفروض يكون مناسباً لتربيع سرعة الريح

وقد اثبتت ملحوظات كولومب على طواحين فلنك فرانسا ان النتيجة واحدة تقريبا في اكثر من خمسين طاحونا بفرقة بقرب مدينة ليل وموضوعة في محل واحد ولو ان هذه الطواحين مختلفة البناء ومختلفة قليلا في ميل الامود الحامل لهذه الاجنحة وفي وضع هذه الاجنحة ايضا وهذا ما يثبت ان هذا الجنس من البناء يلزم ان يكون قريبا جدا من النتيجة العظمى ولم تدبر في التفاصيل الكبيرة التي تخص التجاريب التي ينشأ عنها معرفة النسبة النافعة بين وضع اجنحة الطاحون وابعادها بل اكتفينا باحالة ذلك على كتب الخبرين المشهورين الفرنساوي والانكليزي اللذين سبق ذكرهما

وهالك الشغل السنوي الناشئ عن طواحين فلنك على مقتضى تجاريب كولومب وهو أن تعصر عصارة الزيت اربعمائة برميل في السنة المتوسطة ووجد ان هذا الشغل يوافق لشغل ثمان ساعات في كل يوم مدة ايام السنة بأن يحدث قوة ٣٤٧٢٨ كيلو غراما مرفوعة الى متر في كل

دقيقة

مثلا اذا اخذنا وحدة لقياس الديناميكة واحد مليون من الكيلوغرامات
اي الق برميل مرفوعة الى متر واحد يتحصل معنا الشغل اليومى $\frac{2}{3}$ ١٦
دينام يزداد عليها سدس بالنسبة للاحتكاكات
ولاجل تحصيل هذه النتيجة يلزم وابور المعلم واط الذي يجزئه ثلاثة من الخيل
ومتى طبقنا قوة الهواء على طعن الخبوب نجد انه يلزم قوة واحدة لطعن
١٠٠٠ كيلوغرام من القمح وعصر $\frac{1}{4}$ ٣ براميل من الزيت وهذه القوة
تساوى $\frac{1}{2}$ ٥ دينام

• (الدرس الثانى عشر) •

• (فى الكلام على الحرارة) •

قد تنتقل الحرارة نارة من الاجسام الاجنبية الى الاجسام البشرية فتحدث
فيها الحرارة وتارة تكون بالعكس بمعنى انها تنتقل من البشرية الى الاجنبية
فتحدث فيها البرودة ولم يكن هذا الانتقال بين الاجسام البشرية والاجسام
الاجنبية فقط بل قد يكون بين جميع الاجسام الطبيعية ايضا وينشأ عنه
للاصناعة حوادث فيها منفعة عظيمة جدا

ومتى زادت حرارة المادة زاد حجمها وبالعكس العكس وبهذا تقاس الحرارة
بالآلات وتتغير الاجسام ذات الشكل المحدد بحيث يسهل قياسها ويظهر بحاسة
البصر وذلك كالآلات الترمومتر اى يوزان الحرارة والبرودة التى سنتكلم
عليها ولنبحث الآن عن اقياس كيف صار عما لحرارة الاجسام فنقول

انه لاجل انتقال كيلوغرام من الماء من حرارة الثلج الذائب الى حرارة الماء
المغلى يلزم اخذ كمية من الحرارة قاعدة لجميع الاقيسة ونسميها بجزء المائة
من هذه الكمية ونقسم الى مائة درجة احوال الحرارة او اعتدال الماء الذى له
فى كل كيلوغرام ١ و ٢ و ٣ و ١٠٠ حد اى جزء واحد من الحرارة
وانظر الان لكل درجة ما يلزم من ازدياد الحرارة بالنسبة الى الشكل المنشور
او الاسطوانى الذى يعبر عن طوله بعدد ١٠٠٠٠٠٠٠ وهالجدولا
بين ذلك

٠١٠, ٧٩	بولاد غير مسقي
٠١٢, ٤٠	بولاد مسقي اصفر مكوي الى ٦٥ درجة
٠١٩, ١٠	فضه
٠١٩, ٠٩	فضه بعيار باريس
٠١٧, ١٧	نحاس
٠١٨, ٧٨	نحاس اصفر
٠١٩, ٣٨	قصدير الهند
٠٢١, ٧٣	قصدير كورنومال
٠١٢, ٢٠	حديد لطيف مدقوق
٠١٢, ٣٥	حديد مدقوق مسجوب
١٨٤, ٧٧	زيتق
٠١٤, ٦٧	ذهب السفر
٠١٥, ٥٢	ذهب بعيار باريس غير مكوي
٠١٥, ١٤	ذهب بعيار باريس مكوي
٠٠٨, ٥٧	پلاتين اى ذهب ابيض (على حسب تجربه بوردا)
٠٢٨, ٤٨	رصاص
٠٠٨, ١٢	فلنتجلوس انكليزي
٠٠٨, ٧٢	زجاج فرنساوى مع رصاص
٠٠٨, ٩٧	انبوبة من الزجاج بدون رصاص
٠٠٨, ٩٠	مرآة جوان المقدس
وهذا الجدول يرى الانبساط الكبير الذى يحصل فى الزيتق والانبساط القليل الذى يحصل فى الزجاج وعلى هذين الخاصتين المختلفتين خاصتى الزيتق والزجاج تأسست الترمومتر	
فاذا تصورنا انبوبة اسطوانية بالكلمية ينتهى طرفها بكرة مجوفة ذات قطر اكبر من قطر الانبوبة وفرضنا ان قطر الكرة يساوى قطر الانبوبة عشر	

مرات فان حجم الكرة يكون $\frac{2}{3}$ ٦٦ مرة اكبر من حجم الاسطوانة التي قطرها كقطر الانبوبة وطولها كطول قطر الكرة وبالجملة فان زيادات حجم قطعة من الزيت الذي يملأ اناءه كرويا تصعد في الانبوبة الى ارتفاع $\frac{2}{3}$ ٦٦ مرة اكبر مما يصعد الزيت اذا كان شاغلا في هذه الانبوبة ارتفاعا مساويا لقطر الكرة وبهذه الطريقة يعرف امتداد الزيت في كل درجة مئوية بمجرد النظر ويضعون علامات في اللوح الذي تكون فيه الانبوبة وكرة الزيت متعشقتين تقسيمات تساوي درجات الحرارة المتنوعة من ابتداء صفر الى ١٠٠ درجة خافوقها

وحيث ان الانبوبة وكرة الترمومتر \llcorner كبتان من جوهر يقبل التمدد بالحرارة وينقص حجمه بالبرودة فهذا التعبير يؤثر في المسافات التي يقطعها الزيت متى زادت الحرارة ونقصت ويتداركون خلل هذا الضرر بالطريقة التي يفعلونها ولتي تقسم الترمومتر بالتدريج

ومتى مرت الاجسام المختلفة التي ذكرناها في الجدول المتقدم بجميع درجات الحرارة التي يمكن تحصيلها فانه يرى ان جملة من هذه الجواهر تتبع سيرا مناسبا تقريبا وذلك كالزيت والزجاج والمعادن على العموم ما عدا البولاد المسقى ومع ذلك ينبغي لنا ان نلاحظ بان \llcorner كل جسم من الاجسام الصلبة لا يمتد بالتسوية في عدد واحد من الدرجات من ابتداء النقط المختلفة على قياس الترمومتر

وبناء على ذلك فالاحسن ان نقول ان انبساط الاجسام يكون مناسبا بالدقة لدرجات الحرارة التي تحصل لهذه الاجسام حيث انه يزداد بزيادة الحرارة فلذا كان انبساط المعادن من ٢٠٠ الى ٣٠٠ درجة اكثر من ١٠٠ الى ٢٠٠ درجة واتصير هذه الزيادة خاصة مشهورة متى قرب الانسان من درجة ذوبان الاجسام ومع ذلك يمكن في عمليات الصناعات وفي تغيرات الحرارة الكبيرة ان نقول بلا خطأ ان تغير حجم الاجسام يكون مناسبا لعدد درجات الحرارة التي تكتسبها هذه الاجسام او تفقدها

وربما كان الزئبق هو السائل الذي يظهر فيه اقل تباعد في التمدد مثلا ما بين درجة واحدة ومائة درجة وبالنظر لهذا يكون الترمومتر الزئبق اعظم آفة يمكن استعمالها في ذلك واما انبساط الماء بين صفر ومائة درجة فانه يكون بعيدا عن الدلالة على هذا الانتظام الذي يدل على تمدد الزئبق وهذا ما يبينه هذا الجدول الصغير المستخرج من كتاب توسون

درجات الترمومتر	احجام الماء	اختلاف الاحجام	الانبساطات المتوسطة للدرجة
درجة			
٠١٠	١,٠٠٠٢٥	٠,٠٠٠٦٨	٠,٠٠٠١٢٣
٠١٥	١,٠٠٠٩١	٠,٠٠١٠٦	٠,٠٠٠١٩١
٠٢١	١,٠٠١٩٧	٠,٠٠١٣٥	٠,٠٠٠٢٤٣
٠٢٦	١,٠٠٣٣٢	٠,٠٠٢٦٢	٠,٠٠٠٤٧٢
٠٣٢	١,٠٠٥٩٤	٠,٠٠٣١٤	٠,٠٠٠٥٦٦
٠٣٧	١,٠٠٩٠٨	٠,٠٠٤٩٦	٠,٠٠٠٤٤٧
٠٤٨	١,٠١٤٠٤	٠,٠٠٦١٣	٠,٠٠٠٣٦٧
٠٦٥	١,٠٢٠١٧	٠,٠١٦٠٠	٠,٠٠٠٧٢٠
٠٨٧	١,٠٣٦١٧	٠,٠٠٩٤٠	٠,٠٠٠٧٦٨
١٠٠	١,٠٤٥٥٧		

ثم ان الاجسام تنقسم ثلاثة اقسام صلبة كالاشباب والاحجار والبلور وهلم جراسايله كالزئبق والماء والزيت وهلم جراوغازية كالهواء الجوى والغاز الادروجيني وبخار الماء وغازا الحمض الكربونيكي وهلم جرا و يوجد عدة اجسام تنتقل بزيادة الحرارة تارة من حالة الصلابة الى حالة السيولة وتارة من حالة السيولة الى الحالة الغازية وبتنقيص الحرارة تنتقل هذه الاجسام ثانيا من الحالة الغازية الى الحالة السائلة ومن السائلة الى الصلبة فن هنا تظهر لنا الحوادث المشهورة التي سنظهرها بانتخاب احد الجواهر النافعة للصناعة كالماء واخذ مثلا لذلك

وإذا اخذنا كـ كيلوغراما واحدا من الثلج فانه يتبع قانون جميع الاجسام الصلبة وامتدادها عند اتقاله بالدرجات العديدة التي تكون تحت درجات اعتدال الثلج الذائب واتقال حرارة قياسي الثلج المختلفين في الحرارة يعمل على حسب قانون الاجسام الصلبة العام فذلك اذا وضعنا معنا كيلوغرامين من البرد او الثلج احدهما في درجة ١٠ والاخر في درجة ٢٠ تحت الصفر واخذت الاحتساسات اللازمة بحيث تكون الحرارة واحدة في هذين الجسمين فان كـ كيلوغرامين يصيران مرتفعين الى ١٥ درجة من هذه الحرارة بحيث ان احدهما يكتسب حقيقة عددا من الدرجات بقدر ما يفقده الاخر

وكذلك اذا مزجنا كيلوغرامين من الماء السايل احدهما مرتفع الى ١٠ درجات والاخر الى ٢٠ درجة فوق حرارة الماء المغلي فالمزيج يصير مرتفعا الى ١٥ درجة فوق الحرارة

وايضا اذا خلطنا كيلوغراما واحدا من البخار في ١٠ درجات مع كيلوغرام من البخار في ٢٠ درجة فوق حرارة الثلج الذائب فان المخلوط في مسافة مساوية لكمية المائتين المشغولتين بـ كيلوغرامى البخار يصعد الى ١٥ درجة من الحرارة

وإذا اردنا مزج كيلوغرام واحد من الثلج مع كيلوغرام واحد من الماء فلم يبق ثم لقانون الذى ذكرناه اثر ولا جل أن يحدث امتزاج الكيلوغرامين كيلوغرامين من الماء في حرارة الثلج الذائب يلزم ان يكون كـ كيلوغرام الثلج في صفر مع كيلوغرام الماء المرفوع الى ٧٥ درجة فوق الثلج الذائب

وبالجملة فلا جل ان كـ كيلوغرام من الثلج المرفوع الى درجة صفر ينتقل الى كيلوغرام واحد من الماء المرفوع الى درجة صفر كذلك يلزم امتصاص ٧٥ جزأ وهذه الكمية لم تعين بالترمو متر بالكلية وانما هي بالتخليل وتعلق بتكوين الماء واهذا تسمى حرارة مخفية اعنى حرارة غير ظاهرة

وقد تحصل حادثة مثل هذه الحادثة اذا اخذنا كيلوغراما من البخار ومن جناته

مع $\frac{1}{5}$ ٥ كيلوغرامات من الماء المرفوع الى درجة صفر فبناء على هذا يحدث الاختلاط بجملة تساوى $\frac{1}{5}$ ٦ كيلوغرامات مرفوعة الى حرارة ١٠٠ درجة اعنى مرفوعة الى درجة غليان الماء وجعله بخارا فعلى ذلك يوجد بين كيلوغرام واحد من الماء في درجة ١٠٠ من الحرارة وكيلوغرام من البخار المرفوع الى نفس هذه الحرارة فرق كافى من الحرارة لرفع $\frac{1}{5}$ ٥ كيلوغرامات من الماء في درجة صفر الى درجة ١٠٠ فلهذا يمكن ان يقال ان الكيلوغرام الواحد من بخار الماء يحتوى على ٦٥٠ جزءا اكثر من كيلوغرام الماء الذى يكون في درجة صفر من الحرارة وكذلك يقال ان الكيلوغرام الواحد من الماء المرفوع الى درجة صفر المشابه للثلج الذى يكون في درجة صفر ايضا تحتوى على ٧٥ جزءا زيادة ومعرفة هذه الكميات من الحرارة المخفية في الماء وفي البخار مهمة جدا لحساب نتيجة الآلات البخارية

وبعد ان بينا حوادث الحرارة التى يدل عليها الماء في احواله المختلفة من الصلابة والسيولة والغارية يلزم مقابلة الافعال المتشابهة الحاصلة من الحرارة على الاجسام الاخر فعلى ذلك اذا وضعنا كيلوغراما من الحديد او من النحاس او من الزئبق مع كيلوغرام من الماء المرفوع الى درجة واحدة فان جزء الحرارة لا ينتقل من جوهر الى اخر واما اذا كانت الحرارة مختلفة فلا شك ان جزءا من الحرارة ينتقل من الجوهر الدال على اكبر حرارة في الترمومتر الى الاخر ولكن درجة الحرارة العامة التى توجد بين الجوهرين ليست الحد الوسط الحسابى للحرارتين مثل ما اذا كان ذلك في كيلوغرامين من الماء وبناء على ذلك لم تكن كمية الحرارة المظروفة في الجواهر المختلفة واحدة بل انه يمكن تقويم هذه الكميات بالصحة اذا اخذنا حد التشبيه كمية الحرارة اللازمة لرفع كيلوغرام من الماء السائل الى درجة واحدة وهذه الكمية تسمى بالماء المغلى ونرى ان هذه الجواهر المبينة في الجدول الآتى تتغير من درجة الحرارة الى بعض كسور يستدل عليها بالعدد الآتى وهو هذا

اسماء الجواهر	حرارة نوعية نسبية	اسماء المؤلفين
ماء عادة	١٠٠٠٠ ر	
ثلج	٠٩٠٠٠ ر	كروان
كبريت	٠٢٠٨٥ ر	لاوازية ولا بلاس
حديد مدقوق	٠١١٠٠ ر	لاوازية ولا بلاس
نحاس	٠١١١١ ر	جراوفورد
معدن المدافع	٠١١٠٠ ر	رفقور
نوتية	٠٩٤٣ ر	جراوفورد
	٠١٠٢٠ ر	ولك
فضة	٠٨٢٠ ر	ولك
قزدير	٠٤٧٥ ر	لاوازية ولا بلاس
انتيومون (اي كل اصفهاني)	٠٦٤٥ ر	جراوفورد
ذهب	٠٥٠٠ ر	ولك
رصاص	٠٢٨٢ ر	لاوازية ولا بلاس
زيتق	٠٢٩٠ ر	لاوازية ولا بلاس
برزموت	٠٤٣٠ ر	ولك
اكسيد اصفر من الرصاص	٠٦٨٠ ر	جراوفورد
	٠٦٨٠ ر	كروان
اكسيد الزنك	٠١٣٦٩ ر	جراوفورد
النحاس	٠٢٢٧٢ ر	جراوفورد
جبرحي	٠٢١٦٩ ر	لاوازية ولا بلاس
زجاج من غير رصاص	٠١٩٢٩ ر	لاوازية ولا بلاس
حمض ملح البارود	٠٦٦١٤ ر	
	٠٦٢٠٠ ر	لسلي
ثقله النوعي ١.٢٩٨٩		

للسلي	٠ر٣٤٠٠	١ر٨٧٢	حض الكبريت
لاوازية ولاپلاس	٠ر٣٣٤٦	١ر٨٧٠	
لاوازية ولاپلاس	٠ر٦٠٣١	{	حض الكبريت ٤ اجزا ماء خمسة اجزا
جراوفورد	٠ر٨٣٢٠		
لاوازية ولاپلاس	٠ر٨١٨٧	{	ملح طعام جزء واحد ماء خمسة اجزا
للسلي	٠ر٦٤٠٠		
للسلي	٠ر٥٠٠٠	{	ملح البارود جزء واحد ماء ثمانية اجزا
قروان	٠ر٥٤٨٠		
قروان	٠ر٤٧٢٠	{	روح النبيذ مكرراى كؤل
جراوفورد	٠ر٥٠٠٠		
			زيت طيب
			زيت بزر الكتان
			زيت الترماتينة
			زيت البالين

ونرى في هذا الجدول امام الحديد المطروق عدد ١١ ر . وهذا مما يدل على ان كيلو غراما واحدا من هذا الحديد متى برد بدرجة واحدة فقد كمية كافية من الحرارة لرفع ^{١١} درجة و كيلو غراما من الماء ونرى ايضا ان اذا انتقلنا من حرارة الى اخرى فان كيلو غراما واحدا من الماء يستدعي كمية كبيرة من الحرارة اكثر من كيلو غرام من الجواهر الاخر المذكورة في الجدول المذكور

ويبين لنا هذا الجدول ايضا الحرارة التي يأخذها مخلوط اثنين من الجواهر التي توجد فيه مطلقا

واذا قسمنا كل واحد من اعداد هذا الجدول على ٧٥ فيحصل معنا ثقل الثلج الذي يمكن اذابته ب كيلو غرام من هذه الجواهر بان يفقد درجة متينة من الحرارة وبذوبان الثلج تقاس على العموم الحرارة النوعية للاجسام بواسطة

آلة تسمى بالكالوريميتري نسب اختراعها الى كل من مسيو لاوازيه ومسيو لابلان

والى هنا عرفنا كيفية توصيل الحرارة الى اى درجة وبقى علينا ان نبين ما يحصل وقت احداث نفس الحرارة اى الاحداث الذى يمكن حصوله بالاحتكاك او بالاحتراق ولما كانت هذه الطريقة الاخيرة اقوى وهى التى تستعمل فى الآلات التى يراد فيها استعمال الحرارة كالقوة المحركة فى هذا الشأن لم تعرض للتفاصيل التى تنسب للكيميا فيما يخص حادثة الاحتراق الكلى وانما نكتفى بان نقول ان لهواء الجوى يكون مركبا من غازين احدهما يسمى ازوت ولا يستعمل فى الاحتراق ويشغل فى ١٠٠ جزء حجم ٧٩ جزأ والاخر يسمى بالاكسيجين ويشغل ٢١ جزأ ويكون لازما للاحتراق

كيلو غرام

ثم ان مترا واحدا من الكعبا من الهواير فى حرارة صفر ٢٩٨ ر ١ اعنى كيلو غرام كيلو غرام

٠٢٦ ر ١ من الازوت و ٢٧٢ ر ٠ من الاوكسيجين فعلى ذلك يكون الهواء اخف من الماء ٨٠٠ مرة تقريبا

وان الاحتراق الاصلى الذى يستعمل فى الميكانيكا هو فحم الارض أو فحم حجرى ثم فحم الخشب والخشب نفسه ويمكن استعمال بعض جواهر أخرى وسنبين الاصول منها المهمة كثيرا أو قليلا على حسب المنافع المتعلقة بأمانها وخواصها

وهذا جدول يشتمل على الحرارة الحاصلة باحتراق كيلو غرام واحد من الجواهر المختلفة فنقول

ماء حار	كيلو غرام من التنج الذائب	المحترقات
٢٢١٢٥	٢٩٥	غاز الادروجين الصافي
١٠٠٨٠	١٣٤	{ زيت طيب على حسب راي لابلان ١١١١٦ شرحه على راي رنفورد ٩٠٤٤ }
٩٣٠٧	١٢٤	زيت سلجم مصفى
٩٩٩٠	١٣٣	{ شمع ايض على قول المذكورين ١٠٥٠٠ ٠٩٤٧٩ }
٧٧٧٧	١٠٤	{ شحم دهن لعمل الشمع ٧١٨٦ ٨٣٦٩ }
٧٥٠٠	١٠٠	فوسفور
٧٣٣٨	٩٨	نقط وزن خاص ٨٢٩ ر ٠ في ١٣ ر ٣
٨٠٣٠	١٠٧	اتيركبريتك ٧٢٨ ر ٠ في ٢٠ درجة
٧٠٥٠	٩٤	فحم الخشب
٧٠٥٠	٩٤	كوك نقي
٦٣٤٥	٨٤,٦	كوك فيه ١ ر ٠ من الرماد
٧٠٥٠	٩٤	فحم حجر اول درجة فيه ٠,٢ ر ٠ من الرماد
٦٣٤٥	٨٤,٦	شرحه ثاني درجة فيه ١ ر ٠
٥٩٣٢	٧٦,١	شرحه ثالث درجة فيه ٢ ر ٠ من الرماد
٣٦٦٦	٤٨,٨٨	خشب ناشف مطلق
٢٩٤٥	٣٨,٤١	خشب فيه ٢ ر ٠ من الماء
٢٠٠٠	٢٦,٦٦	تورب طيب
١١٢٥	١٥	تورب ردئ
٦١٩٥	٨٢	كوك في ٤٢ درجة
٥٢٦١	٧٠	شرحه في ٣٣ درجة

ولتذكر أنه يمكن بواسطة ٦٥٠ ترم تصاعد كيلو غرام واحد من الماء الى درجة صفر وبناء على ذلك لاجل تصاعد ١٠٠٠ كيلو غرام من الماء الى صفر يلزم له كميات الاحتراق المعينة في الجدول الآتي الذي يشتمل على ثقل البخار الذي يمكن احداثه مع كيلو غرام واحد من الوقود وعلى قدر ١٠٠٠ كيلو غرام من البخار الناتج من الاحتراقات المختلفة

بيان كمية الوقود الضرورية لتصاعد ١٠٠٠ كيلو غرام من الماء الى حرارة التبخير الذائب

احتراق واحد كيلو غرام	بخار حاصل بواحد كيلو غرام من الاحتراق	كيلو غرام من الاحتراق لاجل ١٠٠ كيلو غرام من البخار
فحم خشب	كيلو غرام	كيلو غرام
كولانتي	٠٠٧,٠٥٠	١٤١,١٨
كولانتيه ١ ر. من الرماد	٠٠٧,٠٥٠	١٤١,١٨
فحم حجرى من اول درجة فيه	٠٠٦,٣٤٥	١٥٧,٧٥
٠٢ ر. من الرماد	٠٠٧,٠٥٠	١٤١,١٨
فحم حجرى فيه ١ ر. من الرماد	٠٠٦,٣٤٥	١٥٧,٧٥
فحم حجرى فيه ٢ ر. من الرماد	٠٠٥,٩٣٢	١٦٨,٥٧
خشب ناشف جدا من جميع الانواع	٠٠٣,٦٦٦	٢٧٢,٩٤
خشب يحتوى على ٢ ر. من الماء	٠٠٢,٩٤٥	٢٣٩,٥٥
تورب طيب	٠٠٢,٠٠٠	٥٠٠,٠٠
تورب ردى	٠٠١,١٢٥	٨٨٨,٨٨
روح عرقى في درجة ٤٢	٠٠٦,١٩٥	١٦١,٤٢
روح عرقى في درجة ٣٣	٠٠٥,٢٦١	١٩٠,٠٧

وتبين لنا هذه الجداول فائدة استعمال فحم الارض ولو في المحلات التي يكون فيها غالباً بسبب النقلة

ويصنع حريق الفحم باحتراق هذا الجوهر المسمى بالكاربون الذي يتحول الى غاز الحمض الكاربونيك متى امتص او كسجين الهواء الجوي فيدخل ثقل الفحم في الغاز كنسبة ٢.٧٤ ميلم وثقل الاوكسجين كنسبة ٧.٢٦ ميلم

ولتزد على ذلك ان ثقل متر مكعب من غاز حمض الكاربونيك على الحرارة المتوسطة من الهواء الجوي وبضغطه بارومترية قدرها ٧٦ ر ٠ ميلم كيلوغرام

يكون ١.٩٧٢ ر

فينتج من ذلك ان كيلوغراما واحدا من الفحم يستدعي لكي يحترق بالكلية كيلوغرام

٢.٧٦ من الاوكسجين الذي يوجد في كمية من الهواء الذي وزن ١٢.٦١ ر متر مكعب

ويشغل ٩.٧٠١ فهذا العدد المذكور لما يكون في حرارة صفرية تكون عنها ١٠ أمتار مكعبة في حرارة $\frac{1}{10}$ درجات

وفي حوادث الحريق المعتادة مثل ما يحصل في وسط الافران يوجد كمية من الهواء تفوق بكثير الكمية التي يطلبها التحليل الكامل يلزمها المرور على الفحم والتجهايز العظيمة تحتاج لكمية من الهواء ضعف الكمية التي تكفي للاحتراق مع الشدة فذلك يلزم في التجهايز الكاملة كالمداخن بالاقبل ٢٠ مترا مكعبا من الهواء لاحتراق كيلوغرام واحد من الفحم وهذه الفروض تكون نافعة جداً في اردنا تحديد سعة المستودعات والافران والمداخن بل وتستعمل قاعدة الحسابات الآتية

كيلوغرام

غاز الحمض الكاربونيك المتر المكعب وزن ١.٩٧٢ ر

كل كيلوغرام يحتوى على اوكسيجين
 ٠.٧٢٦
 ١٠.٢٧٤
 فحم
 والكيلوغرام الواحد من الفحم ينتج اذا حرق $\frac{1}{274}$ متر مكعب من حمض
 الكاربونيكى = ١ كيلوغرام

كيلواغرام

٢,٦٥٠

وزن الاوكسيجين

٩,٩٩٦

وزن لاهوت المنسوب لهذا الاوكسيجين

وزن مساوى للوزن المذكور اعلاه من الاوكسيجين

كيلوغرام

ومن الازوت الذى يدل على الهواء العير المحلل

١٢,٦٤٦

الذى يمر في القرن

٥,٦٢٩

وزن الفحم الكلى من الاوكسيجين ومن الازوت

اجسام

متر مكعب

١,٨٥٠

غاز حمض الكاربونيك

٧,٠٦٩

حجم الازوت والهواء المحلل

متر مكعب

٩,٩٢٥

حجم الهواء الغير محلل

٩,٤٦٥

حجم كلى بعد الاحتراق

وقد رأينا انه يلزم بالاقل لحرق كيلوغرام واحد من الفحم استعمال ٢٠

متر

متر مكعب من الهواء الجوى الذى ينشأ عنه على العموم ١٩,٤٦٥

كيلوغرام

من الدخان الذى يزن ٢٩٤,٢٦ ويزن المتر المكعب من الدخان الحاصل

كيلو غرام

بهذه العملية ١٣٥٠ ر بخلاف المتر المكعب من الهواء الجوى فانه يزن

كيلو غرام

٢٩٨ ر ١ فلذا ترى الدخان المرتفع على حرارة صفر مثل الهواء الجوى ينزل عوضا عن كونه يصعد ويرتفع

ويزيد حجم الغاز في نسبة $\frac{1}{273}$ لكل درجة من الحرارة وحينئذ يسأل ويقال ما عدد الدرجات اللازم لكي يكون للدخان ثقل خاص مثل الهواء الجوى فالجواب اتنا نجد بنسبة بسيطة انه $\frac{1}{273}$ في رفع حرارة الدخان الى درجة ٤٧ ر ١ فوق حرارة الهواء الجوى وهذا الفرق يستعمل فقط لوضع الدخان في المعادلة مع الهواء الجوى من غير أن يصعد او ينزل فعلى ذلك يلزم اكتساب هذا الفرق وكل جسم من الحرارة التي تفوق هذه الحرارة يستعمل لجعل الدخان خفيفا جدا وبالجمله لكي تصعده في الانبوبة بقوة محركة مفروضة عن فرق الاثقال النوعية للهواء والدخان

وقد اردنا أن نحدد بالحساب سرعة الدخان في أنابيب المدخنة من غير أن نعتبر في ذلك سوى فرق ضغط الهواء الجوى في أطراف المدخنة وبذلك لم نصل الا الى نتائج بعيدة عن الحقيقة جدا

ونبدي نصائح لمن أراد معرفة هذا مع الدقة بان يستعمل عدة تجارب مستقيمة لقياس سرعة حركة الدخان الصاعدة بواسطة آلة صغيرة تسمى انيمومتر توضع في انبوبة المدخنة وبواسطة آلة اخرى توضع في رأس هذه الانبوبة

ولنلاحظ ان الهواء الجوى الغير الحمل الذي يختلط بمروره مع الدخان يلفظ صعوده ويسمى له

وفي الآلات البخارية يستعمل الخشب والتورب وغم الارض فاذا استعمل الخشب فيلزم أن يكون ناشفا جدا واذا صار غما فيكون استعماله

انفع ولم يفتأ عنه دخان يتقص قوة الاحتراق وفي الفحم الجري المكر بن منفعة مثل هذه

واما اذا كانت الحرارة في سائل فان أجزاء الطبقة السائلة الملتصقة بالجدران الذي يفصلها عن النار هي التي تمتد اولا ويقل ثقلها النوعي بهذه النتيجة وتبعد جهة سطح السائل ثم تعقبها الطبقة الثانية وتبعد بنفس هذه الطريقة الى كرات صغيرة لا ترى عندما تسخن هذه الكرات الصغيرة وهذه كيفية انتشار الحرارة في السوائل وبقطع النظر عن الحركة الخفية التي ذكرناها يكون هناك اتصال مباشرة بين حرارة طبقة واحدة واخرى ولكن هذا الاتصال قليل فلذا ظهر لنا بالتجربة انه من المفيد تسخين جلة من السائل لنفوذ الحرارة من الجزء الاسفل ومن المفيد ايضا تميزها عن الجزء الاعلا وبناء على ذلك يلزم لتسخين جلة الماء اللازم لاستعمال الآلات البخارية ان الحرارة تؤثر اولا في قعر القازانات وكلما كان سطح القعر المتصل بالحرارة نخينا كلما كان التسخين سريعا وبالجملة يحصل التصاعد وان لم يكن هناك مانع فاعظم القازانات هي التي يكون قعرها اعظم من ارتفاعها

وبقي كانت الحرارة كبيرة جدا بان لم يقتصر على الدخول في الطبقة السفلا فقط بل انها تدخل ايضا الطبقة العليا فان جزيئات ماء الطبقة السفلى تستحيل الى فقائيع بخارية ويزداد حجمها كلما قربت هذه الفقائيع من سطح السائل وبمجرد ما يشرع الغليان في سائل ما فان الحرارة تقف فيه وكذلك الحرارة الظاهرة الداخلة فيه تستعمل في تصعيد جزء عظيم منه وهذه الحرارة التي امتصها السائل لكي يصير بخارا تكون جسيمة جدا مع ان البخار المتكون منها بلا واسطة لا يحدث ارتفاعا كبيرا من الحرارة مثل السائل المحدث له ويسهل معرفة ذلك بواسطة الترمومتر الداخلة بالتعاقب في السائل وفي البخار معا وقد ظهر لنا بالتجربة انه يلزم ٦٥٠ جزء من الحرارة او من الماء الحار لتصاد كيلو غرام واحد من الماء الى درجة صفر وقد يمنع الضغط الجوي تصاعد السوائل وكلما كان الضغط كثيرا كلما زاد

حرارة لاستحالة الماء بخارا فلذا ان هذا الماء في عمق المعادن لا يستحيل
بخارا الا بحرارة تزيد على ١٠٠ درجة واما في الجبال الشاهقة فيستحيل
بخارا بحرارة اقل من ١٠٠ درجة
ثم ان الغازات والسوائل المماثلة للهواء تسخن مثل السوائل بان يتكون عنها
فقاقيع خاصة تصعد وفقاقيع باردة تنزل محلها ويكون اتصال الحرارة المستقيم
كبيرا بين اجزاء الغازات اكثر منه بين اجزاء السوائل
ومتى قابلنا كميات الحرارة اللازمة لرفع الماء والغازات الاخر من درجة واحدة
من الحرارة فأتنا صنع لبيان ذلك الجدول الآتي فنقول

حرارة خاصة

١٠٠٠٠٠ ر

ماء

٨٤٧٠ ر

بخار الماء

٢٦٦٩ ر

هوى جوى

٢٩٣٦ ر

غاز اذروجينى

٢٢١٠ ر

حمض الكاربونيك

٢٣٦٢ ر

او كسيجين

٢٧٥٤ ر

ازوت

٢٣٦٩ ر

او كسيد الازوت

٤٢٠٧ ر

غاز اولفيان

٢٨٨٤ ر

او كسيد الفحم

ومتى سخنت الغازات فتمدد بالنسبة لارتفاع حرارتها وتزيد في الحجم بالنسبة

لكل درجة من الحرارة بالضغط المستمر ١ مقسوما على ٢٦٦,٦٧

او ٠٠٣٧٥ ر من حجمها على حرارة صفر

والى مسيو جلوسالك ينسب بيان هذه الخاصة العظيمة المتعلقة بالسوائل

المرنة بين ٠ و ١٠٠ درجة ووسعه بعد ذلك مسيو لوبيتى وديلونف

فوصل الى اعتدالات كبيرة جدا

ويرى من التجربة كون الزمن الضروري لتحويل جلة من الماء البارد الى بخار يكون اكثر من الزمن اللازم لتوصيل هذا الماء الى الغليان خمس مرات اوسنة

وان المتر المكعب من الماء المفروض في اعلا درجة من السخونة اعنى الى درجات

٣,٨٩ تقريباً محولاً الى بخار بضغط ٧٦ سنتيمتر من الزئبق يشغل مسافة متر مكعب

١,٦٩٦,٤

وعلى مقتضى هذا التعبير نرى ان متراً مكعباً من البخار بضغط ٧٦ سنتيمتر على حرارة الماء المغلي وزن ١,٠٠٠ كيلو غرام مقسوماً على عدد ١,٦٩٦,٤ او ٥٨٩ غراماً

درجة

وعلى مقتضى تجربة مسيو جلوساك يحدث الماء البارد المرفوع الى ١٩,٥٩ ميليمتر

تحت صفر في الفراغ بخاراً يوازن عاموداً من الزئبق فوق ١,٣٥٣ على اعتدال ميليمتر .

الثلج الذائب ويوازن البخار عاموداً من الزئبق يفوق على ٥,٠٥٩ وهذا حد كمية البخار الذي يمكن تكويته في الفراغ الحاصل فوق كمية مطلقة من الماء على حرارة الثلج الذائب فعلى ذلك يوجد نسبة ضرورية بين زيادة البخار واعتداله ومتى شغلنا بطريقتة مطلقة مسافة عظيمة من الفراغ بكمية معلومة من البخار يصير بارداً بنفسه

واذا وضعنا مع البخار جسماً صلباً او مائعاً ابرد منه فان هذا الجسم يميل للسخونة

ومتى ادخلنا بخاراً جديداً في مسافة محددة فان حرارة هذا البخار ترتفع ويزداد البخار الى حدود معلومة واذا تجاوز هذا الحد فان جزءاً من هذا البخار يستحيل

الى سايل وتبقى شدته بعينها
ومتى وضعنا البخار مع جسم اقل حرارة منه فان هذا البخار يصل الى اعلا درجة
من الزيادة بقدر الحرارة ويبرد بنفسه ويتحول جزؤه منه الى سايل حتى يأخذ
البخار الباقي شدته الناشئة عن الحرارة الجديدة
وسنبين النتائج العظيمة التي جعلها الطبيعيون الذين عملوا عدة تجارب في قوة
البخار بدرجات مختلفة من الحرارة وفي درجة الحرارة اللازمة لاجداث هذه
القوة

وقد عمل في انكلترة وفي فرانس كل من وات وسوترن وداليطن
و بسانكورت وجلوسالك ودولواج ولوبي وكيمان ودوزورم
و كرستيان عدة تجارب على قوة البخار المختلف الحرارة
وتدل تجارب مسيو سوترن وكيمان ودوزورم وكرستيان على
مطابقة شهيرة نبينها بهذا الجدول الاتي فنقول

درجات الترمومتر الموافقة لهذه الضغوط	درجات الترمومتر الموافقة لهذه الضغوط		ضغوطات معبر عنها بالضغوطات الهوائية
	<u>كليمان</u> ودوزورم	<u>سوترن</u>	
درجات	درجات	درجات	
١٠٠	١٠٠	١٠٠	١
١٢٤	١٢١ ٥٥	١٢١ ٣٠	٢
١٤٤ ٨٢	١٤٤ ٩٥	١٤٥ ٣٣	٤
١٦٧ ٥٠	١٧٢ ١٣	١٧٣ ١١	٨

وقد اثبتوا حجة قول ماريوت بالنسبة للانضغاطات المتوسطة وهوان تسخين
بخار الماء المضغوط يكون مناسباً للضغوطات التي يحملها هذا البخار وبالجملة
فقد يـ كون الحجم مخالفاً بالكلية لهذه الضغوطات اذا فرضنا ان الحرارة
واحدة

وعلى حسب تجارب مسيو جلوسالك في صحيفة ٣٧٢ و ٣٧٣

كلما كرم ان البخار يزيد بحجمه بقدر $\frac{1}{273}$ لكل درجة من الارتفاع عند ما زادت حرارته وينقص في هذه النسبة لكل درجة من انخفاض الترمومتر المثبته يلزم عمل حساب الجدول الآتي

قياس الضغوط					حجم ١٠٠٠ كيلو غرام من البخار	
في درجات الترمومتر	في الجوّ	في ارتفاعات البارومتر		في مائة درجة	في الحرارة الواقعة لضغطه	
		بالماء	بالزئبق			
درجة	درجات	امتار	ميليمتر	متر مكعب	متر مكعب	
١٨٢ ٠٠	١٠ ٠٠	١٠٣,٣٦	٠٠٧٦٠	٠٠٢٠٧,٩٨	٠٠١٧٠,٠٠	
١٧٧ ٤٠	٠٩ ٠٠	٩٣,٠٢	٠٠٦٨٤٠	٠٠٢٢٨,٧٢	٠٠١٨٨,٨٩	
١٧٢ ١٣	٠٨ ٠٠	٨٢,٦٨	٠٠٦٠٨٠	٠٠٢٥٤,٢٧	٠٠٢١٢,٥٠	
١٦٦ ٤٢	٠٧ ٠٠	٧٢,٣٥	٠٠٥٣٢٠	٠٠٢٨٦,٧٠	٠٠٢٤٢,٨٥	
١٦٠ ٠٠	٠٦ ٠٠	٦٢,٠١	٠٠٤٥٦٠	٠٠٣٢٩,٦٥	٠٠٢٨٢,٢٣	
١٥٦ ٧٠	٠٥ ٥٠	٦٦,٨٥	٠٠٤١٨٠	٠٠٣٥٦,٨٦	٠٠٣٠٩,١٠	
١٥٣ ٣٠	٠٥ ٠٠	٥١,٦٨	٠٠٣٨٠٠	٠٠٣٨٩,٢٨	٠٠٣٤٠,٠٠	
١٤٩ ١٥	٠٥ ٥٠	٤٦,٥٢	٠٠٣٤٢٠	٠٠٤٢٨,٣٦	٠٠٣٧٧,٧٧	
١٤٤ ٩٥	٠٤ ٠٠	٤١,٣٤	٠٠٣٠٤٠	٠٠٤٧٧,٠٥	٠٠٤٢٥,٠٠	
١٤٠ ٣٥	٠٣ ٣٣	٣٦,١٨	٠٠٢٦٦٠	٠٠٥٣٩,١٠	٠٠٤٨٥,٧٠	
١٣٥ ٠٠	٠٣ ٠٠	٣١,٠٠	٠٠٢٢٨٠	٠٠٦٢٠,٧٤	٠٠٥٦٦,٧٠	
١٣٢ ١٥	٠٢ ٧٥	٢٨,٤٢	٠٠٢٠٣٠	٠٠٦٧٢,٣٦	٠٠٦١٨,٢٠	
١٢٨ ٨٥	٠٢ ٥٠	٢٥,٨٤	٠٠١٩٠٠	٠٠٧٣٣,٤٥	٠٠٦٨٠,٠٠	
١٢٥ ٥٠	٠٢ ٢٥	٢٣,٢٦	٠٠١٧١٠	٠٠٨٠٨,٠٠	٠٠٧٥٥,٥٠	
١٢١ ٥٥	٠٢ ٠٢	٢٠,٦٧	٠٠١٥٢٠	٠٠٨٩٩,٩١	٠٠٨٥٠,٠٠	
١١٧ ١٠	٠١ ٧٥	١٨,٠٩	٠٠١٣٣٠	٠١٠١٦,٦٦	٠٠٩٧١,٤٠	
١١٢ ٤٠	٠١ ٥٠	١٥,٥١	٠٠١١٤٠	٠٠١١٧,٥٩	٠١١٣٣,٣٠	
١٠٦ ٦٠	٠١ ٢٥	١٢,٩٣	٠٠٠٩٥٠	٠١٣٨٤,٣٦	٠١٣٥٩,٩٠	
١٠٠ ٠٠	٠١ ٠١	١٠,٣٤	٠٠٠٧٦٠	٠١٧٠٠,٠٠	٠١٧٠٠,٠٠	
٠٩٢ ٠٠	٠٠ ٧٥	٠٧,٧٦	٠٠٠٥٧٠	٠٢٢١٧,٢٠	٠٢٢٦٦,٦٠	

٠٢٢٢٩,٣٦	٠٠٢٤٠٠,٠٠	٠٠٥,١٨	٠٠٣٨٠	٠ ٠٠٥٠	٠ ٨٢ ٠٠
٠٦١٩٨,٣٨	٠٠٦٨٠٠,٠٠	٠٠٢,٦٠	٠٠١٩٠	٠ ٠٠٢٥	٠ ٦٦ ٠٠
١١٨٠١,٠٠	٠١٣٦٠٠,٠٠	٠٠١,٣٠	٠٠٠٩٥	٠ ٠١٢٥	٠ ٥١ ٤٥
١٩٩١٧,٥٠	٠٢٧٢٠٠,٠٠	٠٠٠,٦٥	٤٧,٠٥	٠ ٠٦٢٥	٠ ٣٨ ٠٠
٩١٧٣٥,٦٠	١٢٠٦٧٠,٠٠	٠٠١٤٥٦	١٠,٧١	٠ ٠١٤١	٠ ١٢ ٠٠

وأول من عرف منفعة استعمال قوة البخار مسيو واط لكن ليس بمجرد ضغط
الجو فقط بل بضغط $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ من الضغوطات الجوية بأن يؤثر بقوة
الطبيعية فإذا قابلهنا على مقتضى تجاربه نتيجة كمية ثابتة من البخار إلى
١٠٠ درجة أى ضغطه جوية من هذا البخار الذى يمتد طبعه فالتا نجد
لامتداد هذا العدد أعق

$$\text{نتيجة} \quad ٠ \quad \frac{1}{8} \quad \frac{2}{8} \quad \frac{3}{8} \quad \frac{4}{8} \quad \frac{5}{8} \quad \frac{6}{8} \quad \frac{7}{8}$$

$$١ \quad ١,٧ \quad ٢,١ \quad ٢,٤ \quad ٢,٦ \quad ٢,٨ \quad ٣ \quad ٣,٢$$

وإذا ضربنا حجم البخار الناشئ عن كل حرارة فى الضغطة التى يحملها هذا الحجم
فينتج معنا الثقل الذى يمكن أن يكون مرتفعاً إلى متر واحد وإذا ابتدأنا بقاعدة
واط على القوة الحاصلة مدة امتداد البخار فالتا نحسب بعد ذلك الثقل الذى
يرفعه البخار وقت امتداده وعلى موجب هذه القواعد صنع مسيو كليمان
الجدول الآتى الذى طبعه على ورقة واحدة مع الجدول المتقدم وهو هذا

قوة ميكانيكية				الجو
اللازمة لتحصيل واحد كيلو غرام من البخار	اللازمة لامتداد ضغط ٧١ درجة من الجو من ١٢ درجة من الحرارة	يكون واحد كيلو غرام من البخار مشملا على ٦٥٠ ترم	اللازمة لكيلو غرام من القمم الذي ينشأ عنه بالاحتراق ٧٠٥٠ ترم	
تحت دينام	تحت دينام	تحت دينام	تحت دينام	
١٣٨٤,١٩	١٢٧,٦٢	١٠٦,١٢	٠٢١,٥٠	١٠
١٣٥٦,٦٣	١٤٥,٠٨	١٠٣,٨٠	٠٢١,٢٨	٩
١٣٢٤,٨١	١٢٢,١٦	١٠١,١٢	٠٢١,٠٤	٨
١٢٩١,٧٧	١١٩,١٠	٠٩٨,٣٤	٠٢٠,٧٦	٧
١٢٥٣,٣٧	١١٥,٥٦	٠٩٥,١١	٠٢٠,٤٥	٦
١٢٣٢,١٣	١١٣,٦٠	٠٩٣,٣١	٠٢٠,٢٩	٥ ٥٠
١٢٠٩,١٣	١١١,٤٨	٠٩١,٣٥	٠٢٠,١٣	٥
١١٨٤,٠٧	١٠٩,١٧	٠٨٩,٢٤	٠١٩,٩٣	٤ ٥٠
١١٥٨,٢٩	١٠٦,٧٠	٠٨٦,٩٧	٠١٩,٧٣	٤
١١٢٦,٤٩	١٠٣,٨٦	٠٨٤,٣٥	٠١٩,٥١	٣ ٥٠
١٠٩١,٧٧	١٠٠,٦٦	٠٨١,٤١	٠١٩,٢٥	٣
١٠٧٢,٥٧	٠٩٨,٨٨	٠٧٩,٧٧	٠١٩,١١	٢ ٧٥
١١٥١,٣٣	٠٩٦,٩٣	٠٧٧,٩٧	٠١٨,٩٦	٢ ٥٠
١٠٢٨,٢٣	٠٩٤,٨٢	٠٧٦,٠٢	٠١٨,٨٠	٢ ٢٥
١٠٠٢,٥١	٠٩٢,٤٣	٠٧٣,٨٢	٠١٨,٦١	٢
٠٩٧٣,٦٥	٠٨٩,٧٧	٠٧١,٧٨	٠١٨,٣٩	١ ٧٥
٠٩٤٢,٢٠	٠٨٦,٨٧	٠٦٨,٧٠	٠١٨,١٧	١ ٥٠
٠٩٠٤,٣٥	٠٨٣,٣٨	٠٦٥,٤٩	٠١٧,٨٩	١ ٢٥
٠٨٥٩,٣٥	٠٧٩,٢٣	٠٦١,٦٥	٠١٧,٥٨	١
٠٨٠٢,٩٥	٠٧٤,٠٣	٠٥٦,٨٤	٠١٧,١٩	٠ ٧٥
٠٧٢٦,٨٠	٠٦٧,٠١	٠٥٠,٣٠	٠١٦,٧١	٠ ٥٠
٠٦٠٢,٣٠	٠٥٥,٥٣	٠٣٩,٥٨	٠١٥,٩٥	٠ ٢٥

٠٤٨٤,٣٨	٠٤٤,٦٥	٠٢٩,٤٠	٠١٥,٢٥	٠ ١٢٥
٠٣٧١,٦٠	٠٢٤,٢٦	٠١٩,٦٥	٠١٤,٦١	٠ ٠٦٢٥
٠١٤٥,٢٣	٠١٣,٣٩	٠٠٠,٠٠	٠١٣,٣٩	٠ ٠١٤١

وربما خطأ الانسان واغتر اذا تفكر في كونه يحصل مقدار اقرب من النتيجة
النافعة الناشئة عن الآلات البخارية بواسطة الجداول المذكورة
في صيفتي ٣٧٦ و ٣٧٨ حيث انهما يعطيان قوة عظيمة تفوق على
حقيقة الاشياء وتتجاوز الحدود في المبالغة واما على مقتضى الجدول المذكور
اتفاقا اذا اردنا حساب الوقود المنصرف والنتيجة الناشئة عن آلة البخار
المتحركة بضغطة ورابع من الضغوط الجوية وتكون قوتها مساوية لقوة
عشرة خيول وتحدث على مذهب واط في اربعة وعشرين ساعة قوة
٧٣ دينا ما فائنا نجد ان كمية الوقود المنصرف في اربعة وعشرين ساعة
مساوية الى ١١٠٠ كيلو غرام

وكل كيلو غرام من الفحم يعطى ٧٠٥٠ ترما مقسومة على ٦٥٠ اللازمة
كيلو غرام

لتحصيل كيلو غرام من البخار وهذا العدد يعطى ١٠٠٩٤ من البخار وهذا العدد
الاخير اذا ضرب في ١١٠٠ يعطى لنا ١٢٠٣٤ كيلو غراما من البخار
ونتيجة الف كيلو غرام من البخار على ضغطة جوية ورابع تعطى لنا القوة المعبر
عنها بهذا العدد ١٧,٨٩ دينا ما فيلزم حينئذ ضرب هذا العدد في ١٢٠٣٤
الذي يكون حاصله ٢١٥,٢٩ دينا ما بخلاف القوة الحقيقية فانها لم تكن
الا ٧٣ دينا ما في هذه الطريقة يفقد لنا القوة كما ظهر بالنظر في حركة
الآلات مثلا فعوضا عن ١٢٠٣٤ كيلو غراما الحاصلة من البخار
لم تحدث آلة القرب وآلة القازان التي ابتدعها واط سوى ٥٨٠٠
اعنى اقل من نصف الحرارة باحتراق الفحم وما بقى من فقد القوة فهو الاسطوانة
بالتسخين مع الماء البارد وبإخراج البخار من المكبس وبطلموبات
الخدمة المستعملة في استخراج الماء البارد والهواء اللذين يخرجان من البرودة

بواسطة الاحتكاكات وغيرها

فأذن يلزم اعتبار الجدول المتقدمه بانها صالحة بالنظر لذاتها في كونها تبين لنا ان نتيجة الحرارة وقوتها تكون قابله للاحداث وينشأ منها تشبيهات قابله لان تبين لنا في العملية أى درجة تقرب الانسان من النتائج العقلية
فاذا اعتبرنا طرق استعمال قوة البخار المختلفة على العموم فالتاثيرى اولا انه يمكن استعمالها بضغط هين بمجرد القوة التى تحدث البخار الى ١٠٠ درجة بدون استداد ولا تسخين ومتى تر كبا بعد ذلك الامتداد يحدث قوته فالتاثيرى قوه جديدة على القوة الاولى كما ذكره واط وعلى حسب النسب التى بينها

ومتى احدثنا البخار على ضغط يفوق ضغط الجو البسيط فانه يمكن الاكتساب من قوة البخار بدون تسخين بأن نفقد البخار الحاصل فى كل مرة ثم يمكن منعه من الخروج الى ان يمتد لضغط الجو واذا سخننا هذا البخار فيمكن ان نضيف شيئاً الى هذه النتيجة وبالجملة يمكن ازدياد هذه النتيجة النافعة بأن ندفع الارتخاء تحت الضغطة الجوية وينشأ عن هذه التراكيب المختلفة التى كل واحدة منها تزيد على النتيجة الكلية نتيجتها الخاصة عدة تراكيب آلات مختلفة وسنبين فى الدرس الثالث عشر انه يمكن على مقتضى تجربة واط العمل بضغطة هينة بل وبضغطة تبلغ ضغطة هوائية ونصفان تكسب مرة واحدة من الامتداد والتسخين وسنتكلم فى الدرس الرابع عشر على التراكيب التى تحصل فيما يسمى بالضغطات المتوسطة وتبلغ أربعة أو خمسة من الضغطات الجوية التى تستعمل فى الآلات ذات الضغطات الكبيرة التى تشتغل بعدد كبير من الضغطات الجوية

ثم ان مسيو كرتيان عمل على تحصيل البخار عدة تجارب سنتكلم عليها بالتوالى فاستعمل قازانا مسبوكا كثيرا فاجدا مغلقا مغلقا محكما بغطاء من مادته يدور على اطرافه مع اطراف القازان ومثبت عليه مع الصلابة بعدة مسامير وعمل هذا المعلم جميع الاحتراسات اللازمة بحيث يكون غلق هذا الغطاء محكما ويدخل الترمومتر المئتين فى داخل القازان بعلمة سدودة بكتان سدا

محكما ملتصقة بالغطاء مع غاية الدقة والضبط وترتفع الانبوبة القصيرة التي
تجري مع غطاء قناة تلك العلبة في وسط هذا الغطاء وفي تلك الانبوبة زمام
لوضع عليه الواح منتظمة من نحاس فيها عدة منافذ مختلفة الاشكال والابعاد
وهناك اسطوانة صغيرة صلبة من نحاس معلقة في طرف قضيب رفيع جدا
من نحاس مثبتة على رافعة التوازن تسبح على وجه الماء وبها يعرف ميزان
الماء في القازان وبها يعرف ايضا كمية الماء المتصاعد وهناك كيس صغير
من المعدن يدخل فيه الجسم العوام في داخل القازان ويسكنه قهرامع
وجودار تجابات الغليان وهناك انبوبة اخرى تنفخ قريبا من قعر القازان
وتشق الغطاء المتصلة هي به بزمام له لواب محكم وتشترك مع جسم
الطلومبة الكابسة المعينة لتأدية الماء للقازان ويكون جميع سطح القازان
الداخلي مساويا ٣٦٤٠ سنتيمترات مربعة ثم ان ١٠ لترات ماء
التي هي عادة تشحن القازان تكون متحدة مع سطح القازان الداخلي

سنتيمتر مربع

المساوي ٨٢ ر ٨٩٣ ر ١ ويكون المستوقد كبيرا بحيث يحمل القازان
بابعاده وموضوعا بشرط ان الالتهاب يحيط بالقازان قبل ان يمر بالمُدخنة
ويكون جر الكانون متقنا بحيث يمكن تلطيفه مهما أراد الانسان مع غاية
الراحة ولولا الماء لاجترق قعر القازان جدا من النار التي تحته وقت التجارب
ومتى كانت النار مرفوعة بكثرة على قدر الامكان فان قصبة الصفيح المكونة
لقاعدة القازان تكون جراء على الدوام في ارتفاع نحو اربع دسمترات

القسم الاول من التجارب في تحديد حصول البخار وخروجه من عدة
منافذ بواسطة النار القوية التي يمكن جعلها في الكانون وحفظها على هذه
الدرجة والاعتناء بها ويكون ارتفاع البارومتر ٧٦٥ ميليمترا او لا يكون
للقصبة الاولى المثلثة ١٢ ميليمترا من الطول على ٣ من العرض وينتج
من الاثنى عشرة تجربة ان حرارة الماء والبخار تكون باقية في القازان
على ١٠٥ درجة وبواسطة الحرارة المستعملة يتصاعد الليتر لتر

من الماء أو كيلو غرام واحد من الماء في ٣ دقائق
(ثانيا) يكون للفتحة المستديرة القائمة الزوايا ٦ ميليمترات من الطول على ٣
من العرض ونهاية الحرارة في القازان ١١٥ درجة ويتصاعد لتر الماء
في ٣ دقائق

(ثالثا) يكون للفتحة القائمة الزوايا ٣ ميليمترات من الطول على ٣
من العرض ونهاية حرارة الماء في القازان ١٣٨ درجة فيتصاعد لتر
الماء في ٣ دقائق

(رابعا) الفتحة المستديرة التي قطرها ٢٥ ميليمترات تكون نهاية حرارتها
١٠٠ درجة ويتصاعد فيها لتر الماء في ٣ دقائق
(خامسا) الفتحة المستديرة التي قطرها $\frac{1}{4}$ ١٢ ميليمترات تكون حرارتها
في القازان على ١٠١ درجة يتصاعد فيها لتر الماء في ٣ دقائق
ميليمتر

(سادسا) الفتحة المستديرة التي يكون قطرها ٢٥ ر ٦ ونهاية حرارتها
في القازان ١١٢ درجة يتصاعد فيها لتر الماء في ٣ دقائق
(سابعا) متى نزع غطاء القازان فتكون الحرارة ١٠٠ درجة ويتصاعد
٩ لترات من الماء في $\frac{1}{4}$ ٢٧ دقيقة

فينتج من القسم الاول من التجارب ان تحصيل البخار يستدعي نفس هذه
الكمية من الحريق مهما كانت درجة الحرارة التي بها يصل هذا البخار
وتبين لنا هذه التجارب ايضا كيفية تحديد فتحة المنافذ القليلة لتحصيل
البخار على جذب معلوم أو بالاختصار جذب البخار ذي ١٠٠ درجة
من الحرارة

واستنتج مسيو كرتيان من هذه التجارب ان سطح الفتحة الصغيرة جدّا
في القازان لكي لا يحدث بنا فوره مستمرة الا البخار ذا ١٠٠ درجة يلزم
أن يكون تقريبا ١٠٠ ر ١ جزء أو ١٤٠٠ من سطح الماء
المعرض للنار

ارتفاع حرارة البخار وقت خروجه من هذا المنفذ	نسبة سطح المنفذ الى سطح الماء المعرض للنار
درجة ١٠٠٠	١٠٠٠ الى ١٢٠٠
١٠٠,٠٥	٥ ٢٦٠
١١٥	١٠ ٥٢١
١٢٨	٢١ ٠٤٢

وتبين لنا التجارب المذكورة ايضا ان $\frac{1}{3}$ مترا مربعاً من سطح القازان المعرض للنار يحدث في كل دقيقة واحد كيلو غرام من البخار وهذه نتيجة بسيطة سهلة العمل في الصناعة ومع ذلك يلزم ان نعتبر ان هذه النتيجة تتعلق بالنار القوية التي يمكن احداثها تحت القازان اي النار التي لم تكن معتادة في الصناعة على الدوام وبناء على ذلك يلزم ان نعتبر ان هذه النتيجة من أعظم النتائج الكبيرة جداً واما مع النار المعتادة المنتظمة لا غير فانه لا يتحصل سوى ثلث أو نصف الكمية المذكورة

القسم الثاني من التجارب التي تستعمل في بيان زمن جريان اللتر الواحد من الماء الى بخار بواسطة منافذ بشرط ان تكون الحرارة المتوسطة المتعلقة بالماء في القازان باقية على ١٠١ درجة مئوية لجميع المنافذ ويكون ارتفاع البارومتر ٧٦٧ ميليمتراً

اولاً الفتحة القائمة الزوايا يكون طولها ١٢ على ٣ من العرض يتصاعد فيها اللتر الواحد من الماء بواسطة في $\frac{1}{8}$ دقيقة

ثانياً الفتحة القائمة الزوايا من ٦ ميليمتر من الطول على ٣ من العرض مدة التصاعد المتوسطة لتصاعد اللتر من الماء بهذه الفتحة في ١٨ دقيقة

ثالثاً الفتحة القائمة الزوايا من ٣ ميليمتر من الطول على ٣ من العرض تكون مدة التصاعد المتوسطة للتر واحد من الماء بهذه الفتحة ٣٤ دقيقة

وفي هذه التجارب كان يلزم تلطيف النار لكي لا يتجاوز ١٠١ من الدرجات المئوية وهذا ما يوضح مدة تصاعد الماء الطويلة

وبناء على ذلك انه بواسطة منفذ تكون سعته ٥٢٦٠ جراً من سطح الماء المعرض للنار الملطفة لكي لا يرفع البخار اكثر من ١٠١ من الدرجات المثنية $\frac{1}{3}$ امتار مربعة لا تكفي الالتصاعد كيلو غرام واحد من الماء في ٣ دقائق

وتبين لنا التجارب التي ذكرناها آتفا ان مدة خروج ثقل معلوم من البخار من منفذ تكون تقريباً عكس سطح المنافذ وهذا ما يدل على ان السرعة التي بها يخرج البخار من المنافذ تكون مناسبة لسطح تلك المنافذ وهذه نتيجة عظيمة من النتائج المشهورة وينبغي لنا ان نبين ايضاً المنافذ الصغيرة التي يخرج منها الماء ويرتفع فوق ١٠٥ من الدرجات المثنية

وقد استنتجنا من القسم الاول من تسلسل التجارب انه ما عدا الفتحة المناسبة لسطح الماء المعرض للنار لا يرتفع الماء اكثر من ١٠٠ درجة وذلك فيما اذا كان غطاء القازان مرفوعاً بالكلية

واما السلسلة الثالثة من التجارب فانها تستعمل لتحديد مدة جريان ثقل معلوم من البخار خارج من فتحة ثابتة ذات ٩ ميليمترات مربعة على درجات مختلفة من الحرارة مع ارتفاع البارومتر الذي يساوي ٣٦٢ ميليمترا

الزمن اللازم لخروج البخار	حرارة البخار
من المنفذ	في القازان

١٣ دقيقة

١٠٥ درجة

 $8\frac{1}{3}$

١١٠

 $6\frac{1}{6}$

١١٥

 $5\frac{1}{6}$

١٢٠

 $4\frac{1}{6}$

١٢٥

 $3\frac{1}{6}$

١٣٠

٣

١٣٥

واما السلسلة الرابعة من التجارب التي تزيد فيها الحرارة من ١٢٥ ثم ١٣٥

درجات فانها تكون

١٠٠	درجة
١١٠	
١٢٠	
١٣٠	

وفي التجارب المذكورة اعلاه يكون شكل المنفذ الذي يخرج منه البخار في نسبة سطح الماء المعرض للنار كنسبة ١ الى ٢١٤٢٠ ويمكن استعمال هذه النسبة في المقادير الكبيرة جدا ومن الغريب كون مدة سيلان كيلو غرام واحد من البخار على ١٠٠ درجة تكون في ٤٠ دقيقة مع انها في ١٢٠ درجة لم تكن الا في $\frac{1}{5}$ دقائق وينبغي لنا ان نلاحظ في هذه الحرارة الاخيرة ان البخار لا يحمل ضغطا يكاد ان يكون متضاعفا فقط بل له كثافة متضاعفة ايضا بحيث ان عددا كبيرا من الاجزاء الصغيرة يمر من هذه الفتحة مع سرعة كبيرة

ثم ان مادة المجارى وطولها وقطرها له مدخل في تضعيف الحرارة وبناء على ذلك تؤثر في تقليل جذب البخار الذي يسيل من هذه المجارى في زمن معلوم وقد عمل مسيو كرسيتيان فيما يتعلق بهذا الغرض عدة تجارب فاستعمل لذلك مجارى من رصاص حيث ان هذا المعدن اقل توصلا للحرارة من النحاس والحديد

اول سلسلة من التجارب مع مجرى من الرصاص لها ١٢٠ متر من الطول على ٩ ميليمتر من قطرها الداخلي

حرارة البخار في داخل المجرى
حرارته في الخارج

١٠٠	درجة
١٠١	
١٠٢	

١٠٠.

١٠٣

 $١٠١ \frac{٢}{٣}$

١١٠

 $١٠٣ \frac{٢}{٤}$

١١٥

١٠٥

١١٨

السلسلة الثانية من التجارب تستعمل في غطاء طول المجرى بواسطة
كينارات من الجوخ

٩٩

١٠٠ درجة

 $٩٩ \frac{٢}{٣}$

١٠١

 $٩٩ \frac{٢}{٤}$

١٠٢

 $٩٩ \frac{٤}{٥}$

١٠٣

١٠٠.

١٠٤

 $١٠١ \frac{٢}{٣}$

١١٠

 $١٠٣ \frac{٢}{٤}$

١١٥

١٠٥

١١٨

السلسلة الثالثة من التجارب مع المجرى المتقدمة مغطاة بالكينار ومحوالة الى
٨ امتار من الطول

 $٩٩ \frac{١}{٣}$

١٠٠ درجة

 $٩٩ \frac{٢}{٥}$

١٠١

 $٩٩ \frac{٤}{٦}$

١٠٢

١٠٠.

١٠٣

 $١٠٢ \frac{٢}{٦}$

١١٠

 $١٠٥ \frac{١}{٤}$

١١٥

السلسلة الرابعة من التجارب مع انبويته قدرها ٨ امتار بدون غطاء

 $٩٩ \frac{١}{٣}$

١٠٠ درجة

 $٩٩ \frac{٢}{٦}$

١٠١

$99\frac{3}{4}$	١٠٢
١٠٠	١٠٣
$102\frac{1}{4}$	١١٠
$104\frac{1}{4}$	١١٥
السلسلة الخامسة من التجارب مع مجرى محولة الى ٤ أمتار من الطول بدون غطاء	

$99\frac{1}{4}$	١٠٠ درجة
$99\frac{3}{4}$	١٠١
$100\frac{1}{4}$	١٠٢
$104\frac{1}{4}$	١١٠
١٠٥	١١١

السلسلة السادسة من التجارب مع انبوبة قدرها اربعة امتار مغطاة بالكينار المذكور

$99\frac{3}{4}$	١٠٠ درجة
$99\frac{5}{8}$	١٠١
$100\frac{1}{4}$	١٠٢
$104\frac{1}{4}$	١١٠
١٠٥	١١٨

السلسلة السابعة من التجارب مع انبوبة قدرها اربعة امتار من الطول بدون غطاء وتبل بالماء البارد الى ٥٠ في درجة من الطول على نحو نصف من الطول وعلى عدة مرات

نقطة الجار	١٠٠ درجة
$99\frac{1}{4}$	١٠١
$99\frac{3}{4}$	١٠٢
$99\frac{5}{8}$	١٠٣

٩٩ $\frac{3}{4}$	١٠٤
١٠٠	١٠٥
١٠٣	١١٠
١٠٣ $\frac{1}{2}$	١١١

وعلى مقتضى هذه التجارب يرى انه لا يظهر ان طبيعة الجوهر المرصوبة منه المجارى لا تؤثر شيئاً في اتلاف الحرارة التي تحصل للمجرى البخارى في حدود الطول الذي ذكرناه أنفا ويرى ايضا ان طول الانبوبة يؤثر تأثيراً بيناً في فقد الحرارة وحيث اتنا فرض ان هذا الطول يساوى بالتوالى ١٢ متراً و ٨ امتار و ٤ امتار يلزم ان البخار يكون في سدخل المجرى على حرارة ١١٨ درجة من ١١٥ درجة ومن ١١١ درجة لكي تكون الحرارة في مخرج هذه الانابيب الاصلية محولة الى ١٠٥ من درجات الحرارة

ومتى كان قطار المجرى صغيراً جداً بالنظر الى كمية البخار التي يخرج بها في زمن معلوم فيكون فقد الحرارة جسيماً جداً فلذا يظهر لنا اذا اعتبرنا التجارب المعمولة مع المجرى التي قطرها ٩ ميليمترات ومع التجارب الاخر المصنوعة مع المجرى التي قطرها ٢٠ ميليمتراً والمجرى التي قطرها ٢٣ ميليمتراً وبالجملة متى رفعنا الحرارة مع هذه المجرى الاخيرة الى ١٠٦ من درجات الحرارة في القازان فانها لم تنزل الا الى درجة ١٠٥ في مخرج الانبوبة التي طولها ٤ امتار

وهذه التجارب التي يجب ذكرها توصلنا الى مباحث من هذا الجنس مقوية لتعيين الابعاد التي تصلح لمدة اجراء من آلات البخار ولاجل احداث دينام واحد من القوة مع آلات البخار على حسب طريقة مسيو واط يلزم (اقولاً) ٨٥ كيلو غراماً من البخار وبالجملة يلزم قدر هذا العدد من الماء المراد دخوله في القازان (ثانياً) ١٨ كيلو غراماً من الفحم وقد رذلست مزارات من الماء وست مزارات من الفحم تعطى لنا قوة الحصان

في أربعة وعشرين ساعة ويمكن ان تستعمل هذه التجارب البسيطة في حساب الابعاد التي تكون في الاجزاء الاصلية من الآلات التي سنذكرها في الدرس الآتي تفصيلا

وستكلم في هذا الدرس على الكوانين على موجب استعمال واط وهناك كوانين آخر موضوعة بكيفية بحيث يتفقد الدخان في المستوقد لا حترقه وذلك كالاfran او الكوانين التي تحترق الدخان ولا ينشأ عنها فوائد كثيرة الا اذا حرق فيها جلة جسمية من الوقود دفعة واحدة وبها يتحصل أولا على توفير جزء من الوقود المفقود وعلى حسب العادة وزيادة على ذلك تنقص الضرر العظيم الذي يحصل في كثرة الدخان الذي يخرج من مداخن آلات البخار وتشغل الجوف وتنسخ منها الاشياء التي تمرعابها وتترك فيها ذرات صغيرة من الفحم وغيره ويصير هذا الضرر جسيما في المدن الكبيرة كمدينة برمنغام و لوندون اللتين يحرق فيهما كمية كبيرة من فحم الحجر في عدة مداخن من البيوت والصنائع

* (الدرس الثالث عشر) *

(في الكلام على آلات البخار على طريقة واط)

واقول من ذكر في سنة ١٦٦٣ من الميلاد ووصف التركيب الذي يشبه تركيب آلات البخار هو امير وورستير حيث عرض في شأن استعمال قوة الماء البخارية (رفع الماء اكثر من ١٢ مترا اذا جبر انسان على كونه يدور لولابين بالتعاقب يلزم ان الماء البخاري متى فرغ من الاناء الاول لا بد وأن يكون اناء ثان مملوئاً من الماء البارد يدور في نوبته وهكذا الى ما لانهاية وبعد مدة ابتدع باين حلقته المشهورة المغلوقة التي ماؤها ساخن جدا بحيث يكون فيه قوة لذوبان العظام وجواهر اخر حيوانية صلبة والتزم بأن يستعمل قوة البخار الكبيرة كقوة المحركة وان لم ينجح في تجاربه

واما الامير ساوري فانه لما كان او فرحظا من باين نجح في رفع كميات قليلة من الماء على ارتفاعات صغيرة وان لم ينجح في نفاد المعادن العميقة

وعلى مقتضى قانونه الذي عرضه في شأن رفع الماء الى ارتفاع لم يزد عن ١٠ امتار حدثت عدة آلات وبنوا من هذه الآلات بجلة كبيرة في احدى ملاحات جنوب فرانس التي يلزم فيها رفع الماء الى ٥٠ و ٥٠ امتار فقط وعيب آلة ساورى هو كثرة التكاليف ومصاريف البخار وبالجملة كثرة الوقود وظهر لنا بالتجربة ان $\frac{1}{11}$ جزءاً بالاقل من البخار الحاصل تكون ساخنة بلا فائدة والذي يكون مستعملاً منها مع الفائدة النافعة هو $\frac{1}{11}$ فقط وقد بد لنا جميع الجهودات في تقيص ضياع البخار في الآلة المذكورة التي عيبها كونها تخلط هذا البخار مع الماء الذي ترفعه

ومن بجلة مهندسي معادن كورنالى الذين كانوا يشتغلون كثيراً بطرائق تطبيق آلات البخار في تصفية المعادن فووكومان الحداد وهو الذي أراد حل هذه المسألة وهالك صورة الآلة التي اخترعها

وهي أن البخار يخرج من القازان الكبير بانبوبة عمودية ويرتفع في اسطوانة تحتوى على مكبس ويكون الجزء الاسفل من الانبوبة محكم القفل بلوح معدني دائر حول محور عمودي متحرك بواسطة ملوى صغيرة ويحمل المكباس قضيباً رأسياً يوجد في آخره سلسلة مثبتة على قوس دائرة مثبتة على رافعة ويحمل الفرع الآخر من الرافعة قوساً من الدائرة وسلسلة معلقة في مكاس الطلومبة المعينة لرفع المياه ويوجد فوق الاسطوانة صهر يج يشترلك مع القاعدة السفلى من الاسطوانة بانبوبة منحنية وهناك لواب ذو ملوى يمنع عند الاحتياج مرور الماء بهذه الانبوبة المنحنية ويسهل الآن معرفة حركة الآلة وهوائنا اذا أردنا رفع مكباس الاسطوانة فالتناقل الحنفية التي تمنع دخول الماء في الاسطوانة وتفتح الحنفية التي تخرج البخار الذي يتدد في الاسطوانة وترفع المكباس ومتى بلغ المكباس نهاية سيره فالتناقل حنفية البخار وتفتح الحنفية الاخرى ففي الحال ينزل ماء الصهر يج في الاسطوانة وحيث انه ابرد من البخار فانه يستعمل في معادلته ومتى تحول هذا البخار الى حجم قليل جداً فان ضغطه الهواء المؤثر في المكباس تصير قوية وتنزل هذا المكباس وفرع الرافعة المقابل له

معا ويرتفع القرع الآخر من الرافعة بهذه الحركة وبالجمله يرفع مكباس الطلومبية
المعدة لتصفية المياه

ويرى على حسب ما تقدم ان طريقة ساورى كانت تحرك طلومبته بضغطه
البخار والجو المتعاقبة بخلاف آلة نووكومان فانها كانت ترفع الماء بضغطه
الهواء فقط وانما البخار كان مستعملا فيها كطريقة السرعة التى تحدث
فراغا بالواسطة التى بها تحرك الضغط الهوائية على الرافعة التى تنقل القوة
المحركة ولا يلزم مع آلة نووكومان استعمال البخار ساخرنا جدا بل يمكن
أن نجري العملية بدرجات لطيفة من الحرارة وبناء على ذلك نوفر جملة من
الحريق ولم نخش ضررا ولنبيين ان نهاية قوة آلة نووكومان لا تتوقف على
قوة القازانات والاسطوانات لاجل مقاومة ضغط البخار بل تتوقف على الابعاد
التي يمكن وضعها لها مع الفائدة كبقية اجزاء الآلة وبالجمله يمكن تطبيق
آلة نووكومان مع السهولة لتوصيل القوة المحركة على كل نوع من انواع
الآلات بواسطة الرافعة التى تستعمل فيها

وقد شرعنا سنة ١٧٠٥ فى أن نستعمل هذه الآلة وفى سنة ١٧١٢
صار اغلب مشكلات استعمالها فى غاية السهولة وقد شرعوا فى ابطال شغل
الرجال اى تفتح وتغلق الخنفيات تارة واخرى وأجريت هذه العملية لحركة
الرقاص الاعظم ولم يحصل للآلة استكمال مشهور سنة ١٧١٧ وينبغى
التنبية على فائدة آلة نووكومان

وقاسوا حرارة الماء المستعمل فى تسخين البخار فى هذه الآلة عند ما يخرج
هذا الماء من الاسطوانة بعد التسخين فوجدوا ان حرارة الماء تتغير من ٦٠
الى ٨٠ درجة مئانية وهذا هو ارتفاع الحرارة الاعظم الذى يبين لنا ان
البخار فى الاسطوانة وقت انقياده لضغطه الهواء يوجب فيه مقاومة عظيمة
جدا ولا آلة نووكومان ضررا آخر وهو كونها تبرد الماء مكباس والاسطوانة
برش الماء وبالجمله متى كان المكباس والاسطوانة باردين فانهما يساعدان
على تبريد البخار وقت نزول الماء ثانيا ويضعفان قوة النتيجة وسرعتها

وقد نبه ارباب الميكانيكة على انه في حركة المكباس المتوالية التي تستعمل في نزح المياه يلزم أن يكون صعود هذا المكباس أسرع من نزوله وفي النزول تنقص المقاومة وفي الصعود ينقص ضياع الماء ولم تزل آلة نووكومان تستعمل في ارتفاع المياه دون غيرها الى عصرنا هذا ومع ذلك ففي سنة ١٧٥٨ اعطى ماسيو كان فيتيز جرالدي في المصطلحات الفلسفية طريقة في تحويل الحركة المتوالية المنسوبة الى آلة نووكومان الى حركة الدوران المستمرة بتركيب الطارات المضروسة والمدورة بشرط أن تكون الطارة الاولى المضروسة مثبتة على الرافعة الكبرى واقل من عمل هذا التحويل ونجح فيه هو ماسيو واط والضرر الاصل في آلة نووكومان هو كثرة الوقود في شغلها ومساها

ستر

التي يكون قطراسطواناتها ٢١ ر ١ وتشتغل ليلا ونهارا بحيث تحرق في السنة نحو ٦٥١٢٠٠ كيلو غرام من الفحم العظيم واذا أردنا نزح المياه من معادن الفحم كما نستعمل ذلك في حرق قطع الفحم التي يمكن بيعها مع المشقة فينشأ عن هذه الآلات كثير من المنافع ويمكن استعمالها ايضا في بعض معادن اخر لتأدية المياه الضرورية للولايات العظيمة المتسعة وكذلك لبعض الاشياء النافعة وبالجمله تستعمل في جميع ما يقتضي جملة كبيرة من الوقود لتحصيل المطلوب ولكن في اغلب الاحوال يمنع الاسراف في الوقود استعمال هذه الآلات

ولما استكشف الحكيم بلاك كمية الحرارة الخفية التي يتصها الماء لكي يصير بخارا عرفنا من هذا الاستكشاف أن نعطي لآلة نووكومان درجة جديدة في الاستكمال والاولى أن نقول أن يعمل منها آلة جديدة وهذا من أعظم المنافع التي احدها جام واط في العلوم والصناعة وقد عرف الخبر بلاك بالتجربة أن كمية البخار الناشئة عن الحرارة التي تفوق على الغليان تكون مناسبة دائمة لسطح الآنية المعرض لل نار بالمباشرة سواء ترك البخار متفترقا بمجرد حصوله او تركا الحرارة مجمعة في الماء ثم قدعنا

الآنية بعد ذلك لكي يخرج البخار منها
ومن هذه الحوادث ينتج أن من المستحيل توفير الحرارة الضرورية لتحويل
الماء الى بخار ولكن يمكن توفير الحرارة بحيث لا يفقد منها شيء كثير وهذا ما عمله
جام واط فشاهدا قولا تسخين اسطوانة آلة نوو كومان وتبريد هذه
الاسطوانة

وهذا ما ينشأ عنه ضياع الحرارة بدون منفعة حقيقية وهذه المشاهدة
هي التي وصلته الى تسخين البخار خارج الاسطوانة وهذا هو الاستكمال
الاكبر الاصلى الذي ينسب الى واط

وقد بينا في اللوحة الثامنة على مقتضى طريقة واط مسقط قازان البخار
الافقي الرأسى ويدلنا شكل ١ على ارتفاع القازان بالطول المشاهد
في الخارج وشكل ٢ يدل على ارتفاع هذا القازان في جهة عمودية
على شكل ١) ويكون هذا القازان مشاهدا من جهة المستوقد
(وشكل ٣) يدل على مسقط المستوقد الافقى وعلى وضع القازان
وستكلم على بعض تفاصيل تخص العمارة فنقول

ان مستوقد **ف** يتركب من جملة قضبان متوازية غليظة من
الوسط اكثر من الاطراف ويكون بينها مسافة كافية لنفوذ الهواء
ومسافة **د** الفارغة هي محل الرماد الذي تغطيه شبكة **ج** وقازان **ث**
الذى يمكن عمله من صفائح الحديد أو النحاس المجمعة بواسطة رؤس المسامير
المعينة أفقية في الشكل وشكل هذا القازان مثل شكل الاسطوانة التي
تكون اضلاعها وقواعدها رأسية محيط احدى القواعد كما يشاهد في شكل
٢ يكون محدا ونصف دائرة من أعلى ويكون مجوقا من الجهتين كما يكون
مجوقا من أسفل ويرى في الجزء الاعلا من هذا القازان فتحة **ح** التي تسمى
بثقب الاسنان وتستعمل لدخول الشغال منها في القازان لاجل مسجه
وتصليحه وينبغي أن تكون هذه الفتحة صغيرة مهمامكن فيكون كبرها باقيا
على حالة واحدة مهما كانت سعة القازان

وفي شكل ١ و ٢ حرف ت يدل على الأنبوبة التي تستعمل لادخال البخار في اسطوانة الآلة ويعبر عن سدادة الامن بحرف ض ويمكن أن نرى سدادة من هذا الجنس مصورة في لوحة ١٢ شكل هـ وبالجمله حرف ا شكل ١ و ٢ يدل على الأنبوبة المغذية التي بواسطتها يصل الماء الى القازان وشكل ٤ يدل على قطع مفصل عن هذا المجرى وسنوضح عن قريب التركيب الذي تعلق فيه

ويسهل علينا معرفة السير الذي تتبعه الحرارة في شكل ١ و ٢ عندما تخرج من مستودع ف ويدور جزؤ ١ تحت القازان ويأتي آخر هـ ومع ذلك يمكنه أن يمر من هناك على طول اضلاع هـ و هـ شكل ٢ ويأتي في هـ شكل ١ ومن ثم يصير القازان ساخنًا ليس من الجزء الاسفل فقط بل في جميع امتداده من اضلاعه الاربعة الرأسية المنتصبة وبعد تدويره بطريقة محكمة يأتي اللهب والدخان في مجرى ١ شكل ٣ ثم في المدخنة التي يستدل على مسقطها الافقي بحرف ك شكل ٣

ولنصف الآن الجهاز المغزي شكل ٤ فنقول ان حرف ث يدل على المقطع المصنوع رأسياً في جهة طول القازان و ا يدل على انبوبة الغذاء كما ذكرناه آنفاً ويدخل بطرفه الاسفل في ماء القازان ويحمل في طرفه الاعلا حوض ر الصغير الذي يشترك مع الأنبوبة بالفتحة التي تقفلها السدادة وتحمل هذه السدادة قضيب ت المعلق على رافعة ل ل المعلق فيه بقضيب ت جسم ف العوام الذي يسبح على وجه ماء القازان ويصعد هذا الجسم العوام وينزل مع مساواة الماء المستقر في القازان ومتى صعد الماء فانه يصعد معه ذراع ل وينزل ذراع ل المنسوبة من رافعة ل ل وقضيب ت ينزل ويقفل مع السدادة المثبتة عليه فتحة الأنبوبة المغذية وبالعكس ذلك متى نزل الماء المستقر في القازان فان الجسم العوام ينزل بكثرة وكذلك ذراع ل من الرافعة ينزل وذراع ل يرتفع وبالجمله قضيب ت

ينزل مع السدادة الصغيرة وهذا ما يسوغ للماء المغذى النزول من الحوض
في القازان وبهذه الطريقة يلزم أن لا يكون في القازان الا الماء اللازم لاستعمال
آلة البخار بحيث لا يكون قليلا جدا ولا كثيرا جدا

وهناك جسم عوام آخر يعبر عنه بحرف **ف** موضوع في انبوبة **ا** المغذية
ومعلق في سلسلة **ض ض ض** وتشق هذه السلسلة الحوض بان تمر
في مجرى معدنية رأسية وتدور على بكرتي **ح ح** لكي تتعلق بالفرن
ومتى صار البخار في غاية السخونة وكان ماء انبوبة **ا** مدفوعا بقوة شديدة
جدا فان جسم **ف** العوام يصعد مع الماء ويتقلقل فم الفرن بالنسبة
لارتفاع الجسم العوام وبهذه الطريقة يتقصون شدة الاحتراق وبها تنقص شدة
البخار في القازان

وشكل **٥** يدل على جسم **ف** العوام ورافعة **ل ل** تحمل
الدليل المعبر عنه بحرف **ع** الذي يمشي على قوس **ش** المدرج
ويستعمل هذا المدرج في معرفة ارتفاع الماء في القازان معرفة جيدة
ويجب علينا الآن بعد ما وصفنا طريقة حصول البخار أن نبين حركة آلة **واط**
في الطريقة السهلة وهي الطريقة التي نسميها بذات النتيجة البسيطة
ثم نوضح الحركة ذات النتيجةين وتختلف آلة **واط** ذات النتيجة الواحدة عن
آلة **نووكومان** ذات النتيجة الواحدة ايضا بكون البخار يشتغل دائما سواء كان
في صعود المكباس او نزوله بخلاف آلة **نووكومان** فانه لا يؤثر فيها الا في صعود
المكباس فقط

ولنبحث الآن على حالة الآلة العمومية شكل **٢** لوحة **٥** فنقول
حرف **ك** الذي هو طولوسبة التفريغ الدالة على نتيجة الآلة وتحرك
بقوة رقاص **ح ش خ** وحرف **ب ب** يدل على الاسطوانة وحرف
س يدل على المكباس الذي يصعده ونزوله يتحرك رقاص **ح ش خ**
وحرف **ا** هو القازان الذي يوصل البخار تارة فوق مكباس **س** وتارة
تحتة بانبوبة **ر** في وسط سداتي **ت ت** وتكون اسطوانة **ب ب**

مغلقة من اعلا ومن أسفل بألواح من حديد ملصوقة مع الصلابة على محيط هذه الاسطوانة

ولنفرض الآن أن مكبس $م$ يوجد في أعلا سيره فعند ذلك تنقل سدادة $ت$ وتفتح سدادة $ت$ وينقل البخار من القازان في جزء الاسطوانة الاعلا المعبر عنه بحرف $ب$ وينزل المكبس بثقله ويدفع هذا البخار

ومتى وصل المكبس الى أدنى درجة من سيره فان سدادة $ت$ العليا تنقل وسدادة $ت$ السفلى تفتح

وحينئذ يجرد البخار المجمع في سعة $ب$ منقذا من سدادة $ص$ بحري $ق$ و $ق$ في سعة $ب$ السفلى من الاسطوانة

وينقل هذا البخار في هذه السعة السفلى عندما يجبر ثقل جميع الاشياء المعلقة في ذراع $ش$ من الرقاص ويرفع ذراع $ش$ الآخر الذي يصعد مكبس $س$

وهناك يضغط البخار على حسب مرونته المكبس من اعلى ومن أسفل على حد سواء وبناء على ذلك لا يؤثر هذا البخار اصلا في ميزان رافعة $ح$ $ش$

ومتى وصل مكبس $س$ اعلا الاسطوانة فان سدادة $ت$ السفلى تنقل ثانيا وسدادة $ت$ العليا تفتح فينئذ يدخل البخار الحديد في سعة $ب$ العليا لكي ينزل المكبس ثانيا كما شاهدناه

ولكي ينزل المكبس يلزم توزيع البخار المجمع في سعة $ب$ السفلى من الاسطوانة وهذا يعمل بجهاز المبرد او المسخن وهو الذي بقي علينا وصفه

وهذه الطلومبة تدل على بحري $و$ $ك$ التي تتصل بذراع انبوبة $ق$ وتكون ذراعي $ك$ $و$ اللذين يوجد في كل واحد منهما طلومبة معتادة وهاتان الطلومتان يتحركان برقاص $ح$ $ش$

وفي بحري $ق$ يدخل فرع $ع$ من انبوبة يكون فرعها الآخر $د$ منغمسا في الماء البارد الذي يحتوي عليه حوض $ه$ وسدادة $د$ تبقي

أو تمنع دخول الماء المبرد في الأنبوبة
 و متى حصل ذلك فان سداداً ت تقفل عند ما تفتح سداداً ح ويصعد
 الماء البارد بفرع ع من السدادات ويخرج جهة البخار المتجمع في قوى
 س ق وهذا الماء يسخن البخار ويقع على هيئة مطر جهة قاع ع ويفتح
 سداداً م ويمر حينئذ في جزء ن وفي هذا الزمن يخرج من البخار الغير
 المسخن ومن الهواء الجوى ماء بارد

ويسهل المرور بطلموسية ك الجاذبة التي يرتفع مكبسها متى نزل مكبس
 ض بحركة رقاص ح ث خ ويخرج الهواء الجوى بقوة هذه الطلموسية
 و بطلموسية ز ايضا

وبهذه الطريقة يشتغل البخار المسخن والماء المبرد والهواء الخارج من هذا
 الماء ومن البخار الغير المسخن حرارة نحو ٤٠ درجة في نقطة ن ولا يمكنها
 التأخر وبالجملة فتنزل مكبس ض الى اقصى درجة فانه يشرع في الصعود
 ثانياً وحيث كان البخار اخف من الهواء فيعلوه بمروره ويدفع الهواء الذي
 يفصله عن الماء البارد ويضغط الماء البارد باتجاهه مع سداداً م ويقفل
 هذه السدادات ومع ذلك فان مكبس ك ينزل عند ما يصعد مكبس ض
 فبناء على ذلك يلزم ان الهواء والماء المنحصرين في ع ن يمران فوق مكبس
 ك لكي يضغطا في نقطة ل عند ما يصعد مكبس ك

ثم ان طلموسية ز الثانية الجاذبة الكابسة تنقل الماء المنحصر في نقطة ل
 الى مجرى غ لكي تنزل في قازان ا وحيث كان الهواء اخف من الماء
 فانه يخرج من انبوبة ت قبل ان ينزل ماء المبرد في القازان

و ثم طرق مخصوصة تستعمل لتسقيص فتح سداداً ح على حسب الارادة
 ولتلطيف سرعة تسخين البخار

وبجميع الحركات التي ذكرناها تكون متحدة بحيث انها تعمل كلها بحركة الرقاص
 والمكابس فقط ولم يحتمل الانسان الا لكونه يحفظ النار تحت القازان دائماً

وقبل أن نعرف تفاصيل تركيب الآلة البخارية ذات النتيجة المزدوجة
 شكل ١ لوحه ٩ يجب علينا أن نبين بطريقة الاجمال كيفية تلقى

الحركة لعامة وهي أن البخار عند خروجه من القازان يكون حاصلين
اسطوانتي **ت ت و ث ث** اللتين محورهما واحد وبالجملة فان
اسطوانة **ث ث** تحيط باسطوانة **ث ث** وبتركيب درجة **ت**
التي تصعد وتنزل بفتحات **ع د** يمر البخار بالتعاقب فوق مكبس **ح** وتحت
بحيث يجبره بالنزول نارة وبالصعود أخرى ويكون هذا المكبس مثبتاً دائماً
على قضيب **ت** الرأسي الذي يتقل حركته بواسطة متوازي الاضلاع
ل م ن و لرافعة **ل ل** التي تتحرك في مستوى رأسي حول محور
ض الافقي وهذه الرافعة تصعد وتنزل مع مكبس **ح** ومن جهة **ل**
يرفع ويخفض بالتعاقب بيعة **ف** اليابسة التي تدور ملوى **غ** حول
محور **ك** الافقي ويحمل هذا المحور **ك** طائر **ق ق** الذي
يستعمل لانتقال الحركة مع الانتظام وبالجملة فمحور **ك** يتقل عمل آلة
البخار الى ما يسمى بعاسود الطبقة

وبالجملة فالآلة التي وصفناها آتفا تغير الحركة المستقيمة من اعلى الى أسفل
ومن أسفل الى اعلى مثل حركة مكبس **ح** الى حركة مستديرة مستمرة
لحركة طائر **ق ق** وحركة عاسود الطبقة المتحركة بمحور **ك**
ولنبحث الآن عن كيفية انتقال البخار نارة من فوق المكبس ونارة من تحته
وعن كيفية تجمع البخار من جهة المكبس عند ما يخرج البخار المجموع من
الجهة الأخرى بتأثير الحرارة

وشكل **١** لوحة **٩** يدل في الآلة ذات النتيجة المزدوجة على قطع مواز
لمستوى رافعة **ل ل** الكبرى وطائر **ق ق**
وبيان لوحة **٨** نعرف الطريقة التي بها يحصل البخار وقد رأينا أنه عند
خروجه من القازان يمر بانبوبة **ت**

ولوحة **٩** شكل **١**) تدل أولاً على اسطوانة **ث ث** المستقيمة
الرأسية التي يتحرك فيها مكبس **ح** واسطوانة **ث ث** الطاهرة
التي محورها مثل محور اسطوانة **ث ث** المستعملة غلافاً لها وبين هاتين

الاسطوانتين يصل البخار من القازان من مجرى ت شكل ١ لوحة ٨
وفي حرف ت شكل ١ لوحة ٩ يرى ما يسمى بالدرج وهو كناية عن
نصف اسطوانة رأسية مجوفة تتحرك في تعشيق على صورتها وفيها يرى على
قياس كبير لوحة ١٠ سطح ت شكل ٢ وارتفاع شكل ١ و
بين الدرج والاسطوانة الخارجية اى غطاء ث ث فراغ به يتم مزا البخار
الذى سنبينه بالتعاقب

ففي شكل ١ لوحة ٩ وشكل ١ لوحة ١٠ يكون الدرج
صاعدا مهما امكن وفي شكل ١ لوحة ١٠ يكون نازلا بالكلية وهذه
هى حركة البخار في هذين الموضعين

ففي موضع شكل ١ لوحة ٩ و ١ لوحة ١٠ الذى يكون فيه
الدرج عاليا ينقل البخار الذى يوديه القازان من ص بين درج ت
واسطوانة ث لى يصعد فوق اسطوانة ث ث بمجرى ع وينزل
المكبس وفي وضع هذا الدرج يكون اسفل الاسطوانة مشتركا مع قنحات
و و بمجرى و شكل ١ لوحة ٩ التى توصل للمبرد والمسخن
فعند ذلك يسخن البخار الداخل تحت المكبس

ومتى وضع المكبس الى آخر سيره فان الدرج يصعد ثانيا و ياخذ الوضع الذى
يدل عليه شكل ١ لوحة ١٠

والبخار الذى يأتي من القازان ويمر في ص ينزل في نقطة و تحت المكبس
الذى يطأه وبالعكس ينزل البخار ليجتمع على المكبس في نقطة ع وفي وسط
ت من الدرج الى د لى يرجع في نقطة و في المسخن فاذن يصعد
المكبس

وشكل ١ من لوحة ١٠ يعرفنا الطريقة التى تكون بها سدا ص
مفتوحة كثيرا أو قليلا وهذه نتيجة سنبينها

فاذن نقول ما الطريقة التى يصعد وينزل بها بالتعاقب درج ت فالجواب
ان دائرة ه الخارجية عن المركز شكل ١ لوحة ١٠ توضع على

محور ض من الطائرو يـ ون الطوق المعدني الذي تدور فيه هذه
الدائرة مثبتا على مثلث من م وتكون ن التي هي رأس هذا المثلث
متحدة مع رافعة ن ح خ المنقاسة بالذراع ونقطة ح تدل على محور
ثابت تدور حوله الرافعة متى دارت الدائرة المختلفة المركز مع الطائرو وهذه
الدائرة تقدم مثلث من م تارة وتؤخره أخرى وهذا ما ينشأ عنه حركة
صغيرة لذهاب رافعة ن ح خ وإيابها وبالجملة فإنه يصعد وينزل بالتعاقب
طرف خ الذي يرفع وينزل قضيب ف ف الرأسى المثبت على النهاية
السفلى من درج ت (شكل ا-ب) ومتى دار الطائرو دورة كاملة فإن المكبس
يسير سيرا كاملا في الصعود والنزول وكذلك الدرج يسير مثله في الصعود
والنزول مع غاية السرعة وإذا ابتدأت الحركة مرة في السير تستمر على الدوام مع
الانتظام

ولننتقل الى حالة التركيب المتعلقة تسخين البخار فقول اننا نرى رافعة ل
الافقية شكل ا لوحة ٩ التي يطاع طرفها وينزل بالتعاقب قضيب ل
أرأسى لكى يفنح ويغلق مجرى ه للماء الذي ينصب في المسخن وتكون هذه
الحركة المتوالية لحركة الدرج مستقيمة برافعة ن ح خ المنقاسة بالذراع
وتستعمل طلومبة ح لاجراج الماء المسخن وتكون هذه الطلومبة
متحركة بجزء وة من متعلق بتوازي اضلاع ل من م ن و وبالجملة فإن
كلام من مكاس ح و ح يصعد وينزل في آن واحد

وفي الآلات ذات التيجتين كما في الآلات الناتجة الواحدة يكون الماء المبرد
بعد أن يمص البخار ويقع من نقطة ك الى نقطة ك مرفوعا بطلومبة
ح الاولى وبطلومبة ح الثانية

وشكل ا يدل على كيفية تسحق الذكر هنا وهي مجرى ف ف التي يمر
فيها الهواء والماء المبرد المجدوبان بطلومبة ح وقد يخرج الهواء بلا معارضة
عند ما يرفع لواب ف ويقع الماء المبرد المصفى من هذا الهواء في حوض
الذي ينزل منه في القازان بواسطة طلومبة ح ح

وهناك طلوسبة ثالثة ح ح تستعمل لجذب الماء البارد ولا متلاء
حوض ر الذي يوصل في نقطة ه الماء المعدل للتبريد
ثم ان لوحة ١١ تبين لنا على قياس كبير عدة تفاصيل مهمة من آلة واط
المعبر عنها في شكل ٢ لوحة ٩

وقد بينا في لوحتين بحرفي ح ح مكبس الطلوسبة الاولى التي تفرغ ماء
التبريد وبحرف ف انبوبة تفريغ هذا الماء مع سدادة ف واشكال
٥ و ٦ و ٧ لوحة ١١ توضح لنا هذه الاشياء مع الافادة والتفصيل ويرى
ان ماء التبريد متى جذب تحت مكباس ح فانه يقف للواب ه ويكون
مكبس ح متشعبا بلوأي ش ش اللذين يفتحان عند ارتفاع المكباس
ويمنعان بضامعي ل ل المعبر عنهما بالقياس الكبير في شكل ٥ و ٦
وعلمة م المشقة تترك مكباس ح ح يترجم الاحكام

واشكال ١ ر ٢ ر ٣ ر ٤ لوحة ١١ تبين لنا تفاصيل المكباس المعدني
ويكون هذا المكباس مركبا من قاعدة اسطوانية جارية من نافورة واحدة
وتصنع الجوزة كما يرى في نقطتي ف ف في المقطع شكل ٤ وعلى الجزء
الظاهر من هذه القاعدة نضع مع الاستدارة كلام من صفي قطعتي ا ا -
الكرويتين المتضاعتين المذكورين فمطعهما في شكل ٤ وارتفاعهما مذكور
في شكل ١ و ٣ وسطحهما في شكل ٢ وتكون هذه القطع معشقة
منظمة ويكون الالتحام محكما بحيث يكون طرف الصف واقعا على طرف
الصف الاخر في وسط كل قطعة وبالجمله تكون ابواب ث ث مضغوطة على
قبوات د د الافقية الموضوعة على جوزة ف ف واقول ان هذه
الابواب تكون مضغوطة بمرونتها وتدفع الى الخارج صف القطع وتجبره
على كونه يلتصق مع الدقة والضبط مع جانب الاسطوانة الداخلي الذي يتحرك
في المكباس قهرا من استعمال الاسطوانة والمكبس المدرج ويرى في شكل ٤
غطاء ه ه المتب الذي يتم صلابته الآلة وهذا الشكل يبين لنا ضييب
المكبس الذي صورته كصورة الزاوية الغائرة في اسفل ش المتحدة مع

جوزة المكاس واما قطعة الحديد الاقية المعبر عنها بحرف ϵ فانها تنضم
القضيب الى الجوزة وهذا الانضمام يكون صلبا بسيطا
وفوق شكل ϵ يوضع في نقطة θ و δ و γ مسقطا القبودنات الصغيرة
التي يكون مضموما عليها هذان المسطمان وتكون هذه القبودنات مثبتة
ببريمة على جوزة المكاس

وبين لنا شكل α على قياس كبير جـ احركه المدير أو حركه الحاكم المعبر عنه
بحرف ζ من شكل α لوحة η والكور المعدنية المعبر عنها بحرف ζ
بتأثير القوة المتبادعة عن المركز كما ذكرنا في المجلد الثاني من هذا الكتاب
في الدرس السادس تبيل الى المعدن عامود β - الرأس متى ازدادت
سرعة حركة دوران هذا العامود ولما تعد هذا الكور عن العامود فانها ترفع
طرف δ المحيط بعامود β ويرفع بواسطة الطرف الداخلي فرع
 ϕ من رافعة ψ وبناء على ذلك ينزل فرع هذه الرافعة المعبر عنه
بحرف ϕ وبذلك تدور ملوى χ وتعلق مع التدريج شيئا فشيئا سدادة
 μ وهذه السدادات الحلقوم تنع بالعكس عندما تاحرك الحركة وتقرب
الكور من محور دورانها

وفي لوحة α يـ شكل η و θ في قياس كبير على مقطعي انضمام
رقاص λ شكل α لوحة η مع البيلة التي توصل الحركة
للطائر بحرف α هو رأس الرقاص وحرف β هو بيلة التي تنقسم الى
فرعي α و β هما الجامان من حديد كل واحد منهما يستعمل
على فرعي البيلة و γ هما سندان من نحاس منضمين بلجامي θ
و δ هو محور الدوران و ϕ هو الحلقة المستعملة لتثبيت الالفة على
فرعي البيلة وتنضم ساند ψ كثير الاقليل على محور δ وسار
بعض تفاصيل أخرى على آلة واط

وعلى غطاء المكاس يضعون قمع μ شكل α لوحة η من نحاس يتصل
بباطن الاسطوانة ويكون لهذا القمع حنفية في جره الاسفل واراد ما دهان

جوانب الاسطوانة أو لا لتلطيف التحكاله المكبس ما يمنع مرور البخار من
اعلا الى اسفل وكذلك من اسفل الى اعلا فتملا القمع زينا ونسده بغطاء محكم
ثم نعرف الزمن الذي يكون فيه المكبس فوق سيره ونفتح حنفية القمع مدة الزمن
اللامر لوقوع الزيت الذي يحتوى عليه هذا الشمع على المكبس ويجرى على
سطحه المائل من المركز الى المحيط

وفي اغلب آلات البخار يكون وضع الطائر على بعض قراريط من بعد
الحائط التي تفصل الآلة من المحل الذي تنقل منه الحركة فاذا تأخذ في بعض
الارقات احتراسا نافعا وهو تثبيت لوح من حديد الزهر مثقب عدة ثقوب
موضوع على قوس دائرة يكون نصف قطرها السع من نصف قطر الطائر ومتى
عملت بعض تصاميم للآلة فاحتاج في الغالب لطاوع المكبس ونزوله وفي هذه
الحالة بواسطة الروافع التي ندخلها في ثقوب هذا اللوح المسبوك من السع
معادن المفهوم على ذراع الطائر تصل الى تدوير هذا الطائر مع السهولة وتوقف
قوة آلات البخار بالضرورة على مجهودات المكبس التي تحصل منه على حسب
قوة البار وبواسطة البار ومتر الزيق الذي يسمى مانومتر يوضع مع البخار الذي
كيلوغرام

يخرجه القازان بقياس ضغط هذا البخار فاذا فرضنا انه يحدث ٠٣٥ ر ١
في كل سنتيمير مربع اعني انه يتحرك بضغط الكرة الهوائية فقط وضربنا عدد
كيلوغرام

سنتيمترات سطح المكبس المربعة بهذا العدد ٠٣٣٦ ر ١ فانه يحصل
معنا الضغط الكلي الحاصل على المكبس المفروض الثابت واذا ضربنا هذا
العدد بالمسافة التي يتقطعها المكبس في جريانه الكامل فينتج مع الزمن
والقوة الديناميكية التي تحصل بضغط المكبس وبالجملة ينشأ من هذه القوة
المضروبة في عدد ضربات المكبس التي تؤدى بها الآلة في اليوم تأثير الآلة
الكلي الذي تحدته في كل يوم وليست هذه الحسابات الا قاعدة تقريبية
كما يرى حيث انها تفرض ان البخار يتحرك بالتساوي على المكبس مدة

سيره كما اذا كان ساكنا

(الدرس الرابع عشر) -

(في الكلام على الآلات البخارية ذات الضغط المتوسط والضغط العالي)

قد استعمل ارنور الرولى مع الضخام قوة البخار بضغطات اكثر من ضغطات
البحر البسيطة ولذا آلة التي استعملها وصف مخصوص وهي ان لها اسطوانتين
عودسان الاسطوانة الواحدة في الآلات الاخرى وارتفاع الاسطوانتين
واحد واحد اعمام موضوعه على جانب الاخرى ومحوراهما رأسيان كعمود
الاسطوانة الواحدة المسماة في آلة واط

ولتين بحرفي ث ش شكل ٤ لوحة ١٣ الاسطوانتين اللتين
يتحرك فيهما مكبس ح ع المتحركان برصاص واحد وتلقى مباشرة
اسطوانة ش البخار المحرك الذي تأخذه من القازان بفتحى ا - و صل
البازر الى اعلا اسطوانة ش بالجراسفيل من اسطوانة ث وكذلك
البازر الى اعلا من اسطوانة ش مسبوكة يوصل بالجزء الاسفل من اسطوانة
ش وبالحلقة ث اسطوانة ث يكون لها اتصال بالمسخن في نقطة هـ ف
وبواسطة الدارات يمكن فتح وعلق اتصال كل مجرى من ا - هـ ف مع
الاسطوانتين متى فتحا من ا - من القازان مع الاسطوانة الصغيرة فان
منفذ ش الذي هو بين اسفل الاسطوانة الصغيرة واعلا الاسطوانة الكبرى
يكون مفتوحا لذلك مثل منفذ ف الذي بين اسفل الاسطوانة الكبرى
والمسخن وتكون الثلاثة منافذ الاخر التي هي - ع هـ مقفلة وتفتح
متى قفلت الثلاثة المتقدمة وبالحلقة يلاحظ ان المكبس يصعدان وينزلان
في آن واحد فادفعنا سلاخا ما يبلغان اقصى درجة من الارتفاع في سيرهما
متى ابتدأ البخار بالاتقال من القازان في اسطوانة ش بمجرى ا فيدفع
ذلك البخار المكبس الصغير من اعلا الى اسفل وبهذا الضغط ينتقل البخار
الموضوع تحت مكبس ع في الاسطوانة الكبرى بمجرى ش على مكبس ع

الذى ينزل مثل المكبس الصغير واما البخار الذى يوجد تحت المكبس الاكبر
فانه يصير فى المسخن الذى فيه جذب الماء المبرد حيث انه مضغوط بهذا
المكبس وبهذه الطريقة يصل المكبس الى اقصى درجة فى سيرهما فاذن تنقل
منافذ اشرف وتفتح منافذ هـ هـ وبهذا تحصل النتيجة المخالفة
وينتقل البخار الحديد اولا من القازان تحت المكبس الصغير والبخار الذى كان
يوجد فوق المكبس الاصغر ينتقل تحت المكبس الاكبر ويرفعه وبالجمله يصير
البخار المنجمع فوق المكبس الكبير ساخنا بمنفذ هـ الى ان يصعد المكبس
ويبلغ اعلا درجة من الارتفاع فى سيرهما

وينبغى لنا ان نلاحظ بان المكبس الصغير يكون مدفوعا بالبخار مع جميع قوة
الضغط التى تكون له فى القازان بخلاف البخار الذى ينتقل من الاسطوانة
الصغيرة الى الاسطوانة الكبيرة فانه يشغل مسافة كبيرة ويتحرك فى الامتداد
وبالجمله نستنتج من قوته لامتدادته منفعة عظيمة واذا اعتبرنا كمية البخار
المسخن فى كل ضربة من ضربات الرقاص فانتارى ان البخار لا يسخن الا اذا
كانت قوته المرنة مستعملة بطريقة نافعة فى معظم امتداده وهذا ما ينشأ عنه
فائدة عظيمة جدا فى آلة واط المستعملة بدون حركة البخار يكملون فى كل
ضربة من المكبس حجما من البخار يساوى حجم الاسطوانة من ابتداء المكبس
الى التاعدة السفلا وذلك اذا كان المكبس فى النقطة العليا والى القاعدة العليا
متى كان فى النقطة السفلا فعلى ذلك يوجد توفير جيد فى آلة وواف ويظهر
لنا من اعظم النتائج النافعة المتحصلة من الآلات المبنية على مقتضى هذه
الآلة العظيمة

ولتسكلم الآن على بعض تنبيهات تتعلق بالآلات ذات الضغط العالى
والمتوسط فى نسبة منتظمة فى اكدمية العلوم باسم الجمعية المنوطة باظهار
الفوائد والمضرات التى تنشأ عن استعمال آلات البخار ذات الضغط العالى
والمتوسط لا سيما بالنظر الى الامن العام ثم نشرع فى وصف آلات وواف
وتتبعها بوصف آلات تروتيك واوان

وتتكلم ايضا على الفوائد والمنافع التي تتعلق بالآلات البخارية فتقول
يلزم ان نعد من جملة الفوائد المعروفة للآلات ذات الضغط العالي الآلات
التي تشغل قليلا من المسافة فاذا اكتفينا بصرف قوة مفروضة يلزم ساعات
كبيرة تحتوى على البخار المضغوط جدا اقل من الساعات التي تحتوى على
البخار الذي يتفاوت ضغطه قليلا عن انضغاط الجوى
فيسهنا من ذلك ان الآلات ذات الضغط العالي يكون استعمالها حسنا
اذا لم يكن هناك مانع وكانت المحلات التي تستعمل فيها قليلة الاتساع وحجم
الارض كبيرا جدا

واذا كان هناك فوائد في استعمال الآلات ذات الضغط العالي فيكون
بالخصوص في المحلات التي لا يبيع فيها كثير من العمارات الصناعية والمساكن
الخصوصية لكل عمارة من الورش الا كونها تأخذ مسافة قليلة الاتساع
في مسافة قليلة المراد منها استعمال قوة كبيرة لاحداث نتائج عظيمة جدا
وكذلك يكون استعمال الآلات ذات الضغط العالي مفيدا في داخل المعادن
التي لا يؤخذ فيها الا مسافة قليلة بالنسبة للمسافة التي تؤخذ في القلاة
فن نرى ان الآلات ذات الضغط العالي تكون مستعملة كثيرا في المدن
الصناعية والاشغال المعدنية

وللآلات التي لها ضغط عالي فائدة اخرى اكبر من الفائدة الاولى تتعلق بتوفير
الوقود الناشئ عن تأثيرات الحرارة المرتفعة
ويمكن ان نبين هذا التوفير بطريقة حقيقية على متعدي الحالة المحركة
وبالنسبة الى تأثير الآلات الكبيرة البخارية المستعملة في اشغال معادن
قوة كورنويل ييلادانكلتر

ولاجل معرفة الفوائد التي يجب على اصحاب معادن كورنويل ومستخرجيها
البحث عن وسائل ازدياد محصول الآلات البخارية وكذلك عن قياس نتيجة
الطرائق الخاصة بطريقة زيادة هذا النوع يعني ان تأتي بهذه
المحولة وهي ان مصروف الآلات واستعمالها في نزع المياه في معدن

كبير من الفحم يبلغ سنويا ٢٥٥٠٠ لوراسترلنغ اعفى نحو
٦٣٠٠٠٠ فرنك

فلذلك اراد عدة من اكابر اصحاب معادن النحاس والقزدير الموجودين
في قوتة كورنويل سنة ١٨١١ ان يعرفوا حقيقة الشغل الجارى
بالآلات البخارية فاتفقوا على كونهم يعلتقون في كل واحدة من هذه الآلات
البخارية عداة مصنوعة بتعشق الطارات مثل تعشقات الساعات الدقاقة
فصارت هذه العداة موضوعة بحيث ان العقارب تين على وجه الساعة
الدقاقة عدد ارجاجات رفاص الآلة البخارية وينطبع عمل هذه العداات
وسلاحظتها سيكونى مؤتمن يعول عليه وصارت آلة كل عداة باسمها
موضوعة في علبة مقفولة بفتح لا يمكن لاحد غيره تغير عقاربها
او ابطالها

وقد عمل للآلات ذات العداة طرق تين (أولا) اسم المعدن (ثانيا) ابعاد
اسطوانة الآلة المستعملة في استخراج هذا المعدن بسيطة كانت هذه
الاسطوانة أو مزدوجة (ثالثا) الضغط الذى تحمله هذه الاسطوانة بالنظر
الى سطحها وطول نافورة المكبس فى الاسطوانة (رابعا) عدد طبقات
الطلومبات (خامسا) الارتفاع المنتصب لكل طبقة (سادسا) مدة
الشغل (سابعا) مقدار ما استهلك من الفحم المعين بالميزان (ثامنا) المسافة
التي يقطعها المكبس فى الطلومبة (تاسعا) الوزن بأعداد الارطال
المرفوعة الى قدم من الارتفاع بميزان الفحم (عاشرا) عدد ضربات المكبس
فى كل دقيقة (احد عشر) اسم صانع كل آلة والمحولات اللازمة
لهذه الآلة

وقد قابلنا على حسب هذه الدائرة العظيمة من التجارب المصنوعة على
القياس الاكبر المطلوب قوة عدة انواع من الآلات البخارية من منذ
عشر سنوات تقريبا

وفي شهر اب سنة ١٨١١ كانت الآلات المستعملة فى معادن

كورنويل الجارى عليها لبحث الذى ذكرناه ترفع الى قدم من الارتفاع
١٥٧٦٠٠٠٠ رطل بوزن الفحم الهالك

ومن ابتدائه دقير من هذه السنة نشأ عن التكميلات الحاصلة
في استعمال الآلات أوفى بعض من اجزائها نتيجة متوسطة قدرها من
١٥٧٦٠٠٠٠ رطل الى ١٧٠٧٥٠٠٠ رطل

وبعد التصليحات في هذا الجنس وعمل آلات جديدة اكل من القديمة صار
مدار هذه النتيجة في شهر دقير سنة ١٨١٢ ١٨٢٠٠٠٠٠
رطل وفي شهر دقير سنة ١٨١٤ ١٩٧٨٤٠٠٠ وفي شهر مايو
سنة ١٨١٥ ٢٠٧٦٦٠٠٠

ولاشك انه يتعجب من هذا التعديل المتزايد الذى في مسافة ثلاث سنوات
ونصف ازدادت نتيجة الآلات المذكورة اكثر من ثلاثين في كل مائة
رطل الاحتراق واحدة وقد ازدادت النتيجة ايضا من سنة ١٨١٥
بواسطة التكميلات التى صارت في عمارة المداخن والقازانات وجميع
الاجزاء المترايب منها الآلة

وترفع الآن آلات واط المستكملة بجريق مد من الفحم اكثر من
ثلاثين مليوناً من اطلال الماء الى ارتفاع قدم ويلزم انما تقرر بهذه الزيادة
الزيادة الناشئة عن استعمال الآلات التى تفوق ضغطاتها الضغط البسيط
وهذه الآلات هى التى صنعت على منوال آلة ووقف وعلى مقتضى
هذه الآلة على معدن ويلوور في كورنويل آلة باسطوا تين قطر
متر

الأكبرى منها ٥٣ اصبعاً الكليزياً عني ٣٥ ر ١ وقطر الصغرى
متر

١٣٥ ر

وهذه الآلة رفعت ٤٩٩٨٠٨٨٢ رطل الى قدم من الارتفاع
بجريق مد من الفحم بخلاف النتيجة المتوسطة للآلات الاخر فانها لم تبلغ الا

٢٠٤٧٩٣٥٠ رطل مرفوعة الى هذا الارتفاع
وفي سنة ١٨١٥ نتج من آلي وولف نتيجة متوسطة قدرها
٤٦٢٥٥٢٥٠ رطل مرفوعة الى هذا الارتفاع
واحد المضار التي توجد في الآلات ذات الضغط المتوسط والضغط العالي
هو تنقيص القوة بنقد بعض الاجزاء اللطيفة من تركيبها وبفقد البخار الذي
ينبعث عن هذه الاجزاء واذا عرفنا حقيقة هذه المعارضة فيستبان لنا ان
التكميلات الجديدة التي حصلت في عمارة العلب البخارية انقست بلا شك
هذا الضرر العظيم

ثم اتناجمعنا النتائج التي تتسبب للآلات البخارية المستعملة في معادن
كورنيل في مجموع مخزن الفلسفة الذي جمعه ونشره الحكيـم تـلـولـك
احد اعضاء الجمعية الملوكية بلنדרه وتوجد هذه النتائج في هذا
المجموع بشهادة اصحاب المعادن وبملاحظة الآلات البخارية المستعملة
في جذب المياه ويرى في المجموعات الانكليزية الجديدة التوضيحات التي ثبتت
الوقائع والحوادث التي ذكرناها

ونستدل على التوفير العظيم الخاص بالآلات ذات الضغط المتوسط على
الآلات ذات الضغط البسيط بكميات الحريق الهالك الذي تكون قوته العليا
منوطة بصانعي هذه الآلات المختلفة وذلك اذا كان يمكن التحقيق بان احاد
القوة التي تسمى بقوة الحصان واحدة لنوع الآلاتين فاذن لم يكن هناك شك
اذا اعتمدنا على التعاريف المنشورة بالورشتين الكبيرتين اللتين نصنع فيهما
في بلاد فرانسا الآلات البخارية على حسب احدي الآلاتين

ومما يستحسن كوننا أخذنا ثباتا مرفوعا الى ارتفاع معلوم وحدة لقياس
قوة الآلات البخارية عوضا عن البيان العام الغير المحدد وهذه كمية
يعبر عنها بالمناسبة التامة باسم الدينام

فعلى ذلك تعرف نتيجة الآلة النافعة بمجرد عدد الدينامات التي يحدثها قوتها
ويمكن للانسان غالبا ان يتحقق بان للآلة البخارية درجة معلومة في القوة

اذا حل مكافئها ضغطا \llcorner افيام معلوما وقد ر لمسافة التي يقطعها الثقل بهذا
المنكس في ثانية واحدة

واما ااجعلنا ضغط المحور وحدة لقياس جذب البخار فانه يلزم لئان تناسب
مع التحق هذا الضغط الى الضغط الذي بين العامود البارومتريكي الذي
ارتداعه ٧٦ ميل يتراعى حرارة الثلج الذائب

فماذا رجعت الى نسبه الاولى على موجب التفاصيل التي دخلنا فيها فتستخرج
من ذلك مع التجربة التي لا ترداه لمبرن يوجد توفير لقوة الحار المحرك
المرفوعة الى حرارة تدفق بعدد احاد الحرارة الموافقة لضعط البخار البسيط
واكن الى اي حد ينبغي وضع جدب الحار وما هو التماثل الذي ينشأ
عنه نتيجة الآلات البخارية بالنظر للحرارة والجذب الذي ينشأ عنها هذا
مما لا يمكن معرفته بطريقتة محققة بمجرد النظر

وربما ينشأ عن التجارب الجديدة المصنوعة مع الاهتمام المصحوبة بالحسابات
المماسمة لكي تعطى لشقوق آلات الاحاطة الناقصة من مقدار كل نوع من فقد
الحرارة والحركة اما تعطى العملية النظرية ما نقص منها من الاستكمال الذي
به تتم نتائجها فتستخرج تأثير الآلات البخارية الحقيقية بالنسبة لدرجات
الضعط المتنوعة

ويكفي الآن ان الحار يرب المصنوعة مع الاهتمام مدة سنين عديدة اظهرت
بطريقة حقيقية لتوفير الذي يوجد في استعمال الآلات التي عمل فيها الحار
ضعطا \llcorner كبر من ضغط الكرتين الهوائيتين لاثبات تصوراتنا بالمطر السائدة
الضعطات التي تفوق الضغط البسيط

والى الان لم تقابل الآلات ذات الضغط البسيط الا بالآلات ذات الضعط
المتوسط فليتنا بلها الان بالآلات ذات الضغط العالي التي من شأنها كما هو
المعلوم الشغل بدون تسخين الحار

واول من استعمل الآلات ذات الضعط العالي هو ميسو ترورتيك في بلاد
انكلترة وميسو اوليويه ايوان في بلاد امريكة

وفي اقليم بيرون اضطلع عدة من المعادن العظيمة حتى صار بعضها غير قابل للاستخراج لعدم اقتدار الانسان على تنشيتها وفي هذه الحالة خطريال ناظر للمعادن ان يعرض لمسيو ترويتيك في تحصيل الآلات ذات الضغط العالي الخاصة لجذب المياه من هذه المعادن النفيسة في مدة قليلة صار عمل تسعة آلات في جنوب انكلترا ونقلت في اقليم بيرون في آخر سنة ١٨١٤ من الميلاد

فادت لهذا الاقليم عدة منافع حتى ان خازن دار هذا الاقليم عرض بان يرفع لمسيو ترويتيك تمنا لامن النضة يستدل به على اثار الدنيا الجديدة ولنتكلم الآن على الآلات ذات الضغط العالي التي ينسب اختراعها الى اوليويه ايوان فنقول ان هذا المهندس الماهر عمل من هذه الآلات عددا جسيما نشأ عن معظمها توفير بليغ في حرق الوقود

وفي فيلادلفي لما وضت الآلة ذات الضغط البسيط التي كانت تستعمل في رفع المياه اللازمة للمدينة بالآلة ذات الضغط العالي المصنوعة على نسق آلة اوليويه ايوان بلغ مقدار التوفير في الحريق ٨٥ فرنكا في كل يوم بحيث يكون مقداره في السنة ٣٠٠٠٠ فرنك وذكر هذه الواقعة مسيو پارتفتون في تاريخه الذي الفه في الآلات البخارية لكن فات هذا المؤلف المذکور كونه لم يذكر كمية المياه المرفوعة ولا ارتفاعها ولا وزن الحريق المستعمل في احداث هذه النتيجة

ومن وفور الحظ كون مسيو مارسير ذكر في رسالاته التي انشاها في شأن بجارة الاقاليم الجمعة الخواص اللازمة للعادته التي نحن بصدد ها وقد ترفع الآلة المصنوعة في فيلادلفي في مدة اربع وعشرين ساعة اكثر من عشرين الف برميل من الماء الى ٣٠ مترا من الارتفاع وتحرق في اليوم $\frac{1}{4}$ ٤٣ استيرا من الخشب ولم تتكلف الآلة ذات الضغط العالي التي تحدث هذه النتائج سوى ١٢٣٠٠٠ فرنك بخلاف الآلة ذات الضغط البسيط التي قوتها كقوة هذه الآلة فانها تتكلف ٢٠٠٠٠٠ فرنك تشغيلها في امرقة

مثل انولى كنه كره مسيو مارستير
واما الان فنهنا تشغل الجار بضغط ثمان أو عشر طبقات جوية وعمل
في امر يقه بجدة من هذه الآلات ينح منها عدة منافع اصلية
ولما عرض ديوان القويم الجمعية بامر سنة ١٨١٤ من الميلاد في شأن
تقدم لعمون المارة في ممك اوزيرون ذكر اوليويه يون وعدم
فعلى الخيرو رانعى وصنعتى هذا الانعراش من ملك أراء الديوان اعطى له
شهادة دامة زيدة من ذلك حيث اعطى له على سبيل الانعام مائة وعشر سنوات
بمرسان من الملك لى الاختراع كانه ذات الضغط العالى مثل ما حصل
من مائة كثره مسيو واط وبولاطون في نظير اختراع آلاتهم اذات
السعد البسيط

وتداهم استعمال الآلات ذات الضغط العالى بالتدريج شيئا فشيئا
في لاقليم الخفة كما افاد مسيو مارستير في سياحته بامريقة وعلى
تتالى ما عرفة البعض من اناس يرون بهم ان استعمال هذه الآلات تسع
في ابريط ياء ما ترى عوضا عن مائة مصر

واما استعمال الجار لم يحد من تدليل صناعة حديد ومع مائة من المنافع
التي شات عنه لرم ان نه أبرار هذه الصناعة بعيد عن المنافع التي ستعدها
عند معرفه استمر من منافعها

ومن ثم ان هورن بلوير الهندسة ١٧٨١ فرمان اختراع الآلة
الجارية التي تشغل باسطواتين بجرد ضغط الجوى البسيط لتصداده يشغل
الجار الى اخل في الاسطوانة الاولى عند ما يدلى به الاسطوانة الثانية

وسنة ١٨٠٤ رجع مسيو ووانف الى هذه العملية ولكن عرضا
عن كونه يستعمل الاسطوانة الاولى الجار الذي يؤديه القازان على حرارة
١٠٠ درجة او على ضغط الجوى البسيط استعمال الجار المرفوع على عدة
طبقات جوية وهذا هو الذي اعطى له طريقة احداث الدفع الجسم وتحصل
على نتيجة نافعة اكثر من النتيجة التي كان ينتظر تحصيلها من آلة هورن بلوير

ولم تكن الحسابات التي فرضها وواف صحيحة في الاصل بل انه بمجرد ما زادت الحرارة تحدث ضغوطات قليلة اقل مما يثبتها المذكور ولوان وواف غلط غلطا كبيرا مثل ما غلط هورن بلوير واوان وترووتيك في منافع آله لم ينشأ من هذا الغلط عدم فائدة هذه الآلة حيث استبان ان هذه الفائدة في الجدول الذي ذكرناه في الدرس الثالث عشر صحيفة ٣٧٨ في شأن القوة الحاصلة من البخار المرفوع الى الحرارة التي تعادل ضغط عدة كرات بنزول تلك الحرارة

ويلزم في آلة وواف كما في آلة واط ان تطرح من الضغط الحاصل من البخار المحرك مقاومة الضغط الناشئ عن البخار الناقص في التسخين بالكلية وهذه المقاومة تعرف متى عرفت الحرارة التي يحصل بها التسخين وينسب لو وواف بعض تصليحات أخرى في آله لمنع فقد الحرارة فلاجل تدارك هذا النقطة كان ياف اسطواناته باغطاء عظيم يدخل البخار بين الغطاء والاسطوانات لكي لا يكون ظاهر الاسطوانات معرضا لتأثير الهواء الظاهر مباشرة ولا يفقد شيئا من القوة المحركة بواسطة البرودة وقد عرضنا لتأدية البخار الذي يدور حول الاسطوانات في الغطاء الذي ذكرناه بواسطة قازان ومستوق قد افترقين وهذا ما ينشأ عنه فائدة التوفير في المصاريف والوقود

وقد رأى وواف ان آلات واط كان يمكن تصليحها بان يضع فيها البخار مضغوطا وقت احداثه ومنبسطا وقت عمله ويكفي لذلك ازدياد قوة القازان وكذلك غطاء الاسطوانة وتناسب تركيب السدايد وابعادها بحيث ان البخار الذي يأتي من القازان يصل بالتدريج الى الاسطوانة بمنفذ يتسع شيئا فشيئا فبهذه الطريقة يمتد البخار المضغوط جدا قبل وصوله تحت المكبس ولا يقرعه بشدة خطيرة تضر بالآلة

ولا يلزم الا ادخال بعض البخار بحيث يملؤ بعد انبساطه جميع سعة الاسطوانة فعلى ذلك يلزم في هذه الآلة قفل سداة مجرى البخار قبل ان يصل المكبس

الى نهايته ومن السهل كونه نحسب الى اى ارتفاع يصل هذا المكبس
في الوقت الذى تغلق فيه السدادة

وينشأ عن هذا التحسين مناسبة واضحة مع التحسين الذى عمله واط فى آله
بامتداد البخار تحت ضغط الجوى والقصد من الجمع الذى يبناه تنقيص
فكحة السدادة البخارية بالتدريج عند ما ينزل المكبس عوضا عن كونه
يقف على بعض نقط من نزوله وفائدة هذا الوضع تصلح الآلة لزيادة على
ما هو عليه

قد اخذ وولف اذنا ثانيا باختراع تحسين البخار فى الاسطوانة التى يشتغل
فيها وفى سنة ١٨١٠ اخذ اذنا ثالثا لاجل تكميل الفرمان الاول
وحفظ البخار الذى يمكن تشتمه بين الاسطوانة والمكبس

ولهذا السبب منع البخار من ان يؤثر فى المكبس بل يؤثر فى سائل كالزيت او اى
معدن سيال متى كان البخار داخل فى سعة منفصلة عن الاسطوانة
والمكبس الذى يصل بهما بواسطة مجرى مملوء من السائل الذى ذكرناه وهذه
التحسينات بدعة مطابقة بالكلية

وفى سنة ١٨١٥ عمل فى قوتية كورنيل اللتان من الآلات البخارية
المكبيرة فى المعادن المعروفة باسم ووال وويال ابراهام لاجل رفع
المياه وحالتان الآلتان هما اللتان ذكرناهما فى الفرمان المذكور فى صحيفة
٤٢٥ وفيه ذكرنا انشال الماء المرفوع بالآلات بالاقبسة الانكليزية
وسنحوها الآن الى اقبسة فرنساوية ونقوم بالاحاد الديناميكية نتيجة
تلك الآلات ولذلك عملنا هذا الجدول

حريق لاجل الاحداث			ارطال ماء
٦ دينام من النتيجة النافعة		واحد دينام من النتيجة النافعة	مرفوعة الى قدم من الارتفاع مع مد من الفحم
ب ساعة واحدة	٤ ساعة	كيلو غرام	
٥,١٧	١٢٤,٢٦	٢٠,٧١	١٥٧٦٠٠٠٠
٤,٧٦	١١٤,٣٠	١٩,٠٥	
٤,٤٨	١٠٧,٦٤	١٧,٩٤	١٨٢٠٠٠٠٠
٤,١٢	٠٩٨,٩٤	١٦,٤٩	١٩٧٨٤٠٠٠
٣,٩٣	٠٩٥,٢٨	١٥,٨٨	٢٠٧٦٦٠٠٠

واذا استعملنا آلات واط بضغط اكبر من ضغط الكرة البسيط فالتا وصل الى
كوتنا نحصل منها نتيجة نافعة هكذا

٣٠٠٠٠٠٠٠ ٩,٣١ ٥٥,٨٦ ٢,٣٣

النتائج النافعة التي تحدثها آلات وواق

٤٦٢٥٥٢٢٥ ٧,٠٦ ٤٢,٣٦ ١,٧٦

٤٧٩٨٠٨٨٢ ٦,٥٥ ٣٩,١٨ ١,٦٣

ومن المحقق ان النتيجة النافعة في آلات وواق تنقص مع الزمن لتفقد القوة
التي تحصل من استعمال المكابس والسدايد والاسطوانات واماكن هذا
النقصان في القوة لا يظهر لنا جسيما كما يظن بل انه يترك له هذه الآلات فائدة
مشهورة جدا ويمكن معرفة هذا بالجدول الآتي وبمحصولات الفائدة القليلة
التي تحصل من الآلاتين الكبيرتين المؤسستين على حسب آلة وواق
وها هو الجدول

شهور محصولات

ماية سنة ١٨١٥ ٤٩٩٨٠٨٨٢ رطل مرفوع الى قدم من الارتفاع

مارس سنة ١٨١٦ ٤٨٤٣٢٧٠٢

ابريل سنة ١٨١٦ ٤٤٠٠٠٠٠٠

مائة سنة ١٨١٦ ٤٩,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠

يونية سنة ١٨١٦ ٤٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠

ويرى (اقولا) أن تسخين شهر مائة في السنتين واحدة (ثانيا) اثنا إذا أخذنا
تقريباً شهر يونية سنة ١٨١٦ مقداراً عادياً للشغل مع هذه المدة فينتج
عنه بعد ستة عشر شهراً من الشغل نتيجة الآلة المؤسسة على حسب آلة
ووافق و ينتج عنه أيضاً فائدة بالاقبل ٢٠ في كل مائة على آلة واط
الكاملة وذلك إذا فرضنا أنهم يستعملون آلات واط بضغط يفوق ضغط
الكرة البسيط فوقاً بنا

وتختلف القازانات التي كال يستعملها ووافق عن القازانات التي كانت
تستعمل في الآلات التي لا ينبغي للبخار أن يكون حاصلها في الالبضعة مغاير
قليلاً عن ضغط الكرة البسيط والساكن الماء المراد تصعيده موضوعاً
في اسطوانات صغيرة أي أنابيب من حديد وتسمى بأنابيب الغليان وحيث
كانت هذه الأنابيب موضوعة في محل أفقي فكانت معرضة لتأثير الالهب
مباشرة وفيها اتصال يرتفع به البخار ويرجع في الاسطوانة الصغيرة ويستعمل
لذلك جعله من أنابيب العلي يكون كثرها بقدر كبر قوة الآلة وسهل معرفة
السبب الذي كان يحمل ووافق على كونه يستعمل عدة أنابيب الغليان
ذات القطر الصغير عرضاً من اسطوانة واحدة كبيرة وذلك أن قوة
الاسطوانات المعدنية لكي تقاوم ضغط السائل المرن المشددة هي عليه هي كفاية
عن قطر تلك الاسطوانات

ومن الضروري عمل هذه الأنابيب من الزهر اللطيف جداً وأن يكون
ذات مقاومة واحدة في جميع أحواله بحيث لا يخشى فساد من جهة
وكذلك لا ينبغي أن نعتقد بأن يعطى لأنابيب العلي سمك غير محدود
وقد ظهر بالتجربة أنه متى تجاوز السمك بعض حدود فإن انبساط السطح
الداخلي الذي بتأثير الحرارة لا يلزم أن يكون الامساك بالسطح
الظاهر لا يمكن أن يكون كذلك بتأثير الشكل الاسطواناني وأنه ينبغي للسطح

الظاهرى أن ينشق متى تعدى سمك الاسطوانة عدة حدود
وفى لوحة ١٢ يدل كل من شكل ٢ و ٣ على القطع الطولى
واقطع المعترض الذى يوجد فى القازان المسبولة من حديد الزهر مع انبوبى
بب الغلايتين وكانونهما وقازان ثث يتركب من قطعتين مجتمعتين
بواسطة زمامات ا الداخلية وحرف ت تبين محل الانسان وحرف د
يدل على فتحة مجرى التغذية وحرف ت يدل على فتحة مجرى البخار وصر
يدل على سداة الامن و ب يدل على انبوبة الغليان المتصلة بفتحات
١١ مع القازان وحرف ف يدل على المستوقد

ثم ان مسيو ايدوارد شريك مسيو وولف قد ادخل فى فرانسا آلات
بخارية تشغل على قاندى آلات واط وعلى ضغط آلات ترووك العالى
وقازاناته تشبه القازان الذى ذكرناه آنفا وكان يستعمل المسخن وكان
يحصل البخار كما يحصل فى آلات واط ذات المنفعتين

وقد عمل لمسيو ريشارد العظيمة من هذا الجنس قوتها تساوى ستة خيول
أوسنة وثلاثين دينام تستعمل فى تحريك امشاط الصوف الغليظ وتنوب
عن ميدان له اربعة خيول لتأدية خدمة كان يلزم لها اثنا عشر حصانا

وفى هذه الآلة يوضع الكانون من الخارج ويحرق دخانه الخاص بمعنى ان
دخانها يستهلك فيه ولا جل تدوير هذه الآلة يكفى مكبسان وحنفيستان
وسدادتان ورقاص من حديد الزهر يكون موضوعا على اربعة عواسيد على
شكل الهرم ذى الاربع زوايا ويتلقى فى احد اطرافه حركة قضيب المكابس
بواسطة متوازى الاضلاع المزدوج ويوصل هذه الحركة للطلومبة الهوائية
المحتوية فى المسخن ولما ترفع هذه الطلومبة الماء البارد من البئر فانما تصرف
استعمال الباش اى حوض الماء ويوصل الرقاص حركته ايضا الى ملوى
عامود الطائر بواسطة البيلة وهذا العامود يوصل حركة دورانه الى المحرك
الذى يحكم على حنفية ادخال البخار فى سدادتى مجرى البخار المقفولتين بقفل
مزدوج ويفتحان بالتعاقب بواسطة الذهاب والاياب الناشئ كل منهما

من حركة الدورن المحيية النافعة لمشاركة البخار مع المسخن وفي عامود الطائر
يغلق العامود الذي يضم الحركة على امشاط الصوف
وبعد ان تنفذ الطلومبة الصغيرة النفذية في القازان الكمية اللازمة من الماء
المخرج من المسخن وهي كمية يمكن تنظيمها على حسب الارادة فان الزيادة
تسبيل في الخارج

وتنحصر اسطوانات البخار الغير المتساويتين في غطاء واحد ~~سبيل~~ بول
ويكونان غالباً محاطتين بالبخار الذي يجعلهما في درجة واحدة من
الحرارة مثل داخل القازان وتكون كلفة المكابس المعدنية مركبة من عدة
قلاع من دارة من النحاس مضغوطة من داخل الى خارج باليايات على
الجوانب الداخلية المتعلقة بالاسطوانات البخارية وهذه ~~الغرفة~~ لغرفة تصقل
بانحسار كما داخل الاسطوانات اكثر من استعمالها بسبب ضغطها البخاري
القابل وبمعك ذلك الكلف المستعملة عادة فانها تسد هذه الاسطوانات
وتحتاج الى تصليح جديد يستلزم كثير من المصاريف وقد قال مسيو
ايدوارد ان المكابس ذات الكلف المعدنية يمكن استعمالها مدة طويلة بلا
تصليح بالكلية فينتج عن ذلك توفير جسيم في الآلة

ويوجد في حركة الحنفيات انتظام كامل وكذلك في حركة سدائد السيلان لاجل
التسخين وهذه السدائد توضع في علبة بخارية تكون قطعة واحدة من السبيل
ومعلقة تعليقاً جانبياً بقرب رأس غطاء اسطوانات البخار

وقد حسن كل من مسيو اوتكان واستيل تحسيناً بدعي في آلة وولف
حيث استعمل ثلاث اسطوانات عوضاً عن الاسطوانتين مع كانون بمستوة قد
يدور كما ذكرناه في لوحة ١٣ شكل ٢ و ٣

وبدل شكل ٢ على سطح دربين ج الذي يدور على محور أفقي ر يستعمل
محروط ث المعدني المزين بالاسنان المنحنية أو الملتفة في سقوط تراب
الفعم مع الانتظام كخلق الطاحونة في سقوط الدقيقتي في قادوس ل ت
شكل ٣ فعلى ذلك ~~يكنى~~ في وضع القادوس في نقطة ل فوق المحروط

وحركة الآلة البخارية التي تدور هذا المحروط تنزل الفحم وتدور شبالة ج
الذي يتلقى الحريق مع الانتظام في جميع دورانه
وتتصل كالم الآلة على آلات اولويه ايوان وتروتيك ذات الضغط
العالي فتقول

ان اولويه ايوان مثل وواف توسع في قوة البخار الميكانيكية للحرارات
المرتفعة واستتجابهامنا فاع كبرية باستعمال البخار في الآلات ذات الضغط
العالي ولكن اذا نظرنا التقويمات ايوان من اوجه كثيرة فالتاثير الآلة
التي احدها هذا الرجل الماهر كثيرة النفع بالنظر الى توفير الحريق لاسيما
في الآلات التي يلزم ان يكون للآلة فيها قليل من الثقل بالنظر لقوتها وقد أظهر
ايوان مختصر مؤلف ميكانيكي من معرجية الآلات البخارية وذكر
هو فيه قواعده ووسائله التي يعمل بها

ثم ان ايوان شرع في ان يستعمل للقازانات اسطواناتين متماثلتين لاسطواني
البخار وعبر عنهما بحرف ث ث شكل ٥ لوحة ١٣ واحد
الاسطواناتين توضع في الاخرى تحت مركز الاولى بقليل حتى كانتا موضوعتين
وضعا أفقيا ويترك كون الموضع اللازم لتكوين البخار فوق الماء الذي يغطي
بالسكينة الاسطوانة الداخلية ويكون طول الاسطواناتين واحدا وكلاهما يلزم
ان تكون في عمق واحد وتعمل النار في الاسطوانة الداخلية التي تكون محاطة
في جميع جهاتها بالماء وبالجمله تكون الآلة داخلة في البناء والجري التي توصل
للدخنة توصل الحرارة في الاسطوانة الخارجية التي تدفعها مباشرة بجميع
طولها وقد استعمل ايوان لقازاناته احسن مصفح من الحديد ولم يعمل
القصور من حديد الزهر الا بعد التحقق من ان هذه القصور لا تباشر النار

ويمكن ان تكون الآلة البخارية مؤسسة على مقتضى آلة تشبه آلة واط
ولكي يكون الميزان منتظما بطريقتة حسنة يلزم في الوقت الذي يرتفع فيه
المكبس الى نهايته ان تفتح سداة لكي يدخل في الاسطوانة جزؤ من البخار الذي
ينزلها ويلزم ان تقفل هذه السداة بعدما تترك كمية من البخار تنزل المكبس

الى اقصى درجة من حرارته ويوجد في طرف الاسطوانة الداخلي سداة
اخرى تدخل كمية قليلة من البخار المرفوع الى الضغط العالي الكافي لصعود
المكبس ثانيا الى اعلا درجة من سيره

ومتى كان اندفاع البخار يفوق ضغط الكرة البسيط فإن التجربة تبين ما يلزم من
البخار المرفوع الى الضغط العالي المحدد لكي يملأ هذا البخار بااندفاع مسافة
معروفة بان يتحول الى ضغط آخر معلوم

وذكر ايوان ان القاربان الذي يحرق كانه ٣٥ كيلو غراما وبعدها من
الفحم في كل ساعة ويحمل حفية ذات فتحة كافية لادخال البخار في اعراج
على ضغط كرة بسيطة . . . يعنى لهذا البخار سرعة ٤٠٦ امتار
في كل ثانية

ومتى أراد ايوان استعمال ضغط ٨ كرات بجداره يـ في دخول
البخار الحديد في لاسطوانة مع الشدة أو بالمكبس الى الوقت الذي يتقطع فيه
هذا المكبس الجزء الثامن من سيره واعظم تسخين يكفي في اساطفه وقت . . . بان
يدفع المكبس ويحرك الآلة الى نهاية سير هذا المكبس ومع ذلك كل مرتبة
ايوان حساباته على فرض كونه يدخل بخار جديد في المكبس الى الوقت
الذي يحوى فيه هذا المكبس ربع سير جديد

وقد استعمل ايوان اتعدية التي ران طولها صغيرة كابسة جارية لحسارات
التصاعد واذالم يكن هذا الماء خاصا فانه يحصل لحرارة القاربان الداخلية
نقص كبير وهذا هو السبب في كوننا نعمل قاربان صغيرا جهة القازان الكبير
ونسخنه اما بكوننا ننفذ فيه البخار الذي يخرج من اسطوانة الآلة واما ان
نمد فيه مجرى الحرارة التي توصل الى المدخنة بعد ما تترك القازان الكبير

وبهذا الوضع تجذب الطلوسية الصغيرة الغدايسة من البئر الماء البارد ومن
الحوض اوس مجرى ماء آخر لكي تصفطه في القازان الصغير الذي يقي عملوا
دائما مع انه يؤدى الى القازان الكبير بلا انقطاع بمجرى المشاركة

ولما استعمل ايوان المسخن البخاري اشغل بوسائط تكميل الحركة

التي تتعلق به

وفي آلة واط يسقط جزء من الماء الذي استعمل في التسخين ويخرجه بطلموبية
جاذبة في القازان لكي يغذيه ويقويه وحيث ان البخج اللازم لتسخين البخار
يدخل في المسخن ماء جديدا بلا انقطاع ويكون هذا الماء واصلا للقازان على
الدوام فيكون خروج الهواء المظروف في هذا الماء مستمرا كبقية رسوب
المواد التي يحتوي عليها الماء في التحليل وتبقى في قعر القازان عند تصاعدها
الماء ويتكون من هذا الرسوب قشرة غير موصلة للحرارة وهذا ما تسبب عنه
حرق معدن القازان واستهلاكه عاجلا ولتزد على ذلك انه يلزم كثير من
الزمن والمصاريف كلما اردنا مسح قعر القازان وهذه العملية تعاد غالبا
وهالك الكيفية التي يتداركها ايوان هذه المضمرات وهي انه يغمس في الماء
البارد المحيط بالمسخن اناء من معدن ذي حوض من الهواء ويكون الماء
المحتوى في الاناء مجبوراً على ان يصنع بمرورته الهواء بربوza مستمرا داخل
في المسخن وطلومبية التفريغ التي تجذب الهواء والماء الحامى من قعر المسخن
توصل لاناء البخج كمية من الماء على قدر ما يحتوي هذا الاناء وما بقي من الماء
الذي يوجد في المسخن يجري بطلموبية التفريغ على الدخول في القازان المغذى
بعد اخراج الهواء بفتحة ذي سداة مصنوعة في اعلا حوض الهواء المعمول
لهذه النتيجة على منفذ الماء من ابتداء المسخن الى قازان التغذية ويدخل ماء
المسخن باحد اطراف الاناء البخاخ ويخرج بالطرف الثاني للتبريد ويصير صالحا
للتسخين فبدلك يجتنب ادخال الماء الجديد ويستمر على سير الآلة بكمية الماء
التي كانت فيها في اول الشغل

واذا قطرنا هذا الماء على الدوام فانه يتخلص مع السرعة من الهواء المشتمل
عليه ويصير الفراغ ناقصا حتى اخذنا بخار الماء ببخ الماء البارد وسنبين الدوران
الواضح الذي يخص آلة ايوان لوحة ١٢ فنقول (شكل ١) حرف ا
يدل على الاسطوانة البخارية و ب على الاسطوانة المشتملة على مبرقش
(اي حجر رخام) الذي فيه يسخن البخار عند انتقاله يجري ث و س

يدل على اتبوية لتبرج و د على طلوسه الماء لدار الذي يتصل بقصة
 د مع السعة التي تشيل على الميرقش وه على طلوسه غداية و ج ج
 على الرقاص و ح على سقطة ثابتة كثر الاصلاخ و ك على نقطة
 اتصال قصيب المكس بالرقاص و و على القصيب المعلق من جهة
 في ييلون ح الثابت ومن الاخرى بالرقاص لمعه من ان يجز قصيب المكبس
 خارج الاتجاه رأسي باليتركه على مسده الى متصل ل و م على
 البيلة و ن ن على طائر شكل ٤ وهو متقطع رأسي ذو علقة صارية
 وسداة افقية بعبر عنها بحرف ا البحارية وتكون حركة دورانه مستمرة
 و - على العاصود المودل الحركة الى سداة ا بواسطة تعشيق ح
 المربع و (شكل ٥) يدل على قطع أفقي على حسب خط س س من أعلا
 الى اسفل و (شكل ٦) على وجه السداة الداخلي و (شكل ٧)
 على سطح قاع ف ف و (شكل ٤) على العلقة التي عليها تدور سداة ا
 وفيها القلمات المستديرة ا ا -

وسداة ا تكون مشوقة بمراغ د المربع بعرض واحد على مسافة
 المحور العمود من العلقة ومن السداة مثل فتحات ا - المستديرة وعلبة
 ف ف منقورة مقداراً ثلث فتحات ا - ث ث و ا هو
 الممرى التي توحد تحت كس الاسطوانة البخارية و - تدل على هذا
 المكبس و ث هي فتحة أخرى قريبة من العلبة تشترك مع المسح
 ويسل البخار بفتحة ع وينقل بحرف د بمجرّد ما تنفتح د على
 سمت ا أ ر - وبناء على ذلك توصل البخار الى القاربان تارة فوق مكبس
 الاسطوانة وتارة تحته وتحت العلقة يدل على مجوف ه شكل ٤ و ٥
 الذي عرّسه بمكب في تارة اعطاء فتحات ا ا و ث ث وأخرى لفتحات
 - ث ث وهذا ما يشترك المسخن مع البخار الذي يوحد من جهة من المكبس
 مع ان البخار ينتقل من القاربان الى الجهة الاخرى من المكبس و (شكل ٨)
 يدل على سداة الامن و ث هو البرعة التي حرّوها المقبول ينطبق على

طرف مجرى ت و (شكل ٨) يتصل بالقازن ويصكون بالجزء الآخر الذي يدخل في الأنبوبة ممتدة بثلاثة ثقوب لنفوذ البخار و (شكل ٩) هو سطح السدادة وحرف ر ر هو الرافعة الذي ينضم على البريمة بواسطة ثقل ح وشكل > يدل على ارتفاع البريمة وشكل < يدل على السطح الافقي

وقد اخذ مسيو ترووتيك ومسيو دويان سنة ١٨٠٢ فرمنا باختراع آلة بخارية ذات ضغط عال بدون تسخين مطبقة على جرّ العربات على الطرق العادية ولما وجدوا عمل ذلك يحتاج لكثير من التعب والمصاريف اقتصر على كونها يجتازان عن طريقة تطبيق قوة البخار على حسب العربات في الطرق التي يوجد فيها جرّ العجل

وفي سنة ١٨٠٤ صار هذا الاختراع الجديد معروفا في سكة الحديد المنسوبة الى هرتان تودويل ببلاد فرنسا

وفي سنة ١٨١١ استعمل مسيو بلنك انسوب الجرارات المسننة التي عليها تجري عجلات العربانة المسننة كذلك المحرك بقوة البخار لا غير وهذا يبيح اتباع الانحدارات الكبيرة أو القليلة من غير ان نخشى ان الآلة لا تسير على الجرارات كما تسير على السطوح المنحنية

وفي سنة ١٨١٢ اخذ مسيو ايدوارد ووليان كاجيان فرمنا لاستعمال التهما المحركة على سلسلة ممتدة في جميع طول الطريق ومثبتة في اطرافها وتعمل هذه السلسلة دورين في مخرج محفور على اسطوانة افقية متحركة بقوة البخار وهذه طريقة تشبه الطريقة التي يستعملها البخارة لكي يرسوا على المرسى بالهلب

وينسب لمسيو بريتون ابتداء آلة عظيمة بدفعة تحرك قوة البخار على الروافع أو السيقان الصناعية التي بها تدفع عربانة البخار على الطريق مثل اندفاع العربانة النقالة بواسطة الشغالة

وقد ذكرنا في لوحة ١٣ شكل ٥ و ٦ طريقين راسيتين للعربانة

الجنارية المستعملة على الطريق التي فيها ثرا الجز المنسوبة لكلا غورت
في ابر بطانيا الكبرى

ونرى ان الاسطوانة الكبرى المغطية للقازان محتوية على اسطوانة
الصغرى التي فيها توضع النار كما ذكر في صحيفة ٤٤٣ وتكون اسطوانتا
أ ب موضوعتين في القازان الذي يشقانه الى نقطة أ ب اللذين يكونان
معشقين فيها على صورة العربانة البسيطة وتكون قسبان المجاس موضوعة
من الاعلا على روافع ل ل و ل ل المعترضة وعلى هذه
القصبان تعلق بيلات س س التي يزيد دوران طارات العربان الاربعة
بواسطة شوحية موضوعة على أحاد انصاف انطار كل طارة وتتحرك على عود
اسفل البيلة ويرى في ت ت (شكل ٥) دليلان لتنظيم حركة
المكابس ومنع البيلات من ان يفسد سيرهما الرأسى وتنفذ حركة الادراج
التي تشبه الادراج التي ذكرناها الجنار بالتعاقب فوق كل مكابس
وتحتمه ويرى في ق ق الانبوبة التي توصل الجنار ثانيا الى المدخنة التي
يتفرق فيها اولاجل فتح الدرج وقفل تحرك دائرة ه الصغيرة المتوسطة
المختلفة المراكز المثبتة على كل محور رافعة ١ و ٢ و ٣ المتقاسة بالذراع
التي تؤدي لتقيب ٤ حركة الذهاب والاياب وبناء على ذلك تؤدي لرافعة
٥ و ٦ الصغيرة حركتها الدوران اكي تنفتح سدادة الجنار وتعلقها
و ف (شكل ٥) هو ظلومبة صغيرة كابسة لتغذية القازان و ع
(شكل ٦) هو العربانة التي تحمل الماء والوقود اللازم للدالة و ع
هو سلسلة ارتباط العربانات المجرورة بالدالة وتو يدل (شكل ٧) على احدى
العربانات التي يرى فيها زمام مع ذراع الرافعة الاكبر التي تستعمل لصربك
في التبرول و ز (شكل ٦) هو سلسلة الغير المتناهية التي تتعشق
في شكاين صنوبريين مثبتين على المحاور لكي يكون للبيلات حركة واحدة
متعلقة بها على الدوام

(وشكل ١) يدل على المانومتر التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث عشر

الدرس الخامس عشر في الكلام على مرآة كعب النار وعلى قياس شغل
الات البخارية

واعظم استعمال من الاستعمالات المهمة في الات البخارية هو استعمالها
في الملاحة وسنبين في هذا الغرض خلاصة اعراضنا لا كدمية العلوم على
رسالة ميسيو مارستير التي في علم الملاحة ولتزد عليها التفاصيل
الاصطلاحية التي لم تكن داخلية في هذا الاعراض ووجدنا لها مدخلا
في كتابنا هذا فتول

من المعلوم ان الملاحة كانت بطيئة في النهرات الصغيرة والانهر الكبيرة
في مقاطعة التيار واستهلاك مقدار جسيم من الناس والخيول بصعوبة الجزر
وقد صارت الملاحة على البحيرات الكبيرة وعلى الابحار سهلة للانسان بقوة
الهواء وبواسطة النواع اكن لا تعمل هذه العملية الا بالمشقات العظيمة ويحصل
لها مع ذلك موانع في بعض الاوقات لا يمكن الخلاص منها مدة لفرطونات
لاسيما مدة تسكون الرياح وتكون بطيئة صعبة متى هبت الرياح المختلفة
فلهذا كان مثل هذه الاسباب العديدة القوية يتقص الفائدة التي تنشأ عن
قوة الرياح في الملاحة

واول من عمل بعض تجاريب عظيمة بوسائط آخر ميكانيكية تنوب عن قوة
الرياح هو ميسيو دوكيه الفرنسي وقد حصلت نتائج تجاريب واشهرت
من ابتداء سنة ١٦٨٧ الى سنة ١٦٩٣ في مينة مدينة هاور
وفي سنة ١٦٩٨ نجح القبودان ساويري في بعض تجاريب مهمة
في ملكة انكلترا باعانة حاكم وورستيره فعمل الات البخارية التي تسير
بالطارات ذات التوايت وهذه الطريقة بعد مضي قرن نجحت بالكلية
في الطريقة الجديدة للملاحة

واكن لم يخطر ببال الرئيس ساويري ان يدخل في القوة المحركة القوة التي
استعملها بالات البخارية ولم تكن كاملة بحيث تحدث مثل هذه النتيجة
ولما كان جون تانام الهللي في سنة ١٧٣٦ مساعدا على تكميل

هذه الآلة، نسوية لنو و كان ظن ان في طاقته تطبيق هذه الآلة على تحريك المراكب بالطارات ذات التوايت فاخذ لهذه النتيجة تقريراً والزم نفسه بلا طائل بترويج الرياسة البحرية بملكة انكلترة بالنظر الى مقاصده فطر د ولم ينجح في ذلك

ومن جملة ما عترض به على هذه الرياسة كون قوة امواج البحر لا تفسد جميع اجزاء الآلة التي توضع في البحر الى عدة قطع متفرقة بحيث تحترقها في الماء وقال چونانام من المستحيل كون هذه الآلة تصير مستعملة في البحر وقت الفرطونة وعندما تكون الامواج قوية مضرّة

ومع كون چونانام مخترع مراكب النار كان لا يظن ان يمكن اجراء ذلك لكن التجربة اظهرت بعد ثمانين سنة امكان ذلك مع الفائدة وقد بينت لما هذه الخاصية كمال تقدم التصورات من ابتداء الاختراعات الى نشاها الذي حصل في الا عصر المتأخرة

ويظهر ان مقاصد چونانام لم يصرا اجراها اصلاً وانما في سنة ١٥٧٥ عمل مسيو بريير اول مرة مركب نار ولما وضعت هذه المركب على وجه الماء الرادسارت مع قليل من السرعة حيث ان قوة الآلة المتحركة كانت لا تساوي الا قوة حصان وكانت هذه المركب لا تسير في مثل نهر السين مع تلك الوسائط الضعيفة فلذا ترك مسيو بريير مجهوداته ويئس من تجاريه

وفي سنة ١٧٨١ كان مسيو غوفري اوفر خطا في مقاصده حيث عمل في مدينة ليون مركباً كبيراً لابعاد طواها ٤٦ متراً وكان نهر السادون بطيئاً اتيار ولهذا كان يسميه قيصراً بالبطيئ التيار فلذا كان يصلح لتجارب من امثال هذا الجنس من المراكب ومع ذلك فكان بعض عوارض قد اوقته عن عمله مع انه كان يمكنه التماذي في مشروعه ولكنه لما ظهرت هذه العوارض والتقلبات ترك فرنسا

وقد نال مسيو دسيلانك بعد هذه التجارب بخمسة عشر او ثمانية عشر سنة من الحكومة الفرنسية اوية فرماناً بتعمير مركب النار

وبعد ذلك بمدة قليلة اتى في مدينة باريس ميكانيكي واكتسب فيها شهرة عظيمة جدا وهو فاطون الذي عمل عدة تجارب في هذا الغرض بقرب جزيرة السنيا ومن ابتداء سنة ١٧٨٥ الى سنة ١٨٠١ ظهر ميلير الدالونستون وكلارك وسما نجتون في مدينة ايتوسيا واستانوب ومسيو بوتير وديكانسون في مملكة انكلترا ولكن لم ينجح في مشروعه احد منهم نجاحا قطعيا

ومن ابتداء سنة ١٧٨٥ و ١٧٨٦ الى سنة ١٧٩٠ استعمل في امرينة كل من مسيو وتيتك ومسيو رسمه في الملاحظة قوة البخار ومع ما ظهر منهما من التجارب النافعة وجدا انفسهما محتررين في بلادهما فانتقلا الى اوربا لكي يظهر الاختراعهما

وبعد مدة طويلة بسبب معارضة بينة لما لم يجد مسيو فاطون في ملاحظة فرانس التجارية لسهولة ولا فوائده محقة ورأى ان اعراضاته احييت على اول قنصل بخصوص استعمال المراكب البخارية لاجل تكوين العمارات الصغيرة المراد عملها لاجل النزول في مملكة انكلترا ويثس من النجاح في اوربا القديمة رجع الى وطنه ونوى على كونه يتقل في امرينة الصناعة الجديدة التي ابتدعها في مملكة فرانس

وعضده في هذا المقصد مسيو لانجستون الذي كان اذذاك الجي الاقاليم المجتمعة تحت حماية الحكومة الفرنسية وكان هذا الالجي نفسه مؤلفا لعدة تجارب لسفر مراكب النار في وسط البحر بقوة البخار وكان يتقل هذه القوة تارة بالطارات الاقفية وتارة بالطارات ذات الاجنحة مثل طارات الطاحونة على شكل سطح الخط البرمي وشكل ارجل الوز والسلاسل التي لانهاية لها

ولما صارت اهمية الملاحة بالبخار معلومة وتعويض قوة الرياح بوساطة ميكانيكية معلومة ايضا في امرينة من ابتداء سنة ١٧٩٨ اعطى نوبورن الى مسيو لانجستون هزايا عشرين سنة بشرط انه قبل ٢٠ من شهر مارس

سنة ١٧٩٩ يعمل مركبا تسير في الساعة اربعة فراعخ
وقد حصل مسيو لانجستون بالاستعمال الذي عمله في الآلة البخارية
التي هي اكبر من آلة مسيو بوير بخمس مرات اوستة نجاحا عظيما غير
ان هذه المركب لم تبلغ درجة السرعة المطلوبة لانه كان يستعمل مع ذلك قوة
قليلة جدا واما فلطون فانه زاد هذه القوة اكثر من ثلاثة اضعاف امثالها
وقد ارم فلطون الفرقة الانكليزية اعني واط وبواطون الانكليزيين عمل
آلة بخارية تساوي قوتها قوة عشرين حصانا ونقلها في امر يقة لكي يركبها على
السفينة الاولى التي علمها نوويرك سنة ١٨٠٧ وهذه الآلة
ابتداء السباحة فيها ولكي تقطع افة الماية والعشرين فرسخا التي تشرق
نوويرك من الالباني فرض اثنين وثلاثين ساعة في الذهاب وثلثين
في الاياب فقط

ونشأ عن هذه التجربة دهشة كافية في جميع العقول واجمعت الجمعيات
العظيمة من جميع الجهات لتقيم عماردة مراكب الدار واستخراجها وصار اراد
بعض هذه المراكب جسيما جدا والمسافع التي استخرجتها الاقاليم الممعة من
هذا الاختراع فاقت باقى المشروعات الخطرة

ونجاح مراكب النار في امر يقة صار عما قريب معلوما في اوربا حينئذ
وجدنا اسكشافا جديدا انتقل من الدنيا القديمة الى الجديدة ثم من
الجديدة الى القديمة ربا عكس وفي مرة الاخيرة تاصل في الارض بواسطة
المخترعين الاول

وفي سنة ١٨١٢ عملت اول مركب بخارية لاجل السباحة في جزيرة
سيليا ونجحت نجاحا عظيما في اربطانيا الكبرى

وفي سنة ١٨١٦ لما طفت باسكاترة وجدت فيها فن الملاحة راهايا زاهرا
متسعا بالكلية فاعلمت مدير البحارة والقبائل بالحالة التي وصلت بها هذه
السباحة الى مدينة ايقوسيا وهالك تشرفت بمقابلته الشهير واط وتعلمت
التجارب التي كان يشرع فيها ابن المعلم الذي كمل الآلات البخارية وكان

شارعاً في تكميل تطبيق هذه الآلات على الملاحظة
ومع ذلك صارت التجارب كاملة في فرنسا من ابتداء سنة ١٨١٥ ولكن
كانت الطريق التي كانوا يتبعونها قبيحة والآلات التي كانوا يستعملونها
غير كاملة وكانت الصعوبات والموانع المحلية كبيرة جداً في هذه المملكة
فلذا بطل سعيهم وفسدت الجمعيات في هذا الغرض
فهذا كانت الحكومة الفرنسية ترى وقوع المصائب الكبيرة من الاختراعات
الناشئة من غير روية ولا تبصرو ترى النتائج العظيمة في بريطانيا الكبرى
زاهية كثيرة النجاح في امر يقة التي بسبب بعدها تصدق المبالغة في القصص
المروية عنها وكذلك تصدق السياحون فيما ينقلونه عنها

وفي هذه الحالة كان مدير البحارة لا يتبع الا طريقة الادراك والتعقل
فعزم على ان يرسل للاقليم المجتمعة مهندسا ماهرا عاقلا يعرف هنالك معرفة
جيدة الاشغال التي عملت قبل ذهابه في هذا الجنس وما نتج منها وهذه
هي أمورية مسيو مارستير

وفي هذا الحال امر مدير البحرية مسيو مونجيري قبودان الفرقاطة
ان يحضر بالمركب التي كان حكم دارها وقتئذ في مينات امر يقة وان يبحث
عن وظيفة مراكب النار البحرية والجهادية
والمقصود ان مسيو مونجيري يطبع ملاحظاته النافعة البدعية على
مراكب النار بعد عمل الكتاب الذي ابتداء في اظهاره بخصوص الآلات
البحارية

وقد ابطل مسيو مارستير كثيرا من الاشياء الغير المحققة وقرب الى الحقيقة
النتائج الغريبة التي كانت تنسب الى علم الملاحة بالبحار في امر يقة
فلما انتقاد للملاحظات الدقيقة وللاقيسة الصحيحة لم يجد شيئا يصدق او يعتد
وحينئذ استنتج مسيو مارستير انه اذا اريد الوقوف على الحقيقة لا بد
وان يجد ان الطريقة الجديدة في الملاحة ينقص ومنها اكثر من الفوائد بسبب
ذلك لا يصير قبواها في بحار اوربا وانهارها كما في بحار امر يقة وانهارها ولو كان

ثم فائدة نسبية قليلة الاهمية برهنت عليها انكلمرة
وفي وقت الاضطرابات الكبيرة تظهر المنافع الكبيرة ولم تحقق اى قاعدة
كانت على الضبط والتحقيق الا باختراع مراكب النار وقد صار هذا
الاختراع مفيدا كثيرا لانفع لا قول بلادة اختراعها
وفيما بعد بمدة قليلة سلت مدينة لوزيان بفرانسا الاقاليم امرىقة المجمععة
سيرا حدانهر الدنيا الجديدة انكبارا بتماسه وذلك عند مارتك المتبر برون
المطرو دون او المحكومون في باطن الاراضى عدة ولايات متسعة كان لا يمكن
الدخول فيها حيث تبعو طريقا اخرى خلاف طريق الانهر التى تتفرع
بمسافات كبيرة ففي هذا الزمن ظهر مع النجاش من الملاحنة من يفوق
فى السرعة جريان المياه ولا يحتاج لاقوة الريح التى تصعد وتهبط من غير ان
يمكن الانسان الاحتراس منها ولا طريق البحر الغير المطروق على شواطئ الانهر
المعركة المملوءة من جميع الجهات بالغابات الصغيرة
وفى ظرف مدة قليلة بمسافة خمسة عشر سنة تكون كثير من المدن على
الشواطئ التى كانت تعد فيها مع الصعوبة سكان الضيع من القرى الصغيرة
واحتاط به هذه المساكن المنفردة كنهر من القرى على جملة من الخلات التى
ذهبت فيها لمراكب جلب التجارة التى غيرت بنفسها سيرها بالنظر الى الاهالى
القديمة والجديدة الموجودين فى ليون
وبطريقة ميكانيكية سملت سككى الولايات التى كانت خربة وتجمع فيها ملل
جديدة ونشأ عن طريق المشاركة هذه التى لم توجد الا من منذ خمسة عشر سنة
احوال صارت مقبولة لدى رتب التعهدات الكبيرة التى حصلت فى شمال
امرىقة وهذه هى ثمرة العلوم والصناعة بالنظر الى الجمعيات البشرية * والا آن
اذا سارت المركب من مصب نهر مسسين فانه يمكنها ان تصعد على
هذا النهر وعلى نهر مسورى الى نهر الحجر الاصفربان تقطع ٢٧٠٠
فرسخ بحرية اى ٥٠٠٠ كيلومتر (١٢٦٠ فرسخ بوسطة) اعنى انها
تقطع على جريان الماء الطبيعى من الاقاليم المجمععة مسافة تفوق على طول

المائة وخمسين خليجا مخفورا يابدى الناس فى ارض ابريطانيا الكبرى
وفى عدة ولايات من مملكة ليون يوجد الفحم المعدنى بكثرة وفى عدة محلات
تنقل المراكب التى تنقل السياحين ومحصولات الصناعة الى البلاد المجاورة
للمعادن التى تؤدى لهم القوة المحركة ولعدم هذا الوقود يظهر فى شواطئ
الانهر العظيمة كثير من الغابات الجسيمة التى مقدار ثمن اخشابها كما يقال
ليس الا استخراجها

ولا يمكن لاور كما ذكرناه سابقا لاسيما فى جزؤها المتقدم ان يوصل لهذه الدرجة
جميع السهولات وجميع القوائد وان الملاحة بالبخر لا تحدث فى الدنيا القديمة
تغيرات سرية سلمية العاقبة كما فى الدنيا الجديدة وسبب ذلك انه يوجد عند
الملل الاوربويه كثير من طرق الانتقال التى لم توجد بامرئته ولكن لآلة
الانتقال الجديدة فى كثير من الاحوال منافع مشهورة تستحق ان يبحث العالم
عن استكمالها شيئا فشيئا بالعلوم النظرية المطبقة على التجربة والمهندس
بالعمل المطبق على النظر

وكانت المراكب الاول التى عملها فلطون مسطحة مثل سفن الفرنساوية ذات
القعر المستوى وفى سنة ١٨١٣ ابتدؤا فى كونهم يدورون نصف هذه
السفن الاسفل ومن هذا الزمن كانوا يعملون جميع المراكب البخارية
بان يعطوا لانشاء نصفها الاسفل مداومة كبيرة فى الطول والعرض ولكنهم
يجعلونها مسطحة جدا لى تجذب قليلا من الماء

وقال ماسيو مارسستير وله الحق فى ذلك انه متى كان جذب الماء غير محدد
ربما صار كثير النفع من كونه يقرب من شكل الاغربة التى كانت من منذ
قرون صالحة للسياحة بالجوازيف

طول المراكب عادة من ٣٥ الى ٤٥ وفى النادر

يتجاوز ٥٠ مترا

ويتغير العرض من ٤ر٥ الى ١٠ امتار

ويتغير العمق عادة من ٢ الى ٣

ويغير جذب الماء من ٢ الى ٢
وكانت المراكب الاولى ضيقة جدا حتى انه كان لم يكن عرضها الا عشر طولها
واما الان فان لها من العرض ربع هذا الطول او خمسة ونشأ عن ازدياد
العرض تقصير الطول والعكس ومجر الماء من النصف الاسفل بدون تقصير
قوة السفينة وبدون خلل في ثباتها الذي ازداد بهذه الطريقة وذلك اذا لم يتقص
شحنها

وبالجملة لا اجل جذب الماء في السفينة العريضة يكون للمقاطع المعترضة
سطح اكبر مما يكون لها في المراكب الضيقة وجر المراكب الذي يحمل ثقلا
عظيما من آلة الجنار والطارات بجميع لوازمها يكون كثيرا لجم وبناء على ذلك
يكون محمولا بثقل عظيم من الماء

وبعد مساواة الاثقال التي تؤثر من اعلا الى اسفل وبضغطة السائل الذي
يؤثر من اسفل الى اعلا تكون السفينة عرضة للفسار قليلا

وفي بعض مراكب النار المعينة لحمل البضائع تكون آلة الجنار موضوعة على
القنطرة وفي المراكب المعينة لنقل السياحين تكون موضوعة على الحن
وتارة يكون عامود الطارات في وسط طول المراكب وتارة يكون بعيدا من
المؤخر اكثر من المتقدم ويتغير في الغالب بين هذين الحدين

وفي المراكب المتحركة بالآلات ذات الضغط البسيط يندر كون جذب الجنار
يفوق ثلثي الجذب اللازم لضغط الكرة البسيط اعني ان ارتفاع الزيق في انبوبة
تستمر من طرف مع جنار اقل من ١٠ وبالاعتماد على الهواء المطلق يندر ان يرتفع
اكثر من ٥٠ سنتيمترا متى كان ضغط الكرة المتوسط ٧٦ سنتيمترا
من الارتفاع البارومتري

واعظم ملحوظة مهمة ذكرناها سابقا هي ان الاشخاص الذين يريدون عمل
المراكب الجنارية على عدة انواع مختلفة بطل قصدهم في كونهم لم يتخيلا
اعظم طريقة يمكن ادراكها اكثر من كونهم يكتفون بالقوة المحركة
القليلة جدا

وكان يلزم قيل كل شئ معرفة القوة اللازمة لتأدية سرعة معلومة الى مركب معلومة ايضا وكان يلزم ايضا حساب ضياع القوة اللازم لجميع انواع الصلابة وعلى من تنضى هذا التقويم كان يلزم تعيين قوة آلة البخار المعينة لتحريك المركب واقل من شرع في هذه الحسابات ونجح فيها هو فاطون وابتداء من التجارب المعمولة في بلاد انكلترة بالجمعية المرتبة لتكميل العمارات البحرية ولم تؤدله هذه التجارب بلا شك سوى تصورات تقريبية ولكن كان هذا التقريب كافيا ليدل على اى حد يلزم السلوك فيه ومن ثم نجح في مشروعه وتحقق منه مع التأكيذ ولم نزل نطالب هذه الحوادث حيث انها تدلنا على نجاح الاختراعات البديعة وتبين للمصورين انه لا يكفيهم تركيب مبادئ آلاتهم بالمعارف القليلة ولا يثقون بالنتائج الحقيقية اذا كانوا لا يعرفون سيرها بالتجربة المعمولة على موجب الحسابات

وكانوا يعتبرون ان فاطون رجل من العقلاء حيث انه اول من نجح في السياحة بالبخار وكانوا يمنعون هذا القرب عن اغلب اسلافه في هذه المادة ومع ذلك كانوا يبذلون جهدهم في نجاحه بالخصوص فبعضهم كان يعين استعمال التوايت وبعضهم يعين استعمال الآلة البخارية واطهروا انه كان يسهل تغيير وتأثير هذه الآلة المتعاقب الى حركة الدوران كالحركة التى تناسب التوايت بل وانهم عمروا كراكب النار التى تشتمل على جميع هذه الوسائط وتسير ولومع السرعة القليلة ولم يتقص سوى ازدياد هذه السرعة زيادة مناسبة بان تزيد القوة المحركة من غير ان تجرى الى تراكيب ميكانيكية خلاف التراكيب المعلومة قبل والذي نعلم ان فاطون كان مساعدا فيما قلناه بالتجارب وبوسائط الحساب وبعد نجاحه ضاع فضل اسلافه كله وانجى من عقل الالهالى وهو الذى حاز بمفرده نهر القرب واما الآخرون فلم يذكروا في بعض التواريخ الا قليلا

ولما لم يمكن فاطون توسيع مناقشاته النظرية بقدر ما كان يلزم لتقييم طريقه الملاحاة بالبخار لم يحدد مع الدقة كلاما من الوضع والحجم والشكل الذى

يصلح لجميع الاجزاء التي تتركب منها شوحية مركب البارو اما مسيو
مارستير فلم يلاحظ لذلك بل ابتدأ في جمع التصورات اللازمة لهذا الوضع
والحجم والشكل اللازمة للمراكب العظيمة المستعملة بين مراكب الاقاليم
المجتمعة ثم استخرج من التصورات الباشئة عن التجربة بسرعة هذه المراكب
والنسب الحسابية تكون قاعدة للمعمارية التي يريدون عمل مراكب البار
بطريقة محكمة

ولاشك ان القواعد الحسابية هي التي تلزم لسير المراكب وازدياد الجناح على
حسب ارتفاع حرارته وضياح القوة الباشئة عن احتكاكات جميع الانواع
المختلفة واقول ان هذه القواعد لم تكن معروفة على وجه التحقيق بحيث يمكن
الانسان تحصيل نتائج كاملة صحيحة في تقويم النتائج التي تترفع على هذه
القواعد غير انه يوجد عدم اثبات مطلقا في المقادير الاخيرة التي يصلون اليها
بل يوجد في النسب التي ترتب بين الكميات التي يريد احرائها على موجب
الحسابات العديدة

ومع ذلك ذاراجعنا مع الاهتمام التجربة في نتائج اخيرا اذا كانت القواعد
الحسابية التي عملها باالمرئى بعد اتقرب من النتائج الحقيقية المبروزة
بالطبيعة وتمازيب الصنوع فمن نحصل القواعد العملية التي لا يمكن
الوصول اليها بدون القواعد النظرية تقريرا وهذه هي الطريقة التي تساعد
المهندسين في امرهم الذي لا يمكن لعلم ان يحكم فيه به اصيل صحيحة مؤكدة
وهذا هو المسلك الذي سلكه مسيو مارستير

فكان بحث عن المناسبات التي يمكن وجودها أو يمكن ان نعتبرها بالاقول
بلا ضرر مرتبة بين قوة الآلات البخارية وحجم الطائرات وقواديسها وبين
ابعاد المراكب الاصلية

وحيث ابتدأ في هذه التجارب التي عملها اثني عشر مركبا اختبر سيرها على
النمط الآتي فقابل

اولا جذب البخار المعتاد ثانيا عدد دوران الطائرات في كل دقيقة ثالثا

سرعة المكاس المقابلة لسرعة هذه الطارات رابعا نسبة سطح القادوس الى سطح المستطيل الذي قاعدته عرض المركب وارتفاعه مجرى الماء خامسا المسافة التي يقطعها ضلع القواديس في كل ثانية وهذه السرعة يلزم ان تكون كبيرة بالاقول كسرعة المركب وذلك اذا لم نرد ان جزء القواديس الداخلى يضرب السائل في جهة مخالفة لسير المركب سادسا سرعة المركب المعبر عنها بالامتار في كل ثانية بالحسابات الرياضية وبالعقد في كل ساعة بالنسبة لاستعمال الجارة سابعا العدد الذي يدلزم ضرب سرعة المركب المقسومة بعدد حركات المكاس المتضاعفة لكي يبلغ قطر القواديس ثامنا الضارب الذي يبين نسبة سرعة المركب مع الاعداد الاسمية وهي قطر اسطوانة الآلة مضروبا في جزر تربيع حاصل ضرب المسافة التي يقطعها المكاس وارتفاع عامود الزيت الذي يحمله الجار وهذه النتيجة تكون مقسومة بالجزر التربيعي المتعلق بحاصل ضرب عرض المركب وجزر الماء وقطر الطارات ذات الطاقات

وبالحسابات المعلومة في قضايا الرسالة الاولى وصل مسيو مارستير الى عدة نتائج لا يعتبرهم معظمها الا عبارات قريية من القواعد الحقيقية المجهولة وهذا شرح النسب القريية التي وصل اليها المؤلف

اولا ان تربيع سرعة المركب اصغر من قوة الآلة المقسومة على صلابة المركب وتربيع سرعة الطاقات المتوسطة يفوق هذه الكمية التي هي حد تربيع احدى السرعتين ولتحصيل هذا الحد يلزم ان الطارات تكون غير متناهية ثانيا ان سرعة المركب تكون بالمعنى المستقيم الجزر التربيعي لقوة الآلة وبالمعنى المنعكس الجزر التربيعي اصلاية المركب والكمية 1×2 ويستدل على صلاية المركب بحرف 2 وعلى صلاية الطاقات بحرف 1

ثالثا نسبة كمية 1×2 المحددة للمركب الى نسبة كمية 1×2 المحددة لمركب اخرى مختلفة قليلا في الحدود وتكون سرعة

المركب تقر به امانا سرعة لجر رة الآلة التريبي المقسوم على حررتريبع
صلاية المركب

رابعا تدون سرعة المركب مساوية تقر به للحد الجري الثابت المضروب
في حررالحاصل التريبي من ارتفاع عامودا ريق الذي يحمله الجار
ومن مربع قطر المكاس

ومن حريان المكاس

ومن العدد الذي يرتفع في كل دقيقة

ويكون هذا الحاصل مقسوما بجررالحاصل لتريبي من عرض المركب
ومحريان الماء

وعنده النسبة الاحيرة يوصل الى المقدار الذي فرضناه او لا صار
السرعة البسيطة

وامس هـ - السارء دائنا ثا الى انه يتعير من ٢٩ و ٢٠ الى ٦٥ و ٢٧

ممرات كباتي اسدعامسيو مارسير انموذجا لحسابه التي فرضها

ومتوسط جميع اصورب الواحد اتركه مسيو مارسير له ليس بحقيق

لله مركب التي تتعلق بها القوة له يساوي ٤١ و ٢٣ ومع ذلك - ارمسيو

مارستير عـ - ٢٢ حتى ان الامثلة التي ملق عليها هذا الصار الاحير

تظهر ان انه كان يريد استعمال السارء الى رل

واذا طبق مسيو مارسير عدد ٢٢ على مباحث سرعة مركب السار

المن السور التي علمتها لبحارنا مساوية فاه يحد سرعة ابل من ٠٤ و ٠

و احدا ٤١ و ٢٥ فاما بجدستدار لا يريد عن ٢ في كل مائة من

السرعة المررضة بالبحرية

وا - احدا ٢٢ مقدار المتوسط الصارب كما عمله مسيو مارسير

رساله فانه يكان ~~كثير~~ من الحالات عدم تحصيل السرعة الحقة تية

التي عشر وهذا ما يحصل مثلا للمركب اي سرعتها تساوي ٣ و ٣ في كل

ثا يـ تلـب صار با مساويا الى ٢٤ و ٢٥ فاد يشأ عن ٢٢ المأحرد

ضارب بسرعة ضعيفة جداً نحو ١٥ في المائة
وإذا اخذنا ٢٣، ٤١ ضارباً فالتأثير سرعة لا تنقص عن ٨ في كل
مائة الأندرا

واما من جهة مركبي ديلار والاقاليم المبتعة التي تفرض الضواري أكثر
من ٢٢ فينبغي لنا ان تبصر اذا كان لا يوجد في خواص صورته اني
متجاوز الحد يظهر نقصان هذه الضواري فعلى ذلك نرى في تأليف مسيو
مارستير ان لاحدى المركبين صورة كنيضة جداً وصالحة قليلا للسير ومن
الجانزانه يوجد للمركب الاخرى عيب مثل ذلك

ومما يجب التنبيه عليه ان الضارب الذي بحث عنه مسيو مارستير يتعلق
بتحسين الآلة البخارية وبالتعشيق القليل او الكثير المصنوع لا تتقال الحركات
وتتركيب السفينة وبصورة النصف الاسفل ومناسباته وعند تكميل هذه
الاجزاء المختلفة يزيد ضارب السرعة حجماً اذا لم يكن هناك مانع ولكن هذا
الازدياد الذي اظهره اعظم المهندسين بين لنا تقدم هذا الفن

وبتطبيق بسيط وحصل مسيو مارستير الى هذه النتيجة وهي ان سرعة
السفينة التي تسير على قاطع تيار ماء مطلقاً يلزم ان تكون بقدر سرعة التيار
مرة ونصف لكي تكون القوة المستهلكة اعنى استهلاك الوقود قليلة على قدر
الامكان ولكن مع ذلك كله تكون هذه السرعة أقل من السرعة المراد تحصيلها
لتمام ما تحتاجه التجارة لاسيما الاحتياج دوران السباحين

وفي الحالة التي تصعد فيها المركب بسرعة قدر سرعة التيار مرة ونصف يلزم
قدر ذلك ثلاث مرات من القوة الحركية اذا كانت هذه القوة تتحرك على
الشاطئ اما بالآلة البخارية أو بجيد ان الخيل اذا تقلنا من نقطة معينة على
القرار أو على الشاطئ

ومتى كان التيار سريعاً جداً وكانت القوة مستعملة على الساحل فانه
يصير كثير الفائدة في الصعود اذا جر من هذا الساحل بجبل موضوع على
بعض نقط من السفينة ونسكن ينبغي انتخاب استعمال الطارات الحركية

دات الصافات بقوة المركب الداخلية اولا اذا كان يلزم الصعود وكل لتيار
قابل من السرعة ثانيا ذلزم بدول في كثير من الحالات وعرفت كيميائيات
هذه النواعد بكثير من الميكانيكية وقد سعملوا الطريقة الاولى في اجتيار
القماطرا وفي صعود الانهر بسرعة السير مع اهم احتاروا على العموم
الطريقة الثانية في برل حريان الماء ولم تكن استأخ اتى ذكرها الا معيبة
في وسط الرسالة وردت جميع قواعد الحساب في عدة من القواعد وبهذه
الطريقة وسع المواضع رسالته على قدر طاقته لمطالعين ليس ليسوا متوابعين
تطبيق في تحصيل ثمة الآلات

وترك ايضا في رسالته الحسابات الدائمة التي تقرى عن مرة لآلات دات
الصعظ للسيطرة على وعن هذه آلات الدوران المستمر المستعمل في سير
مرايا باله رر وجدوه في ارضه يرا من الحريق في استعمال الآلات دات
الصعظ انما في ولاية كرا المراجع التي تركتها في لادارروبا لاجل اسياحة
في الار

وبعد ما د رنا معظم السائح الحسابات التي وصل اليها مسيو مارستر اتعمده
الآن في وصفه لمرايا المصنوعة في لادارمرية

وتد اخص تفاصيل عمار درراكب واجبات له طوفح الكامل المردوم
للمراكب مثلا المراكب المسماة شاد راير ايوتون هي مركب دات
ار حمة برديل مقدرته بانه لا يرى قوة سمين حصانا وداحون هي
مركب مشهوره حيث انما القول سمية لم يكن احدها الا على قعر مستطع افقى
دوار نجتون وساواناه التي تحمل الانا صواري مستقيمة وهي انى عمال
سياحات فويورل في بيورل وطرسمورع فكانت تسيارة قوة
قلوعه واحرب بقوة اتم ك مركب باراسون ارجعلها لمركب
النوذج للمركب اراى ممن مازع على صاريين مستصين

ويرى في لادارمرية لادارمرية مراكب متصاعده النصف اهل
مستعملة في اجسار الانهر الصغرى وانه حرة المسطحة الموصوغة على اخصين

الاولين وعلى المسافة التي تفرقهما الى المسافة التي تتحرك عليها الطارات ذات الطاقات تصير هذه المراكب صالحة لا جتياز الخيول والعربانات والمواشي وخلاف ذلك ولكن هذه المراكب سيرها قليل عما اذا كان لها نصف واحد متصل تكون سعته مساوية لسعة النصفين المفردين ومتى كانت قريبة من مرساة الشاطئ فانها تسير باتجاه حركة الطارات فينفذون عاجلا السرعة المكتسبة التي بها المركب تنكسر على الارض صفة

وفي الاقاليم المجتعة يستعملون بعض الاوقات جراحيل عوضا عن آلة البخار في المركب التي يكون نصفها الاقل مزدوجا وقد وصف المؤلف مشاركات الحركة التي تحتاج اليها هذه الآلة فتقال اقلاما متى كان ميدان الخيل مفتوحا ثانيا منى كان مختنبا وفي هذه الحالة نأخذ منفعة عظيمة من قوة الخيل بلا شك لكننا نلاحظ كثيرا وقد لاحظ مسيو مارستير والحق معه ان تقدم المراكب بجراحيل صار معلوما في بلاد فرانس ويمكن ان نتحقق من ذلك اذا راجعنا مجموع الآلات النابتة المحققة بالكدمية العلوم في سنة ١٧٣٢ !

والجزء الرابع من الرسالة الاولى الذي هو اعظم الاجزاء المهمة كان معدا لوصف الآلات البخارية المستعملة في مراكب امر يقة ولم يعمل الامر يقيمون من منذ عدة سنين القازانات التي تستعمل في الآلات البخارية المعتادة المعرضة دائما للماء الامن نحاس ورسوب هذا الماء يلتصق قليلا بالنحاس الذي هو اكثر صلاحية من الحديد بالنسبة للانثقاق وألين منه بالنسبة للطرق ومتى كانت المراكب تسافر مسافات طويلة يلزم تجديد ماء القازان في كل يوم عدة مرات لكي تمنع الرسوب من الدخول في القازان ويكفي في آخر كل سفرة تنظيف المراكب التي لا تمكث مسافتها اكثر من اربع وعشرين ساعة وعددا الساعات هذا يكفي في كونه يتكون رأسبا بحيث ان عمقه يصل الى ميلين ونصف وحيث ان هذا الراسب صعب إبس قال المؤلف انه يمكن للانسان ان يجذب لنفسه تصاعدا الماء البحري اثارا على بعض

حرارة صلبة مصنوعة على اقواعد المدروسة وتشمل عبارات الرسالة التي ذكرناها اساعلى العبارات والتوصيات التي طرأ المؤلف انه لا يلزم ذكرها في رسالته

واقول ملحوظة كانت معدة لمراكب الدار المشهورة التي رآها المؤلف في المياه المختلفة أواني سامر فيها وذكر مع الاعتناء السرعات التي سبها به من اساعلى مقتضى مدة سيرها راماعلى حسب قرب الزمن الذي قطعت فيه هذه المراكب مسافة تساوى طولها

وذكر مسيو مارستير بخصوص مراكب مما كة في يورك صور السياحة لكيرة الداخلية واشتعل تكميلها الا ان المريقيون والمركب المسماة تورك موصوعة في حلق متسع على شاطئ جزيرة موصوعة في وسط نهر هودسون واداسافرياس الالاني اومن في يورك فاما نجد ستة واربعين سدا ترفع المراكب الى ١٢٨ مترا فوق نهر الهودسون ولما تجوب ١٨٢ كيلومترا فاما تصل الى رومة وتنزل من هناك حوس تنسبه وتصل بواسطة خمسة وعشرين سدا وبعد ذلك تدخل في بحيرة اريه على ٢٦٢ كيلومترا من تنسبه فاما نجد سدا موصوعة ١١٢ مترافرق الهودسون

وفروع الحاج المصروعة بالانهر المطروقة بوصول الى بحيرة اراريو الى يصلها الا ان من بحيرة اريه مصب اجره العير المصروق اسلاحي ويشل نهر مسيبي على سطح ساوى سرور اساست مرات وهذا الهرا الذي ينقل الحين بكثره من حوافيد معارته جدا وله رادة وتنصان بحيث لا يمكن ان يعمل على شواسته طرق الجرز

وتصل المراكب على السرعة اما بقرة الحاريف او بحرا الحمال من الشاطئ على نقط معلومة في بعض الاوقات من الطرف ومع ذلك لا تسير في كل يوم سوى ١٤ أو ١٥ فرسخا مع كثرة الحرارة واستيماطهم في السفر في جهات الهرا التي يكون للتيار ويا قليل السرعة

المتعارفة في العمر المختلفة الذرية

وانتزد على ذلك انه متى كانت الاهتمات متسكثرة قليلا او كثيرا فان الاختيار
وكمية المؤنة يكونان اسبابا اخرالاختلاف الذي نراه في كمية النتيجة
التي يمكن للعصان احداثها في السرعة المتوسطة التي يأخذها وقت الشغل
في زمن معلوم

واول نتيجة تستخرج من هذه الاختلافات الكبيرة بين جميع كميات الحركة
كما هي بين جميع السرعات هي النتيجة التي تستعمل قليلا وحدة للقياس ويمكن
للعصان تأديتها

وبالجملة متى لم يستول الصدق على الشروط في المصالح بين معمارجية الآلات
والخواص فان صناعية الآلات يحضرون الآلات التي يريدون بيعها
على سبيل ان لها قوة تساوى بالاقول قوة اعظم المعمارجية ومعينة ايضا بعدد
الخيول ولكن لما استخرجوا هذه الآلات اكتشفوا في كونهم يثبتون انها
تحدث شغلا يوميا مساويا الى شغل خيول الجنس المتوسط وطريقة غش مثل
هذه الطريقة مستعملة اكثر من مرة فنشأ عنها الدعاوى وفي كثير من الحالات
لم يمكن المحاكم ان تتجاسر على كونها تسلم للصانع التقصير في عهده وان كان
لا يفي الصانع بالوعد الذي وعده وقبضه المشتري حتى ان وجود هذه المضمرات
الكبيرة استوجب عناد اغلب اعضاء ا카데미ة العلوم

وعلى مقتضى التجارب التي شرع فيها مسيو برون لكي يقيس مع الضبط
قوة آلات البخار عمل القضية الواضحة وحدة القياس الذي ارتضته ا카데미ة
العلوم للحكومة ودعت سابقا جماعة من الوكلاء ليتنصروا في قياس
الصحة الذي يستدعيه استعمال آلات البخار ذات الضغط العالي واعضاء
هذه الجمعية مسيو لابلان وبيرون وجيرار ومسيو امبير
وكلوس دوپان (مؤلف هذا الكتاب) اظهر ضرورة ترتيب قياس من هذا
الجنس وهذا التقرير ذكر في صحيفة ٤٢٧ من هذا المجلد

وفي هذا الزمن عرض حاكم نهر السين للحكومة رسالة يذكر فيها لزوم تعيين

احد لقياس قوة هـ ثبات ابجارية

ومن التفاصيل التي استعملها في هذا يظهر ان وحدة القياس هذه تكون في الحقيقة احدى الاقيسة التي يرم للعكسومة اقرارها لاجل الامر في الصناعة واتخاذة على موجب اصول الحكومة

ومع ذلك فقد تعرض بعض الناس لترتيب وحدة القياس هذه فحينئذ يجب اياها البحث عن ذلك وزعموا ان لا ان هذه الوحدة لم تكن لازمة بالكلية ويكفي في حل ما ان ينسب قيمة انحراف النقل الذي يمكن لقوة الا ان انحرافه ربع في زمن معلوم وله ثلث ان مثل هذه العبارة يكفي مهندس ان يري ان ا ب خواص ا ب تصير ربعه في الزمن ان انما صنعت على ارباب الصنائع انهم في عدد لا متناهي لمكة المدلول عليه بعدة مقام حاصل ضربها في زمن معلوم يدل على قوة لا تقوم باسباب التقويمات العادية الخاطئة من هذا الجنس واما ما ينظر الى الاقيسة التي لا تستدعي تركيبا فان الانسان لا يوقف في وقت في اختراع تسمية مخصوصة مثل الامر المصعب المسير بالاستير والديسير المكعب المسمى باليتروا ومع المعارض التي عملت في شأن وحدة قياس انحراف انحرافه من ثلث على عدم تسمية وحدة قياس لا تفسد وكان ينبغي ان يكون ثلث تسمية مكعب من الماء بالانحراف وثلث لدم يتحرك المكعب بالديلو عرام شرط ان يضاف عليه النقل الخامس ومن المثل ان يكون اذا كان هذا المعدل بين يدي من الدلو عرامات زمن اربعة ساعات الملاحظة من الماء يمكن بانه يكون عرام الذي يولد معرفة النقل اذ ان لا يستعمل المعيشة والفقير اكثر من معرفة ثلث بعض السوائل المشددة في بعض الاجسام على بعض حرارات وهذه المساعدة يمكن تطبيقها على مثل ان ارتفاع الماء الى اى ارتفاع في زمن معلوم زمان ثلاثة اشياء مختلفة الحجم والماء المطبوخة والزمن المعلوم في ذلك حيث ظهر موافقة اختراع تسمية خاصة بمثل البسيط فمن باب اولي نعطي اسما مخصوصا لوحدة قياس الشغل المركبة من نقل مرفوع الى ارتفاع ما في زمن مفروض واي عدد من احاد هذا الجنس يصير معبرا عنه

بنفس هذه الأرقام مادام مقدار الشغل واحدا ولو تغير ثقل السرعة
وسنبين انه هل يجب علينا ان نذكر في تحديد وحدة قياس الشغل مدة اليوم كله
او بعضا منه فقط كثانية مثلا فنقول قد رأينا سابقا ان بعض ارباب الفنون
الماهرين وصلوا الى ذلك بعدة اعتبارات صعبة
ولاشك اننا اذا انبنا شغل الآلات في الثانية المأخوذة وحدة القياس فتحصل
على سهولة عظيمة في مقابلة الحسابات التي ندخل فيها بالاعتبار سرعة الحركات
لا سيما اذا لاحظنا ان السرعة اللازمة للنقل تقاس عادة بالمسافة التي يقطعها
الجسم الثقيل في مدة ثانية ولكن يلزم ان هذه المسافة والسرعة التي بينها لم يعبر
عنها بعدد مستدير بالاقيسة المترية وزيادة على ذلك تتغير هذه السرعة
في المحلات البعيدة عن مركز الارض وبناء على ذلك لم تصل الى معظم الفائدة
التي نريد تخصيصها وكذلك لا يصير استعمال السرعة اللازمة لنقل الا بالناس
احصاء المعارف الكافية في الحساب لكي يعملوا العمليات الضرورية للسرعة
المفروضة في ظرف يوم بالنسبة الى السرعة التي تعمل في مدة ثانية ومن هنا
بطاهر اننا صعدنا الى اخرى وهي ان قسمت الزمن القديمة التي قدر يومها اربع
وعشرون ساعة وساعتها ستون دقيقة والدقيقة ستون ثانية وهلم جرا هي التي
سلكها عادة للناس في استعمال المعيشة والجمعيات واما قسمة النهار الى عشر
ساعات والساعة الى مائة دقيقة والدقيقة الى مائة ثانية فهي القسمة التي
سلكها مورخو الطريقة الجديدة في الاقيسة وهذا التقسيم الدال على
فوائد عظيمة من حسابات علم الهيئة يجبرنا على عدم اخذ الثانية وحدة قياس
الزمن في تحديد اجاد القوى المترية
ويجبر هذا الحال اذا اخذنا وحدة الزمن مدة النهار القديس وهذه المدة يمكن
تقسيمها فيما بعد الى اقسام جزئية على مقتضى الساعة والدقيقة والثانية وهذا
التقسيم يظن انه احسن بالنظر لعمية الحسابات العلمية
واذا اتخينا لو وحدة قياس القوى المتحركة الوحدة التي يمكن الوصول اليها
في مسافة يوم الى آخر بمحركات روحانية او غير روحانية فانا لا نتبع الامثال

الذي ذكره الصنائعية المشهورون الماهرون
 فلذا ان مسيو واط لكي يقيس قوة آلاته البخارية هو اقول من اختار
 وحدة القوة التي يخدمها الحصان في اربع وعشرين ساعة بدون ان يقف
 او يتعطل بمجرد ما تنقص قوته اليومية
 ثم ان العالم كولومبو الذي تتب اليه المباحث العلمية في شأن القوة
 المحركة التي يخدمها الانسان والحيوانات قد اشغل في المناقشات العلمية
 لاسيما في حساب القوة اليومية التي تخدمها المحركات الروطانية بان توصلها
 الى ارتفاع بعض الثقل على ارتفاع معلوم
 وظهر اعتراض طبيعي في معنى تخاف هذه التنبيهات الاولى وهو ان اشغال
 الانسان والحيوانات لا يكون الا بعض ساعات من النهار على مقتضى ما ذكر
 ومتى قومنا الشغل مدة اربع وعشرين ساعة فلا يمكن مقابلة السرعة التي تنشأ
 عنه بشغل الذات الروحانية المتقطع في بعض الاوقات ريثما يشغل الآلات
 التي لم يكر استعمالها على الدوام وهالك الجواب عن هذا الاعتراض وهو اننا
 اذا استعملنا الآلات الثمينة في الشغل التي تستدعي مبالغ جسيمة
 فان الصنائعية يجدون سعة عطية في تشغيل آلاتهم الى الدوام ريثما آلات
 البخارية يجدون اضار جسام اذا نما ذلك انهم لا يحتاجون الى تجديد كبد
 من حرارة كل يوم قبل الشروع في الشغل ولم يفتقدوا الوقت الذي تقضي
 بين حصول الشغل والشغل الآلة ولما كان تقدم الصناعة الطبيعية عندنا
 من الاعم هو كناية عن استعمال الآلات الكاملة شيئا فشيئا واستخراج
 الفوائد من المبالغ المتزايدة على الدوام ~~من~~ المرغوب في ذلك من ذلك ان
 الفبريقات تتسع دائرتها في الشغل بعض ساعات رائدة في كل يوم وتنتهي
 بشغل مستمر ويمكن لنا ذكر كثير من الصنائع التي يكون فيها الشغل مستمرا
 في فرانسوا يز يد هذا الشغل بكثير في اربط نيا الكبرى عن فرانسوا ويرداد هذا
 العدد في فرانسوا كلما تقدمت الصناعة
 فعلى ذلك وحدة القياس انجبت في ليوم اكامل هي التي تقرب منها جميع

الاشغال بلا انقطاع

ولذا لاحظ انه يسهل تحديد اشغال الانسان والحيوانات وحصره في مدة من النهار فان شغل الخيل مثلا اذا شغلناها في الجري يبلغ عادة ثماني ساعات اعني ثلث النهار

واذا نشأ عن ثلاث جزات من الخيول القوية في اربع وعشرين ساعة الشغل المستمر الذي يحدثه الحصان المنتظم الشغال دائما فالتا نجد القوة اليومية تساوي بالاقل ٦٠٠٠ متر مكعبة من الماء مرفوعة الى متر فاذا اخذنا لوحدة القياس ١٠ امتار مكعبة مرفوعة الى ١٠ امتار فينشأ عن ذلك ان وحدة قوة الحصان القديمة على حسب رأى الصنائعية الفرنسية يلزم ان تكون ٦٠ وكذلك اذا اردنا آلة بخارية تعمل شغل ستة عشر حصانا ويلزم ان نذكر الآلة التي تكون قوتها ٩٦٠ احادا وظهر لنا ان نأخذ للوحدة الديناميكية الثقل المساوي ١٠٠٠ متر مكعبة من الماء المماثل مرفوعة الى متر واحد مدة اليوم الفلكي او اذا اردت مترا مكعبا من الماء المماثل مرفوعا الى كيلومتر واحد وهذا المتر المكعب يكون وحدة قياس الثقل المستعمل في التجارة باسم البرميل

ونسى الدينام وحدة قياس القوة المحركة التي تدل على ١٠٠٠ متر مكعب من الماء المقطر المحول الى اعظم كثافته او ١٠٠٠ برميل من الجرم مرفوعة الى متر مدة يوم فلكي

واذا حسبنا الزمن على حسب قسمة الاغشار فان الدينام اى كمية القوى المنصرفة مع الانتظام في اليوم تعطى ١٠٠٠ متر مكعبة مرفوعة الى متر لشغل اليوم كله وواحد متر مكعب مرفوع الى متر للشغل الحاصل مدة الدقيقة و ١٠ كيلوغرامات مرفوعة الى متر للشغل الحاصل في كل ثانية واذا حسبنا الزمن على حسب القسمة القديمة فالتا نجد الشغل الحاصل كيلوغرام

في الثانية ٤٠٠ ر ٨٦ جرم من الدينام او ٥٧٤ ر ١١ مرفوعة

الى متر في كل ثانية

وفي الحسابات التقريبية التي تتعلق بالصناعة يمكن الاكتفاء بكوننا نستدل
كيلوغرام

على شغل الدينام في كل يوم بعدد ١٢٠٦ مرفوعة الى متر في كل ثانية
عادية وبصير هذا العدد صحيحا في نحو جزءين الفين تقريبا وهذا التقريب
أكبر من التقريب الذي يمكن تحصيله في الآلات المصنوعة مع
الضبط والدقة

وتظهر لنا التقريبات التي ستكلم عليها انه ينشأ لنا عن وحدة قياس
الشغل اليومي الذي سنتكلم عليه أيضا مع غاية السهولة بيان شغل
الناس والخيول

وعلى مقتضى تجارب كولومبو يمكن أن يكون شغل الانسان ذي القوة
المعتادة مقوما الى ٥٠ برميلا مرفوعة الى متروها والجزء العشرون من
الوحدة أو الدينام وبناء على ذلك متى صار لآلة محرك قوة دينام فانها
تشتغل شغل عشرين رجلا في رفع الاثقال

ثم ان اثني عشر قسما من التجارب المعروضة على ديوان انكلترا في شأن
شغل المسجونين المستعملين في تدوير طارات السير قد أبحاث بعض الفرنسيين
تقويمية متوسطة من شغل الناس المنقادين لهذا الجنس من الاشغال
وقدرها ٢٠٠ برميل مرفوعة الى متر واحد وهو الجزء الخامس من
الدينام وبناء على ذلك نقول انه متى كان لآلة قوة دينام فانها تساوي شغل
خمس رجال مستعملين في رفع الاثقال على محيط طارات السير

وعلى حسب التجارب التي ذكرها ماسيو برويا تحدث الشغالة المطاعة
الذين يسيرون في النواعير كمية عمل يومية نحو ٢٥٠ برميلا مرفوعة
الى متر فعلى ذلك تساوي قوة الدينام قوة اربعة شغالة مطلقة مستعملة
في النواعير

واذا طبقنا هذه التجارب التقريبية على طريقتين من استعمال القوة البشرية

فاننا نجد ان الآلة المحركة التي لها قوة دينام تحدث شغلا يوميا مثل ١٤
رجلا يشغلون في الشاھر دانات لدق الاوتاد وشغل ٨ رجال يشغلون
في الملفات

و يصير لهذه التقريبات المعروضة على الصنایعية المشهورين فائدة كبيرة جدا
و يلزمونهم باعظم اهمية ما يوجد في مقابلة استعمال عدة طرائق مختلفة في قوة
الناس و اعظم اختلاف يمكن تحصيله من النتائج على حسب الاختيار الذي
يعطى لهذه الطرائق العديدة المتنوعة ومتى علموا بهذه الحادثة فانهم يحثون
في جميع الاحوال عن كونهم يقربون من الطريق المفيدة جدا وباستعمال
هذه الطرائق مع عدد واحد من الرجال يمكن لهذه التقريبات احداث كمية
عظيمة من الشغل النافع وتنبهات عظيمة واعتبارات متشابهة تنطبق على
استعمال فعل الحيوانات

ولنقابل الان شغل الخيل بالوحدة الديناميكية كما ذكرناه فنعول ان
الحصان صاحب القوة المعتادة يشغل في الجتر ٦٠ كيلو غراما بان يقطع
متر

٢٠ ر في كل ثانية ويداوم على هذا الشغل ثمانى ساعات في كل يوم فعلى ذلك
نجد ان كمية شغله اليومي تساوي شغل ٢٠٩٣٦٠٠ كيلو غرام مرفوعة
الى متر وبالجمله يساوي $\frac{1}{8}$ تقريبا من القوة المحركة المساوية لدينامين وفي
فرانساتأخذ معمارجية الآلات وحدة لقياس مثلثة لشغل المدة المثلثة
ويفرضون ان الحصان يجتر ١٤٠ رطلا مع سرعة ٢٠٠ قدم
في الدقيقة الواحدة ويقولون ان هذا الحصان يشغل اربعا وعشرين ساعة
فاذن نجد كمية الشغل الجارى ٥٩٨٤ برميلا مرفوعة الى متر وهو كما نراه
أقل من $\frac{1}{8}$ في كل مائة تقريبا من ٦ دينامات وبالجمله اذا أخذنا وحدة
القياس التي أخذناها من الصنایعية الفرنسية في تقويم قوة الاتهم
البخارية فيلزمنا ان نقول اننا اذا جعلنا عدد الدينام الذي يدل على قوة الآلة
سنة فيحصل معنا عدد الخيول مساويا لشغل هذه الآلة اليومي المستمر

وكذلك اذا اراد احد الصناعات عمارة آلة بخارية لها قوة مستمرة تساوي قوة عدد من الخيول فينبغي له أن يضرب ٦ عدد الخيل فينتج معه عدد الدينام الذي يدل على قوة الآلة

قد اخذ جام واط وحدة اولى للقياس اكبر من الوحدات التي اخذتها الصناعات الفرنساوية وهذه الوحدات تحدث شغل الحصان اليومي المستمر ٦٣٦٠ برميلا مرفوعة الى مترو بالجمله فقوة الحصان اليومية المستمرة المأخوذة وحدة لقياس آلات واط تكون ٦ دينامات و $\frac{1}{2}$ بقطع النظر عن بعض كسور تباع في كل ألف ثلاثة وبالجمله تكون أقل من الاختلافات التي لا يمكن اجتنابها في الآلات المصنوعة مع الضبط وتظن ان من المفيد ان نعرض للصناعة والتجارة القوة المأذون بها من طرف الحكومة التي يحددها الحصان المنروض انه يشتغل أربعاً وعشرين ساعة مع بذل جميع قوته فقدر الدينامات هو السهل في ذلك القريب من التقويمات الفرنساوية

ثم أخذ واط وحدة أخرى مساوية الى ٧٣٠٠ متر مكعب مرفوعة الى مترو هي اكبر من الوحدات السوابق بدينام واحد وعلى حسب التفاصيل التي ذكرناها نرى ان انواع الشغل الاصلية يعبر عنها مع غاية البساطة بالوحدات الجديدة المترية التي سنذكرها وهي انما اذا أردنا قياس القوى المحركة القليلة الاعتبار فانه يسهل استعمال الوحدة مترا مكعبا مرفوعا الى متر فينتج تسعة وستين وحدة أقل من الاولى بألف مرة وبذلك يمكن ان نسميه بحت الدينام والاولى مليدينام وينشأ عن استعمال القياسين المتشابهين في المافع التي تحصل من استعمال البرميل في الاقيسة الكبيرة التي تتعلق بالبحرية وبالكيلوغرام الذي هو الف جزء من الدينام في الموازين المعتادة

وانتم هذا المجلد بمجدول المدن الداخلية التي جعل لها تخت الحكومة دروسا في الهندسة والميكانيكة المستعملة في الفنون وبعض المعلمين الى الآن لم تذكر

اسماؤهم وقد تهيأ كثير من باقي المدن للاقتداء بتلك المدن

جدول يتضمن اسماء الاقاليم والمدن والنجو جات

الاقاليم	المدن	اسما	النجو جات
آين	{ بورغ ناتيووا }	{ بلوكس }	
اسن	{ سنكاتان }	{ هري جنسون }	
البا (العالية)	قان	شرحه	
اردانه	{ مازير سيدان }	شرحه	
بوشروم	اكس	دوماتل	
كاتال	انريلاك	وندلانغ	
شارانت	انجوليم	لسكاليه ابن	
سواحل الذهب	بيجو	كيران	
دروم	والانسه	پاي	
آور	أوركس	لوسك	
غاردر	لويس	شرحه	
	نيسه	شرحه	
هراندى	{ موتبليير لويل }	{ بروس كوش }	البكر دوك
غارون العليا	طولوز	وترى	
ميله وويلان	بين	لوغراند	
اندرو ولوار	فورس	شرحه	
چورا	سولانس	بورچوا	
لوار	سنت اتين	بلاويه	

تابع ما قبله

اسما

الاقالیم	المدن	الخونجات
لواریت	أورلیانس	لاکاو
مانشا	سن لو	شرحہ
موزیل	متز	بوسولیت
	شرحہ	برجری
	شرحہ	لموان
نیورا	نورس	بوکامونت
	شرحہ	مورینا
نورد	دوینہ	شوفوکس
واز	لانفکورت	شرحہ
پاس کاليس	اراس	شرحہ
بیدوم	کارمون فرناندا	داربیه
یان	استراس بورغ	فٹک
ران	کالمار	لولیت
	موله نسن	مانبورغ
بون	لیون	پرووست
	باریس	شارل دوپان
	شرحہ	دوبرنقان
السن	شرحہ	دیدین
	شرحہ	تنبیغ
	شرحہ	یونوروہ
السن الاسفل	الیوف	یونوروہ
السن واران	ورمای	لاکروا

تابع ما قبله

اسما

الاقاليم	المدن	الخونجات
سوم	اميان	شرحه
تارن	ألبي	خوجة المدارس الصغيرة
تارن وجاروم	موتانبان	برچيس
وانشير	أونيون	بارت
وينة	بواتيرس	ميت
ونيه العليا	لموغ	لاسون
يون	تونيير	جوريه

وقد تم تعريبه * وتنقيحه وتهذيبه * بمعرفة كاشف نقابه * ورافع حجابيه
ومذلل صعابه * الفقير الفاني * محمد افندي الشهير بالخلواني * بمساعدة
مصححه راجي عفو الباري * محمد اسماعيل الفرغلي الانصاري * بلغهم
الله آمالهم وختم بالصالحات اعمالهم * وجميع المسلمين * آمين *
وكان تمام طبعه بدار الطباعة المأمرة * الكائن ببولاق مصر القاهرة *
في مدة ولاية عزيز الديار المصريه * وكوكب افق الصدارة العثمانية * حضرة
الوزير الاعظم * والدستور المكرم * الحاج عباس حلمي باشا * بلغه الله من
خيرى الدارين ما يشاء وما شاء * وكان اجراء طبعه تحت نظارة الوائق بعناية ربه
المعيد الممدى * ناظرها صاحب الجمية على جودة افندي * وذلك
في العشر الاواخر من صفر الخير سنة ثمان وستين ومائتين بعد
الالف * من هجرة من خلقه الله على اكل وصف *
صلى الله وسلم عليه * وعلى آله واصحابه
ومن اتى اليه
تم