

গ্রুপ-V ও VI এর মৌলসমূহের রসায়ন

Chemistry of the Elements of Group V and VI

বিষয়বস্তু(Syllabus)

- ✓ অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও সালফারের উৎস(বিশেষত অক্সাইড এবং সালফাইড) ;
- ✓ নাইট্রোজেনের সাথে ফসফরাস এবং অক্সিজেনের সাথে সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা ;
- ✓ পর্যায় সারণিতে অবস্থান ও গঠনের ভিত্তিতে এ সকল মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা ;
- ✓ অক্সাইডসমূহ, ধাতু সালফাইড ;
- ✓ অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক এসিডের ও সালফিউরিক এসিডের শিল্প উৎপাদন পদ্ধতি ;
- ✓ NO_2^- , NO_3^- , SO_3^{2-} ও SO_4^{2-} আয়নের গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াসমূহ ;
- ✓ কৃষিবিজ্ঞানে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের যৌগের গুরুত্ব ;
- ✓ অক্সাইড, সালফাইড ও সালফিউরিক এসিডের গুরুত্ব ;
- ✓ পরিবেশের উপর কতিপয় নাইট্রোজেন ও সালফার যৌগের প্রভাব ।

উদ্দেশ্য(Objectives)

- ১। গ্রুপ-V ও VI এর মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম সম্পর্কে জ্ঞান লাভ ।
- ২। গ্রুপ-V ও VI এর মৌলসমূহের উৎস সম্পর্কে জ্ঞান লাভ ।
- ৩। পর্যায় সারণিতে অবস্থান ও গঠনের ভিত্তিতে এ সব মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা দিতে পারা ।
- ৪। নাইট্রোজেনের সাথে ফসফরাসের এবং অক্সিজেনের সাথে সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা করতে পারা ।
- ৫। গ্রুপ-V ও VI এর মৌলসমূহের অক্সাইড ও সালফাইড সম্পর্কে জ্ঞান লাভ ।
- ৬। নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও সালফারের যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলী, ব্যবহার, প্রস্তুতি ও রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা দিতে পারা ।
- ৭। অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক এসিড ও সালফিউরিক এসিডের শিল্পোৎপাদন এবং শিল্পক্ষেত্রে এদের ব্যবহার সম্পর্কে জ্ঞান লাভ ।
- ৮। নাইট্রাইট, নাইট্রেট, সালফাইড ও সালফেট আয়নের গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কে ধারণা লাভ ।
- ৯। কৃষি ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যৌগের গুরুত্ব ও ব্যবহার সম্পর্কে ধারণা লাভ ।
- ১০। পরিবেশের উপর কয়েকটি নাইট্রোজেন ও সালফার যৌগের প্রভাব সম্পর্কে ধারণা লাভ করা ।

১.১ ভূমিকা(Introduction)

আধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-V ও VI গ্রুপ দু'টিকে আবার দু'টি করে উপগ্রুপে যথা: গ্রুপ-VA ও গ্রুপ-VB এবং গ্রুপ-VIA ও গ্রুপ-VIB এ ভাগ করা হয়েছে। এই অধ্যায়ে গ্রুপ-VA(সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-15) ও গ্রুপ-VIA(সর্বাধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-16) এর রসায়ন বিশেষকরে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, অক্সিজেন সালফার সম্পর্কে বিশদ আলোচনা করা হবে। গ্রুপ-VB ও গ্রুপ-VIB এর মৌলসমূহকে d-ব্লক মৌল বলে এদেরকে পৃথকভাবে 'd-ব্লক মৌলসমূহের রসায়ন' অধ্যায়ের আলোচনার অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

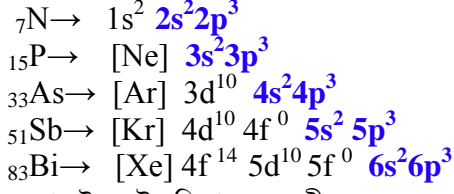
গ্রুপ-VA মৌলসমূহের রসায়ন

১.২.০ পরিচিতি ৪ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহকে নাইট্রোজেন গ্রুপ মৌলও বলে। আধুনিক পর্যায় সারণিতে এদেরকে গ্রুপ-15 এ স্থান দেয়া হয়েছে। সামষ্টিকভাবে এ গ্রুপের মৌলসমূহ নিকটোজেন (**Pnictogens**) নামে পরিচিত। ছক-১.১ এ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পারমানবিক সংখ্যা, প্রতীক ও বিভিন্ন শেলে ইলেকট্রন সংখ্যা দেখানো হয়েছে।

[সারণি-১.১ঃ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পারমানবিক সংখ্যা, প্রতীক ও বিভিন্ন শেলে ইলেকট্রন সংখ্যা]

পারমানবিক সংখ্যা	মৌল	প্রতীক	ইলেকট্রন সংখ্যা / শেল
7	Nitrogen(নাইট্রোজেন)	N	2, 5
15	Phosphorus(ফসফরাস)	P	2, 8, 5
33	Arsenic (আরসেনিক)	As	2, 8, 18, 5
51	Antimony (এন্টিমনি)	Sb	2, 8, 18, 18, 5
83	Bismuth (বিসমাথ)	Bi	2, 8, 18, 32, 18, 5

১.২.১ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও পর্যায় সারণিতে অবস্থান



গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাসে লক্ষ্যণীয় যে,

- ১। এদের প্রত্যেকের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ৫টি করে ইলেকট্রন রয়েছে ;
- ২। এদের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস : $ns^2 np^3$ [$n=2-6$]
- ৩। এরা সবাই P-ব্লক মৌল।

N, P, As, Sb ও Bi মৌলগুলোর সবাই P-ব্লক মৌল ; এদের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ৫টি করে ইলেকট্রন এবং পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস : $ns^2 np^3$ বলে এদেরকে পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-VA তে স্থান দেয়া হয়েছে।

১.২.২ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম (Periodic properties)

[সারণি-১.২ ৃ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম]

গ্রুপ-VA মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা (Z)	ভৌতাবস্থা	গলনাংক (T_m , °C)	স্ফুটনাংক (T_b , °C)	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (nm)	আয়নিক ব্যাসার্ধ (nm)	আয়নীকরণ শক্তি (kJ mol^{-1})	তড়িৎঋণাত্মকতা (পাউলিংস্কেল 4.0)
N	7	গ্যাস	-210	-196	0.075	0.171 (N^{3-})	1410	3.0
P	15	কঠিন	44	280	0.110	0.212 (P^{3-})	1070	2.1
As	33	কঠিন	817	633	0.121	0.222 (As^{3-})	972	2.0
Sb	51	কঠিন	630	1750	0.141	0.076 (Sb^{3+})	840	1.8
Bi	83	কঠিন	271	1560	0.148	0.103 (Bi^{3+})	778	1.7

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর কয়েকটি উল্লেখযোগ্য পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম

১। ভৌতাবস্থা, গলনাংক ও স্ফুটনাংক :

সারণি-১.২ লক্ষ্য করলে দেখা যায় যে, গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এদের ভৌতাবস্থা পরিবর্তিত হয়। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে- নাইট্রোজেন গ্যাসীয় অবস্থায় বিরাজ করে, ফসফরাস কঠিন অবস্থায় বিরাজ করলেও উর্ধ্বপাতিত হয়। ফসফরাস পরবর্তী মৌল As, Sb ও Bi স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কঠিন হলেও এদের গলনাংক ও স্ফুটনাংক ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। তবে Bi এর ক্ষেত্রে গলনাংক ও স্ফুটনাংক বৃদ্ধির মিল নেই। Bi তেজঃক্রিয় মৌল বলে এমনটি ঘটে। As ও Sb এর গলনাংক ও স্ফুটনাংক অনেকটা বেশি হওয়ার কারণ হলো- এরা অপধাতু (ধাতু ও অধাতু উভয় প্রকার ধর্ম রয়েছে), ধাতু ধর্মের কারণে এরা কেলাস জালি এবং বৃত্তাকার পলিমারীয় কাঠামো গঠন করে।

২। পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধ :

পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর বহিঃশক্তিস্তরে একটি করে শক্তিস্তর যুক্ত হয়। তাই পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায় (সারণি-১.২)। গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পরমাণুর আকারের উচ্চক্রম হলো: $\text{N} < \text{P} < \text{As} < \text{Sb} < \text{Bi}$

৩। আয়নীকরণ শক্তি : সারণি-১.২ এ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে তাদের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি হ্রাসের বিষয়টি দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে, আয়নীকরণ শক্তির নিম্নক্রম হলো: $\text{N} > \text{P} > \text{As} > \text{Sb} > \text{Bi}$ । পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ তথা পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় বলে আয়নীকরণ শক্তির ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পেলে নিউক্লিয়াস থেকে বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রনের দূরত্ব বৃদ্ধি পায় এবং ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পেলে তা থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করতে অল্প শক্তি ব্যয় হয় ; ফলে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়।

৪। তড়িৎঋণাত্মকতা :

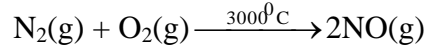
সারণি-১.২ এ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে তাদের তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাসের বিষয়টি দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে তড়িৎঋণাত্মকতার নিম্নক্রম হলো: $N > P > As > Sb > Bi$ । কোন মৌলের তড়িৎঋণাত্মকতা তার পরমাণুর আকার ও বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল। সময়োজী বন্ধনে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন জোড়কে অপেক্ষাকৃত ছোট আকারের পরমাণু অধিক হারে তার ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াসের দিকে আকর্ষণ করতে পারে। তাই পরমাণুর আকার হ্রাস পেলে তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায়। যেহেতু গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস একই কিন্তু পরমাণুর আকার ভিন্ন এবং পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে তাদের পরমাণুর আকার হ্রাস পায়; তাই পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে তাদের তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায়।

[গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস হল অধাতু ; আরসেনিক ও অ্যান্টিমনি হলো অপধাতু এবং বিসমাথ হলো ধাতু। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস অধাতু বলে এই অধ্যায়ের গ্রুপ-VA এর মৌল হিসাবে শুধুমাত্র নাইট্রোজেন ও ফসফরাস সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে।]

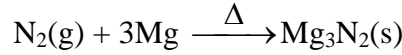
১.৩.০ ইলেকট্রনীয় গঠনের ভিত্তিতে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা

১.৩.১ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর সক্রিয়তা :

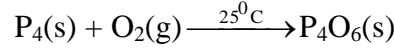
গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সক্রিয়তার কোন নিয়মমাফিক পরিবর্তন দেখা যায় না। যেমন: নাইট্রোজেন যথেষ্ট তড়িৎঋণাত্মক মৌল (তড়িৎঋণাত্মকতা 3.0) মৌল হওয়া সত্ত্বেও সাধারণ অবস্থায় এটি খুবই নিষ্ক্রিয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরে সবচেয়ে নিষ্ক্রিয় গ্যাস হলো নাইট্রোজেন। তাই নাইট্রোজেনের সব বিক্রিয়া অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়া ঘটে NO গ্যাস তৈরী হয়।



উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস তীব্র তড়িৎঋণাত্মক ধাতু Al , Ca , Mg , Li ইত্যাদির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রাইড গঠন করে। এসব ধাতু নাইট্রাইড তড়িৎযোজী বা আয়নিক যৌগ। এদের মধ্যে নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা হলো '-3'।



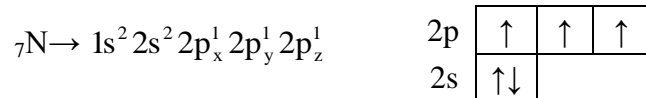
নাইট্রোজেনের সক্রিয়তা খুবই কম হলেও ফসফরাস বেশ সক্রিয় মৌল। শ্বেত ফসফরাস কক্ষ তাপমাত্রায়ই সতঃক্ষুর্ভাবে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে P_4O_6 গঠন করে। এর কারণ হলো শ্বেত ফসফরাসে বিদ্যমান $\text{P}-\text{P}$ বন্ধনের স্থিতিশীলতার চেয়ে $\text{P}-\text{O}$ বন্ধনের স্থিতিশীলতা অনেক বেশি।



আবার, As , Sb ও Bi সাধারণ তাপমাত্রায় নিষ্ক্রিয়। এরা উত্তপ্তাবস্থায় অক্সিজেনের সাথে অক্সাইড গঠন করে।

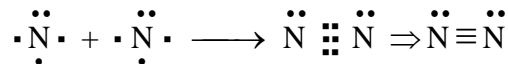
১.৩.২ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস অত্যন্ত স্থায়ী এবং নিষ্ক্রিয়

N -পরমানুর বহিঃশক্তিস্তরের p -অরবিটালসমূহ অর্ধপূর্ণ এবং সুষ্ণ অবস্থায় আছে।



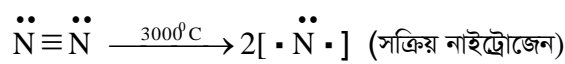
[N -পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস]

আবার, N -পরমাণুর যোজ্যতাস্তর ২য় শক্তিস্তর (L -শেল) হওয়ায় এর পরমাণুর আকার বেশ ছোট। তাই ক্ষুদ্রাকার দুটি N -পরমাণু তাদের সুষ্ণ অর্ধপূর্ণ p -অরবিটালসমূহের (১টি প্রান্তীয় ও দুটি পার্শ্বীয়) অধিক্রমণ (Overlapping) ঘটিয়ে ৩টি সমযোজী বন্ধনে (১টি σ -বন্ধন ও ২টি π -বন্ধন) যুক্ত হয়ে N_2 অণু গঠন করে। সুষ্ণতা ও $\text{N}-\text{N}$ বন্ধন দৈর্ঘ্য (0.1098nm)



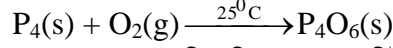
ক্ষুদ্র হওয়ার কারণে নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন ত্রি-বন্ধন ($\text{N} \equiv \text{N}$) অত্যন্ত সুস্থিত ও দৃঢ় হয়।

N_2 অণু সরল রৈখিক, সুস্থিত ও দৃঢ় হওয়ার কারণে এর বন্ধন বিয়োজন এনথালপি অতি উচ্চ (945kJmol^{-1})। এ সব কারণে নাইট্রোজেন গ্যাস অত্যন্ত স্থায়ী ও নিষ্ক্রিয়। নিষ্ক্রিয়তার দিক থেকে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলোর পরেই নাইট্রোজেনের স্থান। নাইট্রোজেন অণুর বন্ধন বিয়োজন এনথালপি অতি উচ্চ বলে নাইট্রোজেন গ্যাসকে প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এর অণুসমূহের বন্ধন বিয়োজিত হয়ে সক্রিয় পারমাণবিক নাইট্রোজেনে পরিনত হয়।

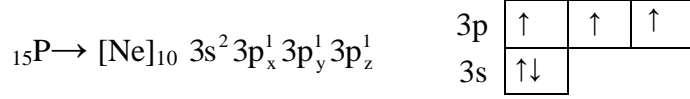


১.৩.৩ নাইট্রোজেনের তুলনায় ফসফরাস বেশ সক্রিয়

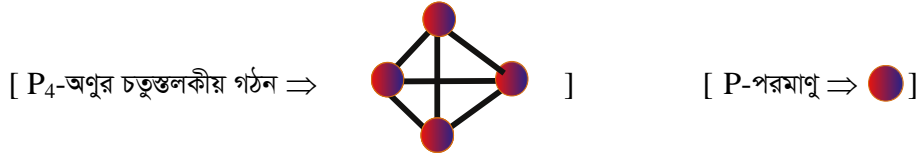
গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে নাইট্রোজেন বেশ নিষ্ক্রিয় হলেও ফসফরাস বেশ সক্রিয়। শ্বেত ফসফরাস কক্ষ তাপমাত্রায়ই সত:স্কূর্তভাবে বায়ুস্থ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে P_4O_6 গঠন করে।



নাইট্রোজেন পরমাণুর মত ফসফরাসের বহি:শক্তিস্তরে p-অরবিটালসমূহ অর্ধপূর্ণ এবং সুষম অবস্থায় থাকলেও P-পরমাণুর যোজ্যতাস্তর ৩য় শক্তিস্তর(M-শৈল) হওয়ায় P-পরমাণুর আকার N-পরমাণু অপেক্ষা অনেকটা বড়।



[P-পরমাণুর বহি:শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস]

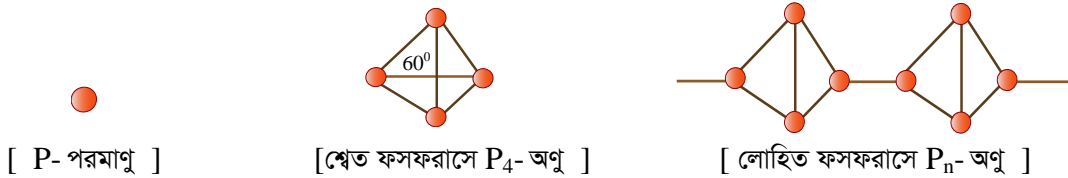


P-পরমাণুর যোজ্যতা শক্তিস্তরের আকার বড় হওয়ার কারণে দুটি ফসফরাস পরমাণুর $3p_x - 3p_x$ অরবিটালদ্বয়ের মুখামুখি অধিক্রমনের দ্বারা সিগমা(σ) বন্ধন গঠনের পর অবশিষ্ট $3p_y$ ও $3p_z$ অরবিটালগুলো পরস্পর পার্শ্বীয় অধিক্রমন ঘটাতে পারে না। ফলে ফসফরাস নাইট্রোজেনের মত $P \equiv P$ ত্রি-বন্ধন গঠন করতে পারে না। এক্ষেত্রে, প্রত্যেক P-পরমাণু তার ৩টি 3p অরবিটালের সাথে অপর ৩টি P-পরমাণুর 3p-অরবিটালের প্রান্তীয় অধিক্রমন ঘটিয়ে ৩টি σ -বন্ধন গঠনের মাধ্যমে P_4 -অণু গঠন করে। P_4 -অণুর আকৃতি সুষম চতুস্তলকীয়; এতে P-P-P বন্ধন কোন 60° । P_4 অণুতে P-পরমাণুসমূহ পরস্পর P-P একক বন্ধনে যুক্ত থাকায় এবং P-P-P বন্ধন কোনের পরিমাণ কম হওয়ায় কারণে এর বন্ধনগুলোতে অধিক পীড়ন(stress) বিদ্যমান থাকে। ফলে P_4 অণু অনেকটা অস্থিতিশীল হয়। শ্বেত ফসফরাসে P_4 অণুগুলো পরস্পর প্রায় বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থেকে পরস্পর দুর্বল ভেভারওয়াল বল দ্বারা আবদ্ধ থাকে। এই কারণে শ্বেত ফসফরাসে P-P বন্ধন বিয়োজন এন্থালপি(209 kJmol^{-1}) N_2 -অণু (N-N বন্ধন বিয়োজন এন্থালপি 945 kJmol^{-1}) অপেক্ষা বেশ কম হয় এবং শ্বেত ফসফরাস বেশ সক্রিয় হয়।

১.৩.৪ লোহিত ফসফরাস শ্বেত ফসফরাস অপেক্ষা কম সক্রিয় এবং কালো ফসফরাস অনেকটা নিষ্ক্রিয়

P_4 -অণুর আকৃতি সুষম চতুস্তলকীয়; এতে P-P-P বন্ধন কোন 60° । P_4 অণুতে P-পরমাণুসমূহ পরস্পর P-P একক বন্ধনে যুক্ত থাকায় এবং P-P-P বন্ধন কোনের পরিমাণ কম হওয়ায় কারণে এর বন্ধনগুলোতে অধিক পীড়ন(stress) বিদ্যমান থাকে। ফলে P_4 অণু অনেকটা অস্থিতিশীল হয়। শ্বেত ফসফরাসে P_4 অণুগুলো পরস্পর প্রায় বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থেকে পরস্পর দুর্বল ভেভারওয়াল বল দ্বারা আবদ্ধ থাকে। এইসব কারণেই শ্বেত ফসফরাস বেশ সক্রিয় হয়।

অপরদিকে, লোহিত ও কালো ফসফরাস হলো ফসফরাসের স্থায়ী রূপভেদ। গঠনের দিক থেকে লোহিত ফসফরাস হলো ফসফরাসের একটি উচ্চ পলিমার(P_n)।



লোহিত ও কালো ফসফরাসে P-পরমাণুসমূহ স্তরীভূত গাঠনিক বিন্যাসে(Layer Structure) যুক্ত থাকে বলে এদের আনবিক কাঠামোতে P-P-P বন্ধন কোন 60° অপেক্ষা বড় হয়। ফলে এদের অণুতে বন্ধনগুলোর উপর পীড়নের মান অনেকটা হ্রাস পায়। স্তরীভূত পলিমার গঠন ও বন্ধনগুলোর উপর পীড়নের মান কম হওয়ার কারণে লোহিত ফসফরাস কম সক্রিয় হয় এবং কালো ফসফরাস অত্যন্ত সুস্থিত ও নিষ্ক্রিয় হয়।

১.৩.৫ নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের রাসায়নিক সক্রিয়তার পার্থক্যের কারণসমূহ

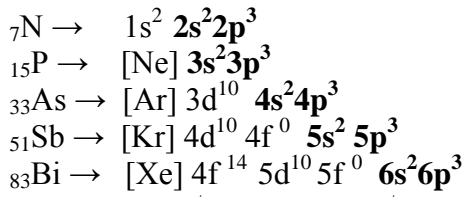
- (১) নাইট্রোজেন পরমাণুর আকার ফসফরাস অপেক্ষা ছোট হওয়া(N-এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ 0.075 nm এবং P-এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ 0.110 nm)।
- (২) নাইট্রোজেনের যোজ্যতা ইলেকট্রন ২য় শক্তিস্তরে থাকা এবং ফসফরাসের যোজ্যতা ইলেকট্রন ৩য় শক্তিস্তরে থাকা।

- (৩) নাইট্রোজেনের অণু(N₂) ত্রি-বন্ধনযুক্ত, সরল রৈখিক হওয়া এবং বন্ধনগুলোতে পীড়ন যুক্ত না থাকা। অপরদিকে, ফসফরাস অণু(P₄) P-P একক বন্ধন বিশিষ্ট হওয়া এবং P-P-P বন্ধন কোনের পরিমাণ কম (60°) হওয়ায় কারণে বন্ধনগুলোতে অধিক পীড়ন বিদ্যমান থাকা।
- (৪) নাইট্রোজেনের তড়িৎঋণাত্বকতা(3.0) ফসফরাস (2.1) অপেক্ষা বেশি হওয়া।
- (৫) নাইট্রোজেনের যোজ্যতা শেলে d-অরবিটাল না থাকা এবং ফসফরাসের যোজ্যতা শেলে d-অরবিটাল বিদ্যমান থাকা।
- (৬) নাইট্রোজেনের নিজ পরমাণু, কার্বন ও অক্সিজেনের সাথে সুস্থিত ত্রি-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন গঠন করতে পারে।

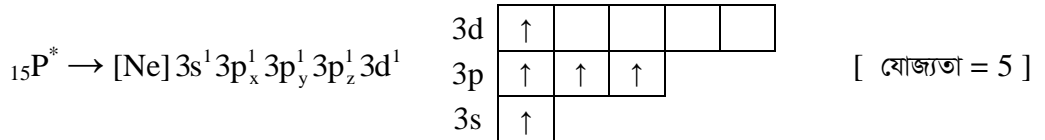
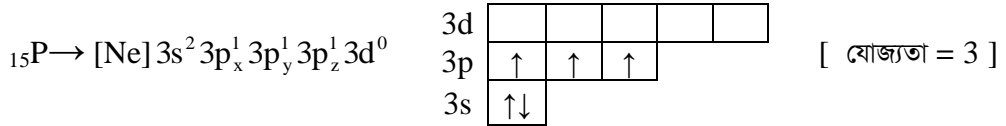
যেমন : $N \equiv N$, $-N = C$, $-C \equiv N$, $-N \equiv N$, $-C = N = O$, $-NO_2$, $H_2N - NH_2$

১.৩.৬ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর সমযোজ্যতা ও সমযোজী যৌগ গঠন

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর প্রত্যেকের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ৫টি করে ইলেকট্রন রয়েছে। এদের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস : $ns^2 np_x^1 np_y^1 np_z^1$ । পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের p-অরবিটালসমূহ সুখম ও অর্ধপূর্ণ অবস্থায় আছে। অষ্টক পূর্ণতার জন্য এদের প্রত্যেকের আরো ৩টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা শেয়ার করা প্রয়োজন।

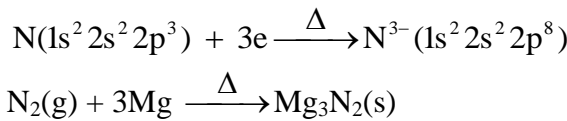


এই কারণে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলো অধাতব মৌলের সাথে ৩টি অযুগ্ম ইলেকট্রন শেয়ার করে সমযোজী যৌগ গঠন করে সমযোজ্যতা '3' প্রদর্শন করে। যেমন: NH₃, PH₃, NCl₃, PCl₃ ইত্যাদি। তবে গ্রুপ-VA এর যেসব মৌলের বহিঃশক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল রয়েছে তারা উচ্চ তড়িৎঋণাত্বক মৌলের সাথে সমযোজী যৌগ গঠনের সময়ে '5' সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে। যেমন: PCl₃, PCl₅; AsCl₃, AsCl₅, SbCl₅ ইত্যাদি। '5' সমযোজ্যতার ক্ষেত্রে এসব মৌল তাদের পরমাণুর বহিঃস্তরের s-অরবিটালে ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে ১টি ইলেকট্রন ফাঁকা d-অরবিটালে স্থানান্তর করে; ফলে এদের বহিঃশক্তিস্তরে ৫টি অযুগ্ম ইলেকট্রনের সৃষ্টি হয়। এই ৫টি অযুগ্ম ইলেকট্রন অন্য মৌলের সাথে শেয়ারে অংশ নেয়।



১.৩.৭ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর তড়িৎযোজী বা আয়নিক যৌগ গঠন

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস: $ns^2 np_x^1 np_y^1 np_z^1$ । বহিঃশক্তিস্তরের p-অরবিটালসমূহ সুখম ও অর্ধপূর্ণ অবস্থায় আছে। অষ্টক পূর্ণতার জন্য এদের প্রত্যেকের আরো ৩টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা শেয়ার করা প্রয়োজন। তড়িৎঋণাত্বক মৌল বিশেষ করে গ্রুপ-I, গ্রুপ-II, ও গ্রুপ-III এর ধাতুসমূহের সাথে যুক্ত হওয়ার সময় এরা বহিঃশক্তিস্তরে ৩ টি করে ইলেকট্রন গ্রহণ করে অষ্টক পূর্ণতা অর্জন করে এবং তড়িৎযোজী বা আয়নিক যৌগ গঠন করে। এসব তড়িৎযোজী যৌগে এরা '-3' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। যেমন: নাইট্রোজেন গ্যাসকে Li, Mg, Ca, Al ইত্যাদি ধাতুগুলোর যে কোন একটির সাথে উত্তপ্ত করলে ধাতু নাইট্রাইড (তড়িৎযোজী যৌগ) তৈরী হয়।



১.৩.৮ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর বিভিন্ন জারণাবস্থা

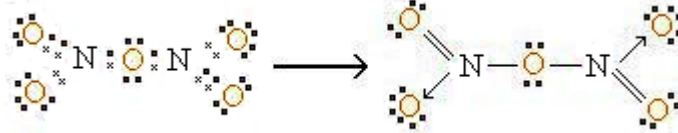
গ্রুপ-VA এর মৌলগুলো বিভিন্ন অবস্থায় প্রধানত -3, +3 ও +5 জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। তড়িৎ ঋণাত্বক ধাতুর সাথে উচ্চ তাপমাত্রায় N ও P তড়িৎযোজী যৌগ(Mg₃N₂, Ca₃P₂) গঠনের সময় '-3' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। Sb ও Bi এর ধাতু ধর্ম রয়েছে বলে এরা '-3' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে না। সমযোজী ও সন্নিবেশ সমযোজী যৌগ গঠনের সময়ে গ্রুপ-VA এর

মৌলগুলো +3 ও +5 জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। গ্রুপ-VA এর যে সব মৌলের বহিঃশক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল রয়েছে তারা উচ্চ তড়িৎঋণাত্মক মৌলের সাথে সমযোজী যৌগ গঠনের সময়ে '+5' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। যেমন: PCl_3 , PCl_5 ; AsCl_3 , AsCl_5 , SbCl_5 ইত্যাদি।

[সারণি-১.৩ : গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর +3 ও +5 জারণাবস্থা প্রদর্শণ]

VA এর মৌল	+3 জারণাবস্থা	+5 জারণাবস্থা
N	NCl_3	N_2O_5 , HNO_3
P	PCl_3	PCl_5 , P_2O_5 , H_3PO_4
As	AsCl_3	AsCl_5 , As_2O_5 , H_3AsO_4
Sb	SbCl_3	SbCl_5 , Sb_2O_5
Bi	BiCl_3	Bi_2O_5

আবার, গ্রুপ-VA এর মৌলগুলো পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের ৩টি অযুগল ইলেকট্রনের সাহায্যে অন্য মৌলের সাথে ৩টি সমযোজী বন্ধন গঠনের পর প্রত্যেকের বহিঃস্থ s-অরবিটালে এক জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (lone pair) থেকে যায়। গ্রুপ-VA এর মৌলগুলো উক্ত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দ্বারা কোন লুই এসিডের (এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম এমন রাসায়নিক সত্তা) সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে '+5' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। যেমন: N_2O_5 ও HNO_3 যৌগ দুটিতে N পরমাণু অক্সিজেন পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে '+5' জারণাবস্থা প্রদর্শন করে।



[N_2O_5 এ N-O সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে N এর '+5' জারণ অবস্থা প্রদর্শণ]

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় এবং তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায়। ফলে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এদের ঋণাত্মক জারণ মান লাভের প্রবণতা হ্রাস পায় এবং ধনাত্মক জারণ মান লাভের প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। এই কারণে N ও P '-3' জারণাবস্থা প্রদর্শন করলেও Sb ও Bi তা দেখায় না। Sb ও Bi এর +3 ও +5 জারণাবস্থা প্রদর্শনের প্রবণতা বেশি।

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে নাইট্রোজেন একটি ব্যতিক্রমী মৌল। নাইট্রোজেন যেমনি হাইড্রাইড গঠন করে 3 সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে তেমনি নাইট্রাইড গঠনের মাধ্যমে '-3' জারণাবস্থা দেখায়। তাছাড়া নাইট্রোজেন বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে +1,+2,+3,+4 ও +5 ধনাত্মক জারণাবস্থা প্রদর্শন করে।

N এর অক্সাইড \Rightarrow	N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5
N এর জারণ সংখ্যা \Rightarrow	+1	+2	+3	+4	+5

নাইট্রোজেনের সাথে অক্সিজেনের তড়িৎঋণাত্মকতার পার্থক্য এবং বিভিন্ন সংখ্যক সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের সুযোগ থাকার কারণে নাইট্রোজেনের জারণ মানের এই ধরণের পরিবর্তনশীলতা দেখা যায়।

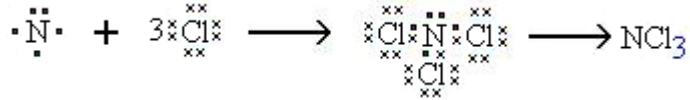
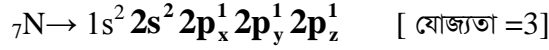
১.৩.৯ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর হ্যালাইড গঠন

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর সকলেই সমযোজী হ্যালাইড গঠন করে। এদের সবাই ট্রাই হ্যালাইড গঠন করলেও P, As, Sb ট্রাই হ্যালাইড গঠনের পাশাপাশি পেন্টা হ্যালাইড ও গঠন করে।

[সারণি-১.৪ : গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর ট্রাই হ্যালাইড ও পেন্টাহ্যালাইড]

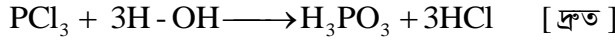
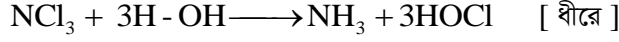
VA এর মৌল	ট্রাই হ্যালাইড	পেন্টাহ্যালাইড
N	NCl_3	-
P	PCl_3	PCl_5
As	AsCl_3	AsCl_5
Sb	SbCl_3	SbCl_5
Bi	BiCl_3	-

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের ট্রাই হ্যালাইডসমূহের সমযোজী প্রকৃতি হ্রাস পেতে থাকে এবং একই সাথে তড়িৎযোজী তথা আয়নিক প্রকৃতি বৃদ্ধি পেতে থাকে। তাই এদের ট্রাই ক্লোরাইডগুলোর মধ্যে NCl_3 সর্বাধিক সমযোজী এবং BiCl_3 সর্বাধিক আয়নিক। এ গ্রুপের মৌলগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে এদের পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় এবং তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায়; ফলে ট্রাই হ্যালাইডসমূহের সমযোজী বন্ধনের পোলারিটি বাড়তে থাকে এবং আয়নিক প্রকৃতি বৃদ্ধি পায়।



১.৩.১২ PCl_3 এর চেয়ে NCl_3 ধীরে আদ্র বিশ্লেষিত হয় :

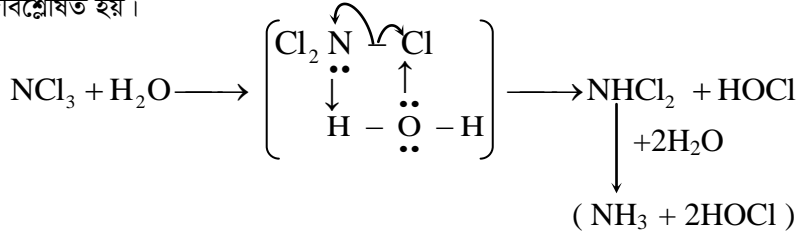
পানির সাথে বিক্রিয়া দ্বারা কোন যৌগকে ভেঙ্গে সরল যৌগে পরিণত করাকে আদ্রবিশ্লেষণ(Hydrolysis) বলে। NCl_3 ও PCl_3 উভয়েই আদ্রবিশ্লেষিত হয়। তবে NCl_3 , PCl_3 অপেক্ষা ধীরে আদ্রবিশ্লেষিত হয়।



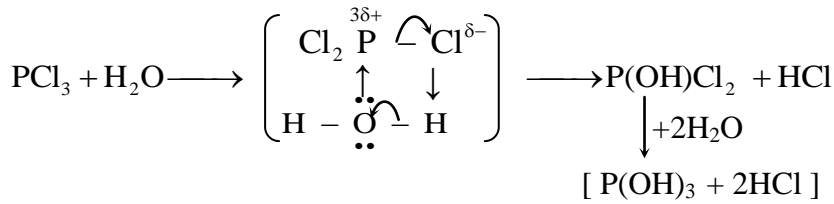
এরূপ ঘটীর মূল কারণ হলো:

- (১) P (2.1) অপেক্ষা N এর তড়িৎঋণাত্মকতা(3.0) বেশি হওয়া,
- (২) N-পরমাণুতে d-অরবিটালের অনুপস্থিতি এবং P-পরমাণুতে d-অরবিটালের উপস্থিতি এবং
- (৩) P-Cl বন্ধনের পোলার হওয়া।

N ও Cl এর তড়িৎঋণাত্মকতা (3.0) সমান হওয়ার কারণে N-Cl বন্ধনে কোন পোলারিটি থাকে না। তাই NCl_3 এর আদ্রবিশ্লেষণে পানির পোলার অণুর আকর্ষণে N-Cl বিয়োজিত হয় না। এক্ষেত্রে পানির অণু O-পরমাণু হতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় Cl-পরমাণুতে প্রবেশ করলে O-Cl বন্ধন গঠিত হয় এবং একই সাথে N-Cl বন্ধন ভেঙ্গে এর বন্ধন জোড় ইলেকট্রন N-পরমাণুতে প্রবেশ করে, N-পরমাণু তার নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় পানির অণু H-পরমাণুকে দান করে N-H বন্ধন গঠন করে, পানির একটি H-O বন্ধন ভেঙ্গে এর বন্ধন জোড় ইলেকট্রন O-পরমাণু ইলেকট্রন ঘাটতি পূরণ করে। ফলে NH_3 ও HOCl উৎপন্ন হয়। সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটি জটিল বলে তা ধীরে সংঘটিত হয় তথা NCl_3 ধীরে আদ্রবিশ্লেষিত হয়।

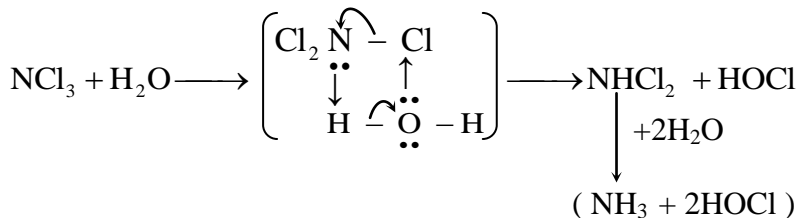


P ও Cl এর মধ্যে যথেষ্ট তড়িৎঋণাত্মকতার পার্থক্য (P=2.1, Cl=3.0) থাকায় PCl_3 এর P-Cl বন্ধনে পোলারিটি থাকে। তাই PCl_3 এর আদ্রবিশ্লেষণে পানির পোলার অণুর আকর্ষণে সহজেই P-Cl বন্ধন বিয়োজিত হয় এবং দ্রুত আদ্রবিশ্লেষণ ঘটে H_3PO_3 ও HCl তৈরী হয়। তাছাড়া, PCl_3 এর P-পরমাণুতে ফাঁকা d-অরবিটাল থাকায় O-P বন্ধন গঠন সহজ হয় তথা PCl_3 এর আদ্রবিশ্লেষণ দ্রুত ঘটে।



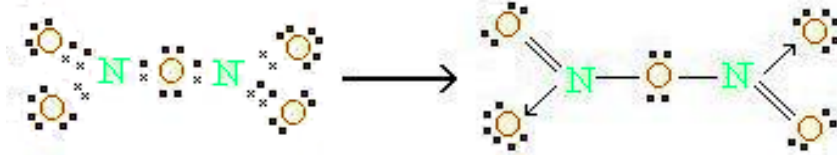
১.৩.১৩ NF_3 আদ্র বিশ্লেষিত না কিন্তু NCl_3 আদ্র বিশ্লেষিত হয় t

গ্রুপ- VA এর মৌলগুলোর ট্রাই হ্যালাইড আদ্রবিশ্লেষিত হওয়ার শর্ত হলো হয় গ্রুপ- VA এর মৌল অথবা এর সাথে যুক্ত হ্যালাজেন পরমাণুর কোন একটিতে ফাঁকা d-অরবিটাল বা ইলেকট্রনের অষ্টক ঘাটতি থাকতে হবে। NF_3 এর N বা F-পরমাণুর কোনটিতেই d-অরবিটাল বা ইলেকট্রনের অষ্টক ঘাটতি নেই বলে NF_3 আদ্র বিশ্লেষিত হয় না। কিন্তু NCl_3 এর Cl-পরমাণুতে d-অরবিটাল বিদ্যমান থাকায় পানির O-পরমাণু এবং NCl_3 এর Cl-পরমাণুর সাথে অস্থায়ী সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে O-Cl বন্ধন গঠনের মাধ্যমে NCl_3 আদ্রবিশ্লেষিত হয়।



১.৩.১৪ NCl_5 গঠিত না হলেও N_2O_5 গঠিত হয় :

N-পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে 5টি ইলেকট্রন থাকলেও এতে কোন d-অরবিটাল না থাকায় এর 2s-অরবিটালের ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে উচ্চ শক্তিস্তরে স্থানান্তরের মাধ্যমে অযুগলায়িত হয়ে '5' সমযোজ্যতা প্রদর্শনের কোন সুযোগ নেই। এই কারণে নাইট্রোজেন NCl_5 গঠন করতে পারে না। কিন্তু N-পরমাণু বাহিঃশক্তিস্তরের ৩টি অযুগল ইলেকট্রনের সাহায্যে অন্য মৌলের সাথে ৩টি সমযোজী বন্ধন গঠনের পর এর বহিঃস্থ s-অরবিটালে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (lone pair) থেকে যায়। N-পরমাণু তার এই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দ্বারা ৩টি সমযোজী বন্ধন গঠনের পাশাপাশি একটি সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে '5' সমযোজ্যতা প্রদর্শন করতে পারে। যেমন: 2টি N-পরমাণু তাদের ৩টি করে অযুগল ইলেকট্রন ও একটি করে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দ্বারা ৫টি O-পরমাণুর সাথে ৬টি সমযোজী ও ২টি সন্নিবেশ বন্ধনের মাধ্যমে N_2O_5 গঠন করে '5' সমযোজ্যতা দেখায়।



[N_2O_5 এ N-O সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে N এর '+5' জারণ অবস্থা প্রদর্শন]

১.৩.১৫ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইড ও এদের ধর্ম :

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে Bi ছাড়া বাকি সবাই হাইড্রাইড গঠন করে।

[সারণি-১.৫ : গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইড]

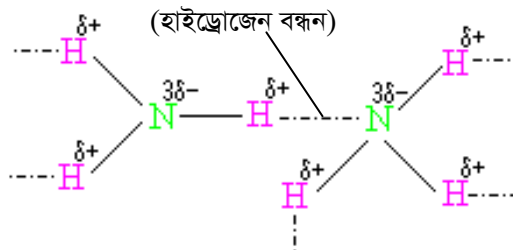
VA এর মৌল	হাইড্রাইড(Hydride)
N	NH_3 (অ্যামোনিয়া), $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ (হাইড্রাজিন)
P	PH_3 (ফসফিন), P_2H_4 (ফসফরাস ডাই হাইড্রাইড)
As	AsH_3 (আরসাইন)
Sb	SbH_3 (স্টিবাইন)

N থেকে Sb এর দিকে ক্রমশ তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস এবং ধাতু ধর্ম বৃদ্ধি পায় বলে গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইড সমূহের ধর্মে ক্রম পরিবর্তন দেখা যায়।

(আয়নিক প্রকৃতি, বিজারণ ধর্ম, অল্পধর্মীতা বৃদ্ধি) →			
NH_3	PH_3	AsH_3	SbH_3
← (সমযোজী প্রকৃতি, ক্ষারকধর্মীতা, স্ফুটনাংক, অণুর পোলারিটি বৃদ্ধি)			

১.৩.১৬ PH_3 অপেক্ষা NH_3 এর স্ফুটনাংক বেশি :

N-এর তড়িৎঋণাত্মকতা(3.0) P-অপেক্ষা(2.1) অধিক হওয়ার কারণে NH_3 অণুস্থ N—H বন্ধনে মেরুকৃত বা পোলারিটি PH_3 অণুস্থ P—H বন্ধন অপেক্ষা বেশি পরিমাণে ঘটে (N—H বন্ধনে তড়িৎঋণাত্মকতার পার্থক্য=3.0 - 2.1=0.9)। N—H বন্ধন অধিক পোলার বলে NH_3 এর হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের প্রবণতা PH_3 অপেক্ষা অনেক বেশি। তরল NH_3 তে PH_3 অপেক্ষা অধিক পরিমাণে এবং অপেক্ষাকৃত দৃঢ় হাইড্রোজেন বন্ধন বিদ্যমান থাকে বলেই NH_3 এর স্ফুটনাংক PH_3 অপেক্ষা বেশি হয়।

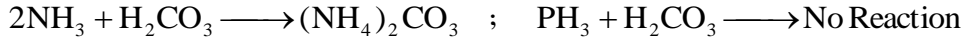


[চিত্র:১.১ তরল অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন বন্ধন]

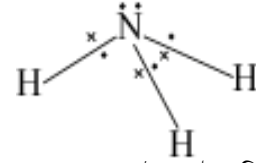
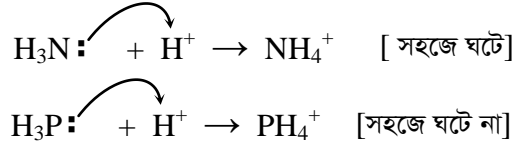
১.৩.১৭ NH_3 , PH_3 অপেক্ষা অধিক ক্ষারকধর্মী :

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে Bi ছাড়া বাকি সবাই হাইড্রাইড গঠন করে। N থেকে Sb এর দিকে অগ্রসর হলে পরমাণুর আকার, তড়িৎঋণাত্মকতা ও হাইড্রাইডের ক্ষারকধর্মীতা হ্রাস পেতে থাকে। এই হিসাবে NH_3 যথেষ্ট ক্ষারকধর্মী হলেও PH_3

অনেকটা মৃদু ক্ষারকধর্মী ; AsH_3 ও SbH_3 মোটেও ক্ষারকধর্মী নয়। NH_3 প্রায় সকল প্রকার(তীব্র ও মৃদু) এসিডের বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম লবণ তৈরী করে ; অপরদিকে, PH_3 শুধুমাত্র কতিপয় তীব্র এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে ফসফোনিয়াম লবণ তৈরী করে। PH_3 মৃদু এসিডের সাথে কোনরূপ বিক্রিয়া করে না। এতে NH_3 যে PH_3 অপেক্ষা অধিক ক্ষারকধর্মীতার প্রমাণ পাওয়া যায়।

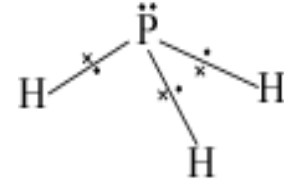


N-পরমানু ক্ষুদ্রাকার ও অধিক তড়িৎঋণাত্মক(তড়িৎঋণাত্মকতা 3.0) হওয়ায় NH_3 এ N—H বন্ধনের বন্ধনজোড় ইলেকট্রন মাঝামাঝি অবস্থান থেকে N-পরমাণুর দিকে সরে যায় ; ফলে N-পরমাণু ক্ষুদ্র ঋণাত্মক চার্জ লাভ করে এবং N—H বন্ধন পোলারিটি অর্জন করে। NH_3 এর N পরমাণুতে ইলেকট্রনের পর্যাপ্ততা ও ঘনত্ব অধিক হওয়ার কারণে NH_3 সহজেই প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে প্রোটনীয় ক্ষারক অথবা অন্য কোন রাসায়নিক সত্তাকে সহজে একজোড়া ইলেকট্রন দান করে লুই ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।



[NH_3 অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস]

অপরদিকে, P-পরমাণুর আকার N-পরমাণু অপেক্ষা বড় হওয়ায় এর তড়িৎঋণাত্মকতা(2.1) N অপেক্ষা কম। তাই PH_3 -অণুতে P—H বন্ধনে বন্ধনজোড় ইলেকট্রন দুই নিউক্লিয়াসের মাঝ খানে থাকে এবং এতে কোন পোলারিটি থাকে না। PH_3 -অণুর P-পরমাণুতে ইলেকট্রনের ঘনত্ব NH_3 -এর N পরমাণু অপেক্ষা অনেক কম থাকে। PH_3 -অণুর P-পরমাণুতে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম থাকে বলে এটি NH_3 এর মত সহজে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে না বা অন্য কোন রাসায়নিক সত্তাকে ইলেকট্রন জোড় দান করতে পারে না।



[PH_3 অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস]

আর এসব কারণেই- NH_3 , PH_3 অপেক্ষা অধিক ক্ষারকধর্মী এবং PH_3 মৃদু ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

১.৩.১৮ গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর বহুরূপতা

গ্রুপ-VA এর মৌলগুলোর মধ্যে বিসমাথ(Bi) ছাড়া বাকি সবাই বহুরূপী মৌল। সারণি-১.৬ এ এদের রূপভেদগুলো দেখানো হয়েছে।

[সারণি-১.৬ : নাইট্রোজেনের রূপভেদ(allotropes)]

VA এর মৌল	রূপভেদসমূহ (allotropes)
N	α -নাইট্রোজেন(কিউবিক কেলাস) ; β -নাইট্রোজেন(হেক্সাগোনাল কেলাস) ।
P	শ্বেত ফসফরাস(P_4) ; লাল ফসফরাস(P_n) ; কালো ফসফরাস(P_n) ।
As	ধূসর আরসেনিক ; হলুদ আরসেনিক ; কালো আরসেনিক
Sb	ধাতব এন্টিমনি ; α - এন্টিমনি ; বিস্ফোরক এন্টিমনি ।

১.৪.০ নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা

নাইট্রোজেন ও ফসফরাস একই গ্রুপের মৌল বলে এদের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য থাকা স্বাভাবিক। সাদৃশ্য ছাড়াও নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে অনেক অমিল বা বৈসাদৃশ্য রয়েছে। নিম্নে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যসমূহ উল্লেখ করে তাদের তুলনা করা হলো :

১.৪.১ N ও P-এর মধ্যে সাদৃশ্যসমূহ :

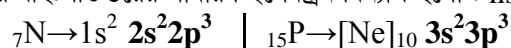
ক) ভৌত ধর্মে সাদৃশ্যসমূহ : (১) N ও P উভয়েই অধাতু।

(২) N ও P বহুরূপী মৌল।

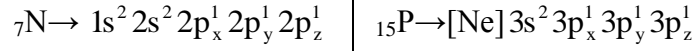
(৩) এদের উভকেই আধুনিক পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-VA স্থান দেয়া হয়েছে।

খ) রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্যসমূহ :

(১) N ও P উভয়ের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো : $ns^2 np^3$



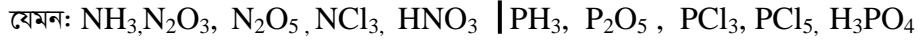
(২) N ও P উভয়ের পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরের ৫টিকরে ইলেকট্রন রয়েছে এবং p-অরবিটালসমূহ অর্ধপূর্ণ অবস্থায় আছে।



(৩) N ও P উভয়েই পরিবর্তনশীল যোজনী ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে।

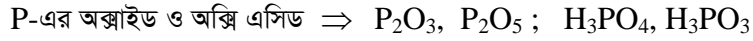
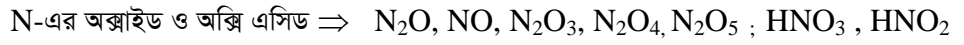
জারণাবস্থা \Rightarrow	<u>-3</u>	<u>-2</u>	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>+2</u>	<u>+3</u>	<u>+4</u>	<u>+5</u>
N \Rightarrow	NH ₃	N ₂ H ₄	NH ₂ OH	N ₂	NO	N ₂ O ₃	N ₂ O ₄	N ₂ O ₅
P \Rightarrow	PH ₃	P ₂ H ₄	-	P ₄	-	PCl ₃	H ₄ P ₂ O ₆	PCl ₅

(৪) N ও P উভয়েই H₂O, Cl ইত্যাদি মৌলের সাথে সমযোজী যৌগ গঠন করে।



(৫) N ও P উভয়েই হাইড্রাইড গঠন করে। যেমন: NH₃ ও PH₃।

(৬) N ও P উভয়েই অক্সাইড ও অক্সি এসিড গঠন করে। যেমন:



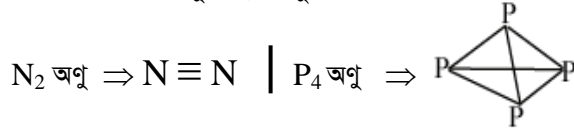
১.৪.২ N ও P-এর মধ্যে বৈসাদৃশ্যসমূহ :

ক) ভৌত ধর্মে বৈসাদৃশ্যসমূহ :

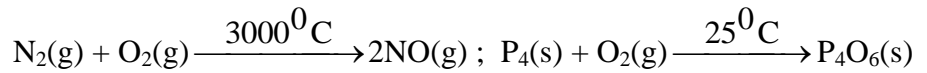
- ১) কক্ষ তাপমাত্রা ও চাপে N গ্যাস হলেও P ফসফরাস কঠিন অবস্থায় বিরাজ করে।
- ২) সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক(N₂) কিন্তু ফসফরাসের অণু চার-পরমাণুক(P₄)।
- ৩) নাইট্রোজেনের গলনাংক(-210°C) ও স্ফুটনাংক(-190°C) ফসফরাস অপেক্ষা(গলনাংক:44°C, স্ফুটনাংক: 280°C) অনেক কম।

খ) রাসায়নিক ধর্মে বৈসাদৃশ্যসমূহ :

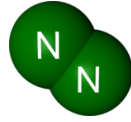
- ১) কক্ষ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন বেশ স্থিতিশীল এবং নিষ্ক্রিয়। অপরদিকে- ফসফরাস বিশেষকরে শ্বেত ফসফরাস বেশ সক্রিয়।
- ২) নাইট্রোজেনের অণুতে দুটি নাইট্রোজেন পরমাণু পরস্পর তিনটি সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থাকে এবং নাইট্রোজেন অণুর আকৃতি সরল রৈখিক। অপরদিকে, শ্বেত ফসফরাস অণুতে 4টি P পরমাণু পরস্পর 60° কোণে একটি করে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হয়ে চতুস্তলকীয় কাঠামো গঠন করে অবস্থান করে।



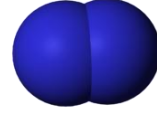
- ৩) নাইট্রোজেন অণু খুবই স্থিতিশীল বলে এটি সাধারণ অবস্থায় বায়ুস্থ অক্সিজেনের সাথে কোনরূপ বিক্রিয়া করে না। অপরদিকে, সাধারণ তাপমাত্রায় ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে অক্সাইড গঠন করে।



- ৪) নাইট্রোজেন নিরপেক্ষ ও অল্পধর্মী অক্সাইড(NO, N₂O₅) গঠন করলেও ফসফরাস শুধুমাত্র অল্পধর্মী অক্সাইড (P₂O₃, P₂O₅) গঠন করে।
- ৫) N ও P উভয়েই হাইড্রাইড গঠন করলেও NH₃, PH₃ অপেক্ষা অধিক স্থায়ী ও অবিষাক্ত এবং NH₃, PH₃ অপেক্ষা অধিক ক্ষারকধর্মী। নাইট্রোজেনের হাইড্রোজেনিক এসিড(N₃H) নামে আরও একটি অল্পধর্মী হাইড্রাইড রয়েছে।
- ৬) ফসফরাস ক্লোরিনের সাথে PCl₃ ও PCl₅ সমযোজী যৌগ গঠন করতে পারলেও নাইট্রোজেন ক্লোরিনের সাথে শুধুমাত্র NCl₃ সমযোজী গঠন করে; NCl₅ গঠন করতে পারে না।



নাইট্রোজেন



১.৫.০ নাইট্রোজেনের উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার

১.৫.১ নাইট্রোজেন আবিষ্কার

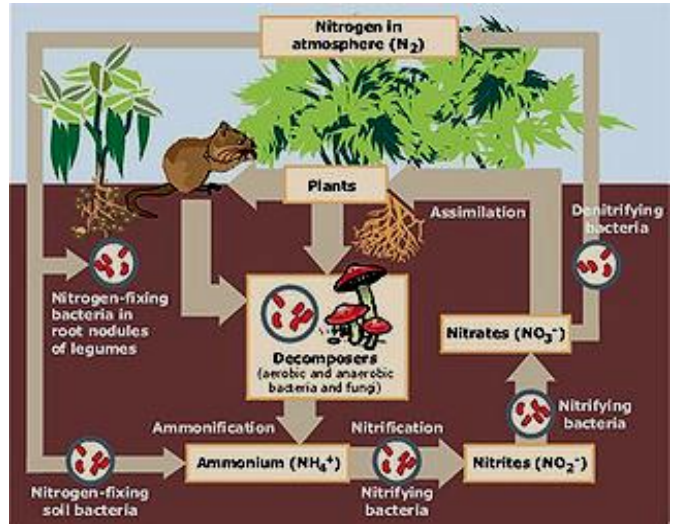
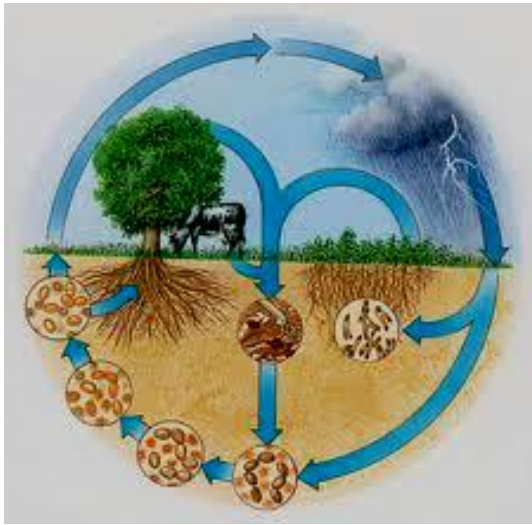
1772 খ্রিস্টাব্দে স্কটিশ চিকিৎসক ডেনিয়েল রাদারফোর্ড নাইট্রোজেন আবিষ্কার করেন। তিনি একে noxious air বা fixed air নাম দিয়েছিলেন। 1775 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী Antoine Lavoisier নাইট্রোজেনকে মৌলিক পদার্থ হিসাবে চিহ্নিত করেন এবং নিষ্ক্রিয় ধর্মের কারণে এর নাম দেন "mephetic air" বা "azote" ; যার অর্থ নিষ্প্রাণ(lifeless)। 1790 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী চ্যাপ্টেল উক্ত মৌলটির নাম দেন 'নাইট্রোজেন' নাইট্রোজেন শব্দটি Latin "Nitrogenium" থেকে নেয়া হয়েছে ; যার অর্থ সল্টপিটার(NaNO_3) গঠনকারী (গ্রীক-nitron অর্থ saltpetre এবং genes অর্থ forming)।

১.৫.২ নাইট্রোজেনের উৎস ও অবস্থান

মৌলিক নাইট্রোজেনের প্রধান উৎস হলো বায়ু। শুষ্ক বায়ুর 78.08% (আয়তন হিসাবে) এবং 75.3%(ভর হিসাবে) হলো মৌলিক নাইট্রোজেন। যৌগিক অবস্থায় নাইট্রার(KNO_3), চিলিসল্টপিটার(NaNO_3) ইত্যাদি খনিজ লবণে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। সকল জীবদেহের একটি অত্যাবশ্যকীয় গঠন উপাদান হলো নাইট্রোজেন। অ্যামাইনো এসিড, প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড(DNA, RNA), ক্লোরোফিল, অ্যালকালয়েড ইত্যাদি জৈব যৌগে নাইট্রোজেন বিদ্যমান।

১.৫.৩ নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle)

বায়ুমন্ডল হলো নাইট্রোজেনের প্রধান এবং মূল উৎস। বায়ুমন্ডলের প্রায় 78-80% নাইট্রোজেন। বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেন জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বায়ুমন্ডল থেকে জীবদেহে ; জীবদেহ হতে মাটিতে বা বায়ু থেকে সরাসরি মাটিতে গমন করে। আবার জীবদেহ ও মাটি হতে জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় উক্ত নাইট্রোজেন বায়ুমন্ডলে ফিরে আসে। জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বায়ুমন্ডল, জীবদেহ ও মাটির মধ্যে নাইট্রোজেনের এই চক্রাকার আবর্তনকে নাইট্রোজেন চক্র বলে।



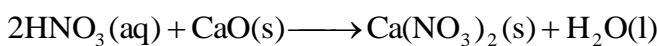
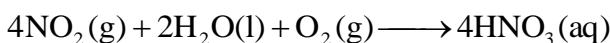
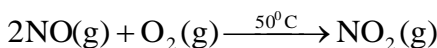
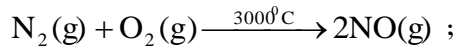
[চিত্র:১.২ নাইট্রোজেন চক্র]

নাইট্রোজেন চক্রের বর্ণনা :

নাইট্রোজেন চক্রকে নিম্নোক্ত ধাপসমূহের মাধ্যমে বর্ণনা করা যায়।

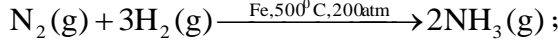
(ক) বায়ুমন্ডল হতে N_2 এর মাটিতে গমন :

১) প্রাকৃতিক সংবন্ধনের মাধ্যমে : বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেন প্রাকৃতিকভাবে(বজ্র-বিদ্যুতসহ বৃষ্টিপাতের দ্বারা) সংবন্ধিত হয়ে নাইট্রিক এসিড হিসাবে মাটিতে পতিত হয় যা মাটির ক্ষার জাতীয় পদার্থের সাথে নাইট্রেট লবণ যেমন: ক্যালসিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি গঠন করে।



২) মানুষ কর্তৃক কৃত্রিম সংবন্ধনের মাধ্যমে :

শিল্প কারখানায় বায়ু ও প্রাকৃতিক গ্যাস হতে নাইট্রোজেন সার যেমন: ইউরিয়া, ডিএপি ইত্যাদি উৎপাদনের মাধ্যমে বায়ুস্থ নাইট্রোজেনকে সংবন্ধিত করে উদ্ভিদ বৃদ্ধির জন্য মাটিতে প্রয়োগ করা হয়।



৩) নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়ার মাধ্যমে :

নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া মৃত উদ্ভিদ ও প্রাণি দেহকে বিয়োজিত করে জৈব সারে পরিণত করে। কৃত্রিম বা প্রাকৃতিকভাবে উৎপন্ন জৈব সার মাটির সাথে মিশার ফলে উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ হতে কিছুটা নাইট্রোজেন পুনরায় মাটিতে ফিরে আসে।

(খ) বায়ুমন্ডল ও মাটি হতে N_2 এর উদ্ভিদে

গমনঃ উদ্ভিদ মূলের সাহায্যে মাটি হতে নাইট্রোজেনকে নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে গ্রহণ করে প্রোটিনে পরিণত করে। তাছাড়া, শিম, মটর, ছোলা ইত্যাদি লিগুমিনাস জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের নুড়ুলে এক ধরনের নাইট্রোজেন সংবন্ধনকারী ব্যাকটেরিয়া (Rhizobium) বসবাস করে যারা সরাসরি বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেনকে উদ্ভিদের গ্রহণোপযোগী যৌগে পরিণত করে এবং বিনিময়ে উদ্ভিদ থেকে শর্করা গ্রহণ করে।

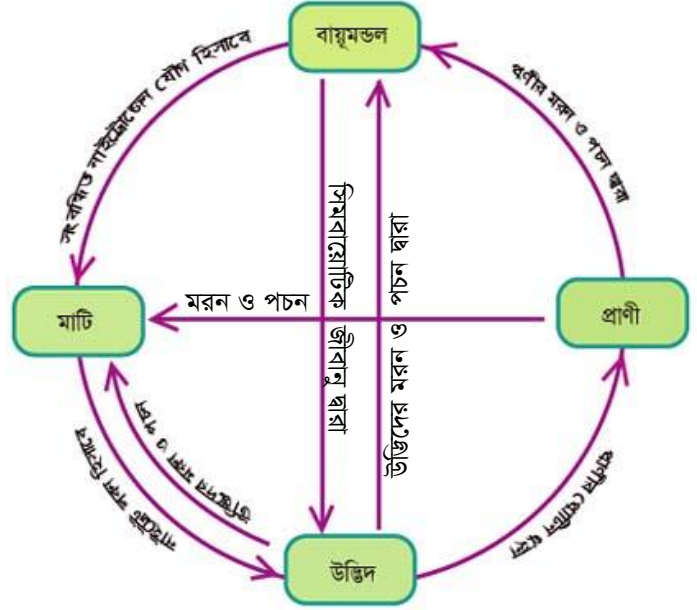
(গ) N_2 এর উদ্ভিদ থেকে প্রাণিদেহে গমন :

তৃনভোজী প্রাণি সরাসরি উদ্ভিদকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে উদ্ভিজ প্রোটিনকে প্রাণিজ প্রোটিনে রূপান্তর করে। সর্বভূক প্রাণি তৃনভোজী প্রাণি, ডিম, মাংস ও প্রোটিন জাতীয় শস্য থেকে প্রোটিন সংগ্রহ করে।

(ঘ) উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ হতে N_2 এর

বায়ুমন্ডলে প্রত্যাগমন :

উদ্ভিদ ও প্রাণির মৃত্যুর পর এদের দেহের প্রোটিন প্রথমে নাইট্রোসোফাইং ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে বিয়োজিত হয়ে NH_3 গ্যাসে পরিণত হয়। উক্ত NH_3 গ্যাস নাইট্রোসোমোনাস (Nitrosomonas) জীবানুর প্রভাবে জারিত হয়ে নাইট্রাস এসিডে (HNO_2) পরিণত হয়। নাইট্রাস এসিড পুনরায় নাইট্রিফাইং জীবানুর প্রভাবে জারিত হয়ে নাইট্রিক এসিডে রূপান্তরিত হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক এসিডের একাংশ মাটির ক্ষারকধর্মী পদার্থের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রেট লবণ গঠন করে, যা মাটিতে মিশে যায়। নাইট্রেট লবণ ও নাইট্রিক এসিডের অপর অংশ ডি-নাইট্রিফাইং জীবানুর (anaerobic bacteria) প্রভাবে বিয়োজিত হয়ে N_2 , N_2O ও NO গ্যাসে পরিণত হয়ে বায়ুমন্ডলে মিশে যায়। ফলে বায়ুমন্ডলে নাইট্রোজেনের ঘাটতি পূরণ হয় এবং N_2 গ্যাসের পরিমাণ (78%) স্থির থাকে।



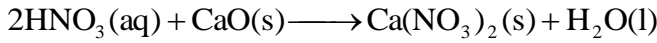
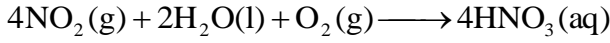
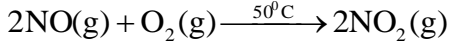
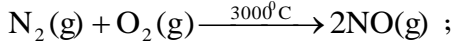
[চিত্র:১.৩ নাইট্রোজেন চক্র]

১.৫.৪ নাইট্রোজেন সংবন্ধন (Nitrogen Fixation)

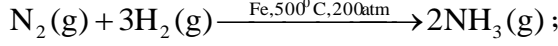
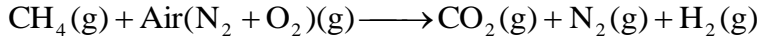
প্রকৃতিতে বিদ্যমান নাইট্রোজেনের প্রায় সবটুকুই বায়ুমন্ডলে N_2 হিসাবে বিদ্যমান রয়েছে। জীবের জীবন ধারণের জন্য নাইট্রোজেন একটি অপরিহার্য মৌল। নাইট্রোজেনের প্রাথমিক গ্রাহক হলো উদ্ভিদ জগৎ। প্রাণিকূল সাধারণত উদ্ভিদ হতে প্রোটিন হিসাবে নাইট্রোজেন গ্রহণ করে। তবে লক্ষ্যনীয় যে, উদ্ভিদ সরাসরি বায়ু থেকে নাইট্রোজেন গ্রহণ করতে পারে না। বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেনকে অন্য মৌলের সাথে রাসায়নিকভাবে যুক্ত করে উদ্ভিদের গ্রহণোপযোগী যৌগে পরিণত করলেই উদ্ভিদ তা গ্রহণ করে নিজের চাহিদা পূরণ করে। যে প্রক্রিয়ায় বায়ুমন্ডলের মৌলিক নাইট্রোজেনকে অন্য মৌলের সাথে রাসায়নিকভাবে যুক্ত বা সংবন্ধিত করে উদ্ভিদের গ্রহণোপযোগী যৌগে পরিণত করা হয় তাকে নাইট্রোজেন সংবন্ধন বলে।

শিম, মটর, ছোলা ইত্যাদি লিগুমিনাস বা সিমজাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের নুড়ুলে এক ধরনের নাইট্রোজেন সংবন্ধনকারী ব্যাকটেরিয়া (Rhizobium) বসবাস করে যারা সরাসরি বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেনকে উদ্ভিদের গ্রহণোপযোগী যৌগে পরিণত করে এবং বিনিময়ে উদ্ভিদ থেকে শর্করা গ্রহণ করে।

তাছাড়া, বজ্র-বিদ্যুৎসহ বৃষ্টিপাতের দ্বারা বায়ুমন্ডলের নাইট্রোজেন প্রাকৃতিকভাবে সংবন্ধিত হয়ে নাইট্রিক এসিড হিসাবে মাটিতে পতিত হয় যা মাটির ক্ষারজাতীয় পদার্থের সাথে বিক্রিয়া করে উদ্ভিদের গ্রহণোপযোগী নাইট্রেট লবণ যেমন: ক্যালসিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি গঠন করে।

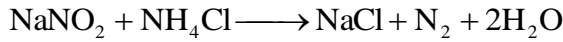


কৃত্রিম উপায়ে মানুষ শিল্প কারখানায় বায়ু ও প্রাকৃতিক গ্যাস হতে নাইট্রোজেন সার যেমন: ইউরিয়া, ডিএপি ইত্যাদি উৎপাদনের মাধ্যমে বায়ুস্থ নাইট্রোজেনকে সংবদ্ধিত করে উদ্ভিদ বৃদ্ধির জন্য মাটিতে প্রয়োগ করে।



১.৫.৫ নাইট্রোজেনের নিষ্কাশন ও উৎপাদন

শুক্ক বায়ুর 78.08% (আয়তন হিসাবে) এবং 75.3%(ভর হিসাবে) হলো মৌলিক নাইট্রোজেন। তাই শিল্প ক্ষেত্রে তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করে নাইট্রোজেনের বানিজ্যিক উৎপাদন করা হয়। লিভে পদ্ধতিতে বায়ুকে তরল করে আংশিক পাতন করলে পাতন কলামে '-196°C' তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস এবং '-183°C' তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়। তাই অক্সিজেন গ্যাস উৎপাদন শিল্পে সহ-উৎপাদ(by-product) হিসাবেও প্রচুর নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন গ্যাসকে উচ্চ চাপে সিলিভারে ভরে OFN (oxygen-free nitrogen) নামে সরবরাহ করা হয়। পরীক্ষাগারে সোডিয়াম নাইট্রাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে নাইট্রোজেন গ্যাস তৈরী করা হয়।



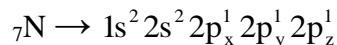
১.৫.৫.১ নাইট্রোজেনের গুরুত্ব

- ১) প্রাণিকূলের শ্বাস-প্রশ্বাসে নাইট্রোজেনের যথেষ্ট ভূমিকা রয়েছে। নাইট্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনকে লঘু করে তথা শ্বাস-প্রশ্বাসে আমরা যে বায়ু ব্যবহার করি তাতে 21% অক্সিজেনের সাথে নিক্রিয় প্রকৃতির 78% নাইট্রোজেন গ্যাস বিদ্যমান থেকে বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণকে হ্রাস করে আমাদের রক্ত প্রবাহে পরিমিত পরিমাণে অক্সিজেন শোষণে সাহায্য করে। স্বাভাবিক অবস্থায় একজন মানুষ 21% এর অধিক অক্সিজেনযুক্ত বায়ুতে শ্বাস-প্রশ্বাস নিলে তার শরীরের অক্সিজেনের সরবরাহ বেড়ে যাবে এবং দ্রুত শ্বসনের মাধ্যমে দেহের তাপমাত্রা বেড়ে যাবে।
- ২) নিক্রিয় পরিবেশ সৃষ্টি করে বৈদ্যুতিক বাত্ব এর স্থায়িত্ব বৃদ্ধিতে, আরগনের বিকল্প হিসাবে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।
- ৩) বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে বিনষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে এমন খাদ্যবস্তু (যেমন: আলু, ময়দা, চিনি দিয়ে তৈরী চিপ্‌স, বিস্কুট) নাইট্রোজেন গ্যাস ভর্তি বায়ুনীরোধী প্যাকে ভরে সংরক্ষণ করা হয়।
- ৪) শিল্প কারখানায় বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের যেমন: অ্যামোনিয়া গ্যাস, ইউরিয়া সার, নাইট্রিক এসিড ইত্যাদির বানিজ্যিক উৎপাদনে বায়ুর নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।
- ৫) ইলেকট্রনিক যন্ত্রাংশ যেমন: ডায়োড, ট্রানজিস্টর, আই.সি. ইত্যাদি তৈরীতে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।
- ৬) মরিচাহীন ইস্পাত(stainless steel) উৎপাদনে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।
- ৭) গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফিতে বাহক গ্যাস হিসাবে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।
- ৮) তরল নাইট্রোজেন (bp : -195.8 °C) হিমায়ক হিসাবে, রক্ত ও রিপ্ৰোডাক্টিব কোষ(স্পার্ম ও ডিম্বক) সংরক্ষক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১.৬.০ নাইট্রোজেনের ধর্ম

১.৬.১ ভৌত ধর্ম : সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন বর্ণহীন গ্যাস হিসাবে বিরাজ করে। α -নাইট্রোজেন(কিউবিক কেলাস) ও β -নাইট্রোজেন(হেক্সাগোনাল কেলাস) নামে নাইট্রোজেনের দুটি রূপভেদ (allotropy) আছে। বায়ুমন্ডলীয় চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস 77 K (-195.8 °C) তরলীভূত হয় এবং 63 K (-210.0 °C) তাপমাত্রায় জমাট বেধে কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। তরল নাইট্রোজেন দেখতে অনেকটা পানির মত কিন্তু পানির চেয়ে অনেকটা ভারী।

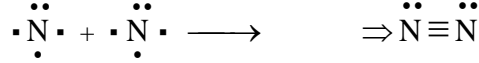
১.৬.২ রাসায়নিক ধর্ম: নাইট্রোজেন একটি অন্যতম অধাতু। এর তড়িৎঋণাত্মকতা 3.04। N-পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ৫টি ইলেকট্রন রয়েছে। এতে p-অরবিটালসমূহ অর্ধপূর্ণ এবং সুষ্ণ অবস্থায় আছে।



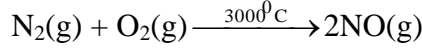
নাইট্রোজেনের আণবিক সংকেত N_2 ; নাইট্রোজেন অণুতে N-পরমাণু দু'টি পরস্পর ত্রি বন্ধনে ($\text{N}\equiv\text{N}$) যুক্ত থাকে।

N-পরমাণুর যোজ্যতাস্তর ২য় শক্তিস্তর(L-শেল) হওয়ায় এর পরমাণুর আকার বেশ ছোট। তাই ক্ষুদ্রাকার দুটি N-পরমাণু তাদের সুষ্ণ অর্ধপূর্ণ p-অরবিটালসমূহের (১টি প্রান্তিয় ও দুটি পার্শ্বিয়) অধিক্রমণ (Overlapping) ঘটিয়ে ৩টি সমযোজী

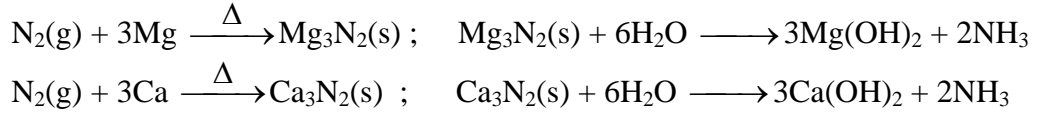
বন্ধনে(১টি σ -বন্ধন ও ২টি π -বন্ধন) যুক্ত হয়ে N_2 অণু ঘটন করে। সুসমতা ও N-N বন্ধন দৈর্ঘ্য (0.1098nm) ক্ষুদ্র হওয়ার কারণে নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন ত্রি-বন্ধন($N \equiv N$) অত্যন্ত সুস্থিত ও দৃঢ় হয়।



N_2 অণু সরল রৈখিক, সুস্থিত ও দৃঢ় হওয়ার কারণে এর বন্ধন বিয়োজন এনথালপি অতি উচ্চ (945 kJ mol^{-1})। তাই নাইট্রোজেন গ্যাস অত্যন্ত স্থায়ী ও নিষ্ক্রিয়। নিষ্ক্রিয়তার দিক থেকে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলোর পরই নাইট্রোজেনের স্থান। নাইট্রোজেন অণুর বন্ধন বিয়োজন এনথালপি অতি উচ্চ বলে নাইট্রোজেন গ্যাসকে প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এর অণুসমূহের বন্ধন বিয়োজিত হয়ে সক্রিয় পারমানবিক নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। তাই নাইট্রোজেনের সব বিক্রিয়া অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়। যেমন : নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়া ঘটে NO গ্যাস তৈরী হয়।



উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস তীব্র তড়িৎধনাত্মক ধাতু Al, Ca, Mg, Li ইত্যাদির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রাইড গঠন করে। এসব ধাতু নাইট্রাইড তড়িৎযোজী বা আয়নিক যৌগ বলে এরা পানি দ্বারা আদ্র বিশ্লেষিত হয়ে ধাতু হাইড্রক্সাইড ও NH_3 গ্যাস তৈরী করে। যেমন:



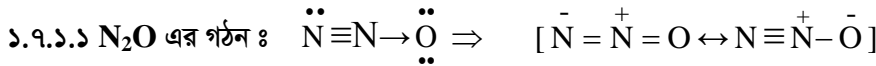
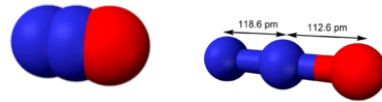
১.৭.০ নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

নাইট্রোজেনের মোট পাঁচটি অক্সাইড আছে। সারণি-১.৭ এ নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহের নাম, সংকেত ও ভৌতাবস্থা দেখানো হয়েছে।

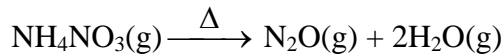
[সারণি-১.৭ : নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহের নাম, সংকেত, প্রকৃতি ও ভৌতাবস্থা]

অক্সাইডের নাম	সংকেত	প্রকৃতি	ভৌতাবস্থা
১। নাইট্রাস অক্সাইড (লাফিং গ্যাস)	N_2O	নিরপেক্ষ	বর্ণহীন গ্যাস
২। নাইট্রিক অক্সাইড	NO	নিরপেক্ষ	বর্ণহীন গ্যাস
৩। নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড	N_2O_3	অম্লধর্মী	নীল তরল
৪। নাইট্রোজেন পার অক্সাইড বা ডাই নাইট্রোজেন টেট্রা অক্সাইড	$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$	অম্লধর্মী	বাদামী গ্যাস
৫। ডাই নাইট্রোজেন পেন্টা অক্সাইড	N_2O_5	অম্লধর্মী	বর্ণহীন কঠিন

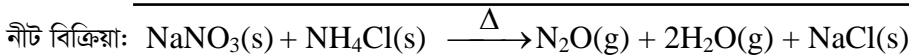
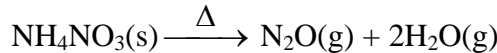
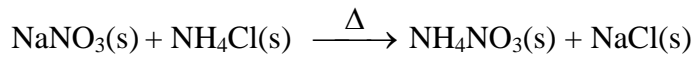
১.৭.১ নাইট্রাস অক্সাইড(Nitrous oxide, N_2O)



১.৭.১.২ N_2O এর প্রস্তুতি: অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এটি তাপ বিয়োজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



NH_4NO_3 একটি অস্থায়ী যৌগ বলে সাধারণত $NaNO_3$ ও NH_4Cl এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে N_2O গ্যাস তৈরী করা হয়।



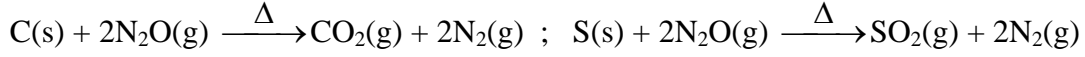
১.৭.১.৩ N_2O এর ভৌত ধর্ম:

N_2O একটি বর্ণহীন প্রশম গ্যাস। এর মিষ্টি গন্ধ আছে। নিঃশ্বাসের সাথে N_2O গ্যাস গ্রহণ করলে এটি রক্তের সাথে মিশে মানব দেহের স্নায়ু তন্ত্রের হাসি উদ্বেককারী অংশকে সক্রিয় করে তুলে; এই কারণে N_2O গ্যাসে নিঃশ্বাস নিলে মানুষ হাসতে

থাকে। নিঃশ্বাসে N_2O গ্যাসের পরিমাণ বেশি হলে মানুষ হাসতে হাসতে অজ্ঞান হয়ে যায়; এনকি মারাও যেতে পারে। N_2O গ্যাস মানুষকে হাসায় বলে একে লাফিং গ্যাস বলে। দ্বিতীয় বিশ্ব যুদ্ধে শত্রু পক্ষকে হাসিয়ে ঘায়েল করার জন্য লাফিং গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছিল।

১.৭.১.৪ N_2O এর রাসায়নিক ধর্ম :

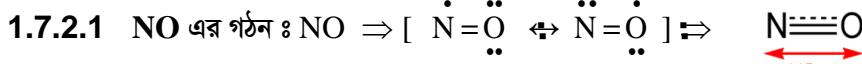
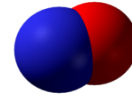
সাধারণ অবস্থায় N_2O বেশ নিষ্ক্রিয় ও প্রশম। উত্তপ্তাবস্থায় এটি বিয়োজিত হয়ে N_2 ও পারমানবিক অক্সিজেন তৈরী করে এবং জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন: N_2O জ্বলন্ত কার্বন, সালফার ও ফসফরাসকে জারিত করে অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হয়ে N_2 গ্যাসে পরিণত হয়।



১.৭.১.৫ N_2O এর ব্যবহার :

এটি শত্রু পক্ষকে ঘায়েল করতে লাফিং গ্যাস হিসাবে এবং মৃদু চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রকেটে ব্যবহৃত জ্বালানির জারক হিসাবে অক্সিজেনের সাথে ৫০-৫০ মিশ্রণ তৈরীতে নাইট্রাস অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া, মায়েদের প্রসব কালে, ট্রমা সারজারীতে ও হার্ট অ্যাটাককারী রোগীদের ব্যাথা উপসমে নাইট্রাস অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

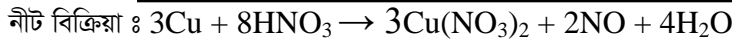
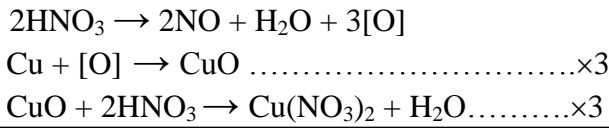
১.৭.২ নাইট্রিক অক্সাইড(Nitric oxide, NO)



115 pm

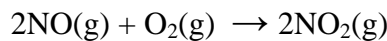
১.৭.২.২ NO এর পরীক্ষাগার প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে কপার কুচি ও মধ্যম গাঢ় (50%) নাইট্রিক এসিডের বিক্রিয়া দ্বারা NO গ্যাস তৈরী করা হয়। এখানে নাইট্রিক এসিড কপারকে জারিত করে কপার(II)নাইট্রেটে পরিণত করে; পাশাপাশি নাইট্রিক এসিড কপার দ্বারা বিজারিত হয়ে NO গ্যাস তৈরী করে।

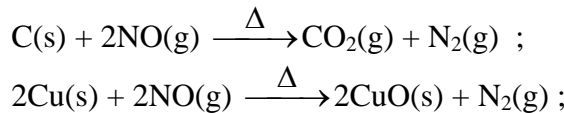


১.৭.২.৩ NO এর ধর্ম :

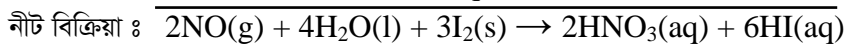
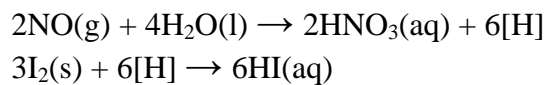
NO গ্যাস বর্ণহীন প্রশম গ্যাস। এটি পানিতে সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়। এটি নিজে জ্বলে না এবং অন্যকে জ্বলতেও সাহায্য করে না। NO গ্যাস বায়ুর সংস্পর্শে আসামাত্র বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস সৃষ্টি করে।



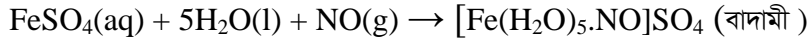
(ক) NO এর জারণ ধর্ম : উত্তপ্তাবস্থায় NO জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন: NO জ্বলন্ত কার্বন, সালফার ও ফসফরাস ইত্যাদি অধাতুকে এবং উত্তপ্ত কপার, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হয়ে N_2 গ্যাসে পরিণত হয়।



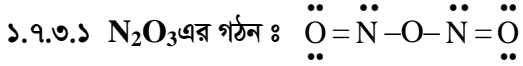
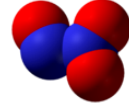
(খ) NO এর বিজারণ ধর্ম : অর্ধ NO গ্যাস বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন: আয়োডিনের লঘু জলীয় দ্রবণে NO গ্যাস চালনা করলে এটি আয়োডিনকে বিজারিত করে HI এ পরিণত করে এবং নিজে আয়োডিন দ্বারা জারিত হয়ে HNO_3 এ পরিণত হয়।



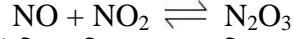
(গ) NO এর জটিল যৌগ গঠন: NO গ্যাস কক্ষ তাপমাত্রায় $FeSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে শোষিত হয়ে পেন্টাঅ্যাকুয়া নাইট্রোসো ফেরেট(II)সালফেটের বাদামী বর্ণের জটিল যৌগ গঠন করে।



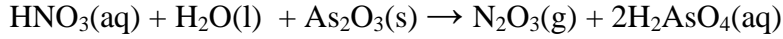
১.৭.৩ নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড(Dinitrogen trioxide, N_2O_3)



১.৭.৩.২ N_2O_3 এর প্রস্তুতি: সম পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডের মিশ্রণকে -21°C কর তাপমাত্রার নিচে শীতল করলে N_2O_3 গ্যাস তৈরী হয়।

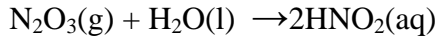


মধ্যম গাঢ় (50%) নাইট্রিক এসিডকে আরসেনিয়াস অক্সাইডের সাথে উত্তপ্ত করলে N_2O_3 গ্যাস তৈরী হয়।

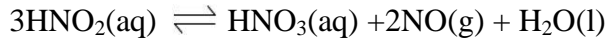


১.৭.৩.৩ N_2O_3 এর ধর্ম: সাধারণ তাপমাত্রায় N_2O_3 বাদামী বর্ণের NO ও NO_2 এর মিশ্রণ হিসাবে বিরাজ করে। উক্ত মিশ্রণকে -21°C তাপমাত্রার নিচে শীতল করলে নীল বর্ণের N_2O_3 তরল তৈরী হয়।

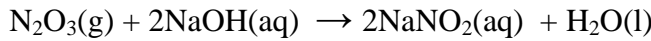
N_2O_3 একটি অল্প ধর্মী অক্সাইড। এটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রাস এসিড তৈরী করে বলে একে 'নাইট্রাস এনহাইড্রাইড' বলে।



HNO_2 একটি অস্থায়ী এসিড। তাৎক্ষণিকভাবে ব্যবহার না করা হলে এটি বিয়োজিত হয়ে নাইট্রিক এসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

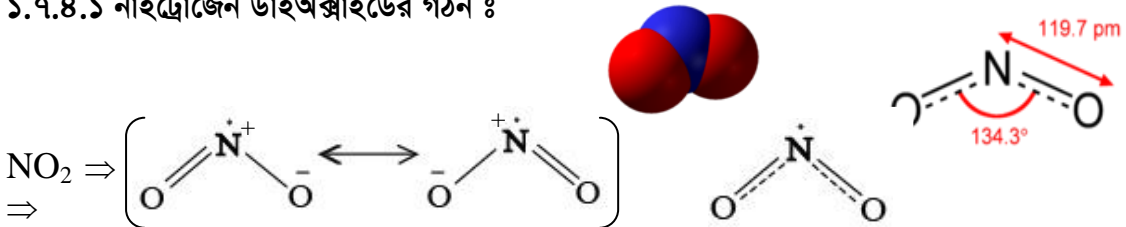


N_2O_3 ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে স্থায়ী নাইট্রাইট লবণ তৈরী করে; এতে প্রমাণিত হয় যে N_2O_3 একটি অল্পধর্মী অক্সাইড।

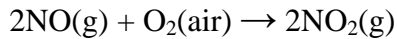


১.৭.৪ নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড(NO_2) ও ডাই নাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড(N_2O_4)

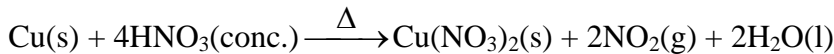
১.৭.৪.১ নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডের গঠন :



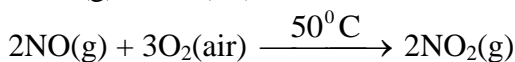
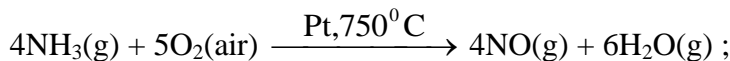
১.৭.৪.২ NO_2 এর প্রস্তুতি : NO গ্যাসকে বায়ুর সংস্পর্শে আনলে এটি বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে NO_2 গ্যাস তৈরী হয়।



পরীক্ষাগারে লেড নাইট্রেটকে তাপবিয়োজিত করে অথবা কপার কুচি ও ঠাণ্ডা গাঢ় নাইট্রিক এসিডের বিক্রিয়া দ্বারা NO_2 গ্যাস তৈরী করা হয়। NO_2 কে নাইট্রোজেন পার অক্সাইডও বলা হয়।



তাছাড়া, অ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রভাবকীয় জারণ ঘটিয়ে উৎপন্ন NO গ্যাসকে শীতল করে বায়ু দ্বারা জারিত করলে NO_2 তৈরী হয়।

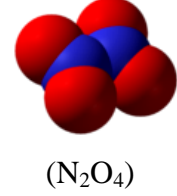
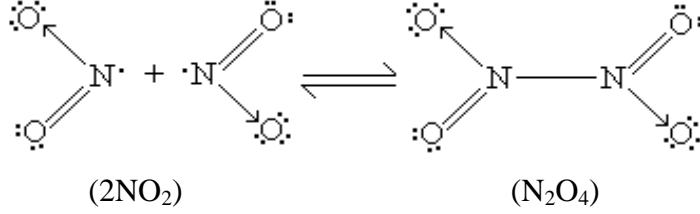
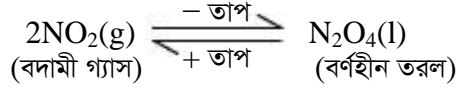


১.৭.৪.৩ NO_2 এর ধর্ম : NO_2 একটি বাদামী বর্ণের তীব্র ঝাবালো গন্ধযুক্ত গ্যাস।

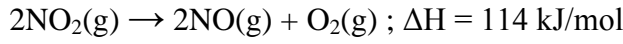


[চিত্র : ১.৪ NO_2 গ্যাসপূর্ণ বোতল]

একে শীতল করলে এর দুটি করে অনু যুক্ত হয়ে ডাই নাইট্রোজেন টেট্রাক্সাইড (N_2O_4) গঠন করে। N_2O_4 হলো বর্ণহীন তরল পদার্থ। $140^\circ C$ তাপমাত্রার নিচে NO_2 ও N_2O_4 সাম্যাবস্থায় বিরাজ করে।



$-11.2^\circ C$ তাপমাত্রায় N_2O_4 জমাট বেধে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। NO_2 গ্যাসকে $150^\circ C$ উত্তপ্ত করলে এটি বিয়োজিত হয়ে NO_2 ও O_2 তৈরী করে।



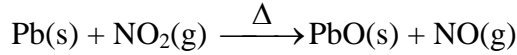
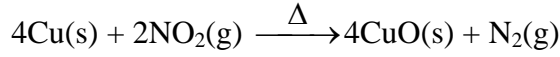
১.৭.৪.৪ NO_2 এর এর অম্ল ধর্ম tNO_2 একটি অম্লধর্মী অক্সাইড। তাই এটি ঠান্ডা পনিতে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রিক এসিড ও নাইট্রাস এসিড তৈরী করে। এজন্য NO_2 কে নাইট্রিক ও নাইট্রাস এসিডের মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড বলে।



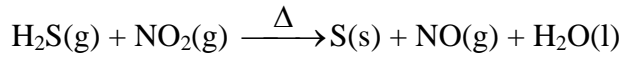
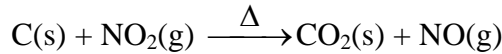
আবার, NO_2 ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় NO_2 অম্লধর্মী।



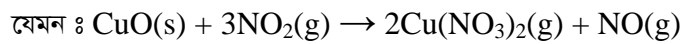
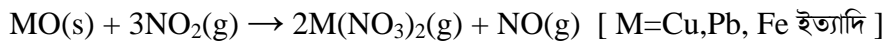
১.৭.৪.৫ NO_2 এর এর জারণ ধর্ম NO_2 একটি জারণধর্মী অক্সাইড। উত্তপ্তাবস্থায় এটি Fe, Cu, Pb ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে অক্সাইডে পরিণত করে।



তাহাড়া, NO_2 কার্বনকে জারিত করে CO_2 এবং H_2S কে জারিত করে এ থেকে S বিমুক্ত করে।

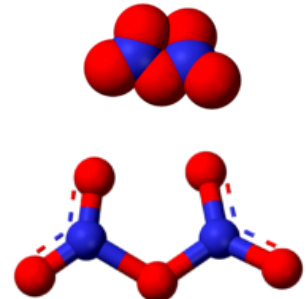
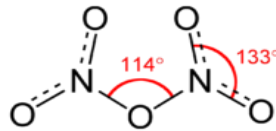
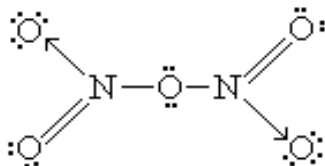


১.৭.৪.৬ NO_2 এর ব্যবহার NO_2 অনাদ্র ধাতু নাইট্রেট তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

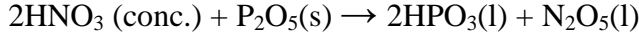


১.৭.৫ ডাই নাইট্রোজেন পেন্টাক্সাইড বা নাইট্রোজেন পেন্টাক্সাইড (N_2O_5)

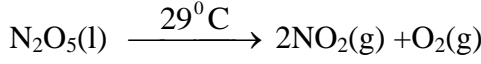
১.৭.৫.১ N_2O_5 এর গঠন :



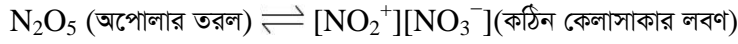
১.৭.৫.২ N₂O₅ এর প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে গাঢ় নাইট্রিক এসিডকে P₂O₅ দ্বারা নিরুদিত করে N₂O₅ তৈরী করা হয়। পরীক্ষাগারে একটি কাচের রিটর্টে গাঢ় HNO₃ ও P₂O₅ মিশ্রণ নিয়ে পনিগাহে বসিয়ে উত্তাপ দিয়ে পাতন করা হয়। গ্রাহক ফ্লাস্কে পাতিত তরল হিসাবে কমলা বর্ণের N₂O₅ জমা হয়। রিটর্টে অবশেষ রূপে মেটা ফসফরিক এসিড পড়ে থাকে।



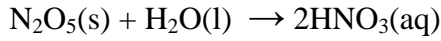
১.৭.৫.৩ N₂O₅ এর ধর্ম : কঠিন অবস্থায় N₂O₅ একটি বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। কক্ষ তাপমাত্রায় এটি হলুদ বর্ণের তরল অবস্থায় বিরাজ করে। কক্ষ তাপমাত্রায় তরল N₂O₅ ধীরে ধীরে বিয়োজিত ও উর্ধ্বপাতিত হয়ে NO₂ ও O₂ গ্যাস তৈরী করে। 50°C তাপমাত্রায় তরল N₂O₅ উচ্চ বিয়োজন দ্রুত ও বিস্ফোরণসহ ঘটে।



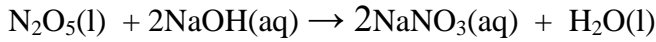
N₂O₅ একটি বিরল যৌগের উদাহরণ যা অবস্থার প্রেক্ষিতে অপোলার সমযোজী ও আয়নিক প্রকৃতির লবণ (নাইট্রোনিয়াম নাইট্রেট) উভয়রূপে থাকতে পারে।



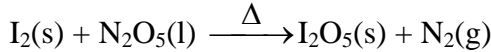
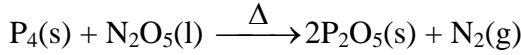
১.৭.৫.৪ N₂O₅ এর অম্ল ধর্ম : N₂O₅ একটি অম্লধর্মী অক্সাইড। তাই এটি পানি গ্রাসী তরল। এটি পানি শোষণ করে নাইট্রিক এসিড তৈরী করে। এজন্য N₂O₅ কে নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড বলে।



তাছাড়া, N₂O₅ ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় N₂O₅ অম্লধর্মী।



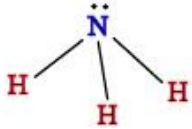
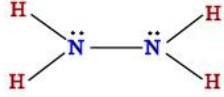
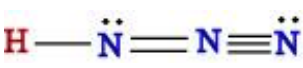
১.৭.৫.৫ N₂O₅ এর জারণ ধর্ম : N₂O₅ একটি জারণধর্মী অক্সাইড। উল্লম্বস্থায় এটি P₄, I₂ ইত্যাদিকে জারিত করে অক্সাইডে পরিনত করে এবং নিজে বিজারিত হয়ে N₂ গ্যাসে পরিনত হয়।



১.৭.৫.৬ N₂O₅ এর ব্যবহার : কঠিন N₂O₅ এ নাইট্রোনিয়াম ক্যাটায়ন (NO₂⁺) ও নাইট্রেট আয়ন(NO₃⁻) বিদ্যমান রয়েছে বলে এর ক্যাটায়নকে ধাতু বা অ্যামোনিয়াম আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে নাইট্রেট লবণ তৈরী করা যায়।

১.৮.০ নাইট্রোজেনের হাইড্রাইড (Hydrides of Nitrogen)

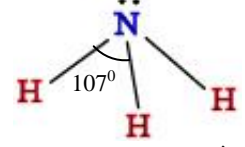
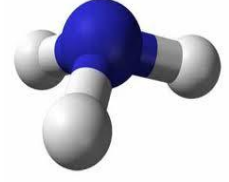
নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে ৩টি সুস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে। সারণি-১.৮ এ নাইট্রোজেনের হাইড্রাইডসমূহের নাম সংকেত ও গঠন দেখানো হয়েছে।

নাইট্রোজেনের হাইড্রাইড	সংকেত	গঠন(Structure)
১। অ্যামোনিয়া(Ammonia)	NH ₃	
২। হাইড্রাজিন(Hydrazine)	N ₂ H ₄	
৩। হাইড্রাজিক এসিড(Hydrazoic acid) বা হাইড্রোজেন অ্যাজাইড	HN ₃	

নাইট্রোজেনের হাইড্রাইডগুলোর বহুবিদ ব্যবহার রয়েছে। নাইট্রোজেন সার উৎপাদনে অ্যামোনিয়ার গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। হাইড্রাজিন ও প্রতিস্থাপিত হাইড্রাজিনসমূহ বিকারক ও রকেট ও মিসাইলে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রাজিক এসিডের ভারী ধাতুর লবণ বিস্ফোরণ সংঘটক(detector) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১.৮.১ অ্যামোনিয়া (Ammonia)

অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেনের একটি অন্যতম হাইড্রাইড। সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া একটি সমযোজী যৌগ। এর অনুর গঠন ত্রিকোণীয় পিডামিড আকৃতির। অ্যামোনিয়ার অনুরে H-N-H বন্ধন কোণ 107° । জোসেফ প্রিস্টলি (Joseph Priestley) 1775 সালে সর্বপ্রথম Sal ammoniac (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) ও slaked lime (কলিচুন) এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে অ্যামোনিয়া গ্যাস তৈরী করেন। 1785 সালে লুইস বার্থলেট এর সংযুক্তি নির্ণয় করেন।

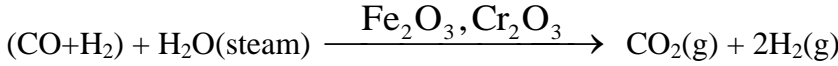
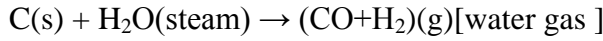
[চিত্র : NH₃ অনুর গঠন]

১.৮.২ অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক বা শিল্প উৎপাদন

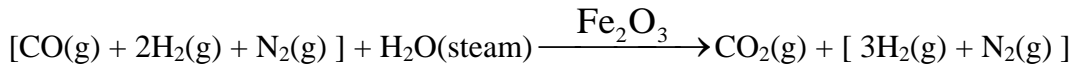
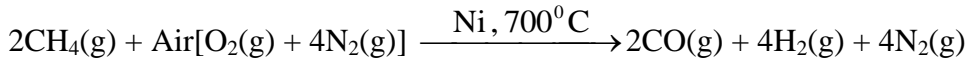
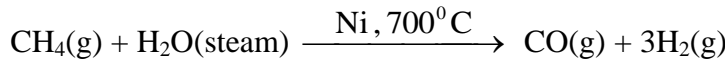
অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের মূল উপাদান হলো নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস। ১৯০৯ সালে উচ্চ চাপ প্রয়োগকারী যন্ত্র (Compressor) উদ্ভাবনের পর জার্মান রসায়নবিদ ফ্রিজ হেবার সর্বপ্রথম তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাসের সাথে হাইড্রোজেন গ্যাসের বিক্রিয়া দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপাদনে সমর্থ হন। পরবর্তীতে জার্মান কেমিক্যাল কোম্পানীর সত্বাধিকারী কার্ল বস (Carl Bosch) হেবারের সাথে যুক্ত হন। বস লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়ে স্টীম চালনা করে ওয়াটার গ্যাস (CO+H₂) প্রস্তুত করে একে স্টীমসহ (Fe₂O₃+Cr₂O₃) প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করে এর CO জারিত করে CO₂ গ্যাসে পরিনত করেন। CO₂ যুক্ত মিশ্রণকে মৃদু ক্ষারীয় দ্রবণে চালনা করলে তা CO₂ মুক্ত করেন।



[চিত্র : Fritz Haber]



বসের জার্মান কেমিক্যাল কোম্পানী তরল বায়ু থেকে উৎপন্ন N₂ গ্যাস এবং বস পদ্ধতিতে উৎপন্ন H₂ গ্যাসের ১ : ৩ অনুপাত মিশ্রণ তৈরী করে হেবার পদ্ধতিতে ১৯১৩ সালে সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক উৎপাদন শুরু করেন। অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক উৎপাদন উদ্ভাবনের জন্য ১৯১৮ সালে ফ্রিজ হেবারকে এবং ১৯৩১ সালে কার্ল বসকে নোবেল পুরস্কার প্রদান করা হয়। বর্তমানে হেবার-বস পদ্ধতিকে পরিবর্তিত করে বাংলাদেশসহ বিভিন্ন দেশে কাঁচামাল হিসাবে বায়ু, স্টীম ও প্রাকৃতিক গ্যাস বা Light petroleum gas (LPG) ব্যবহার করে অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক উৎপাদন করা হয়। এক্ষেত্রে, প্রাকৃতিক গ্যাস বা LPG (light petroleum gas) এর সাথে স্টীম ও প্রয়োজনীয় পরিমাণ বায়ু মিশ্রিত করে 700⁰C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করে CO, H₂ ও N₂ গ্যাস মিশ্রণ তৈরী করা হয়। উৎপাদিত গ্যাস মিশ্রণকে আয়রণ অক্সাইড প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করলে এর সমস্ত CO জারিত হয়ে CO₂ এ পরিনত হয়। CO₂ যুক্ত মিশ্রণকে উপযুক্ত কোন মৃদু ক্ষারীয় (Na₂CO₃) দ্রবণের মধ্যদিয়ে চালনা করে CO₂ মুক্ত করে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের জন্য N₂ ও H₂ গ্যাসের ১:৩ অনুপাত মিশ্রণ তৈরী করা হয়।



১.৮.৩ হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক বা শিল্প উৎপাদন

(ক) মূলনীতি : জার্মান রসায়নবিদ ফ্রিজ হেবার N₂ ও H₂ গ্যাসের মধ্যে নিম্নোক্ত সংখ্যানুপাতিক সমীকরণানুযায়ী বিক্রিয়া ঘটিয়ে NH₃ গ্যাস সংশ্লেষণ করেন।



লক্ষণীয় যে, NH₃ গ্যাস সংশ্লেষণের উক্ত বিক্রিয়াটি-

- ১) উভয়মুখী (বিক্রিয়াটি একই সময়ে সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় দিকে চলে),
- ২) তাপোৎপাদী (প্রতি মোল NH₃ গ্যাস উৎপাদনের জন্য 92.4 কিলোজুল তাপ নির্গত হয়),
- ৩) গ্যাসীয় এবং এতে আয়তনের সংকুচন ঘটে; কারণ 4 মোল বিক্রিয়ক (1 মোল N₂ ও 3 মোল H₂) 2 মোল উৎপাদ (NH₃) গঠন করে। একই তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসসমূহের মোলার আয়তন সমান।

সুতরাং রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সম্পর্কিত লা-শাতেলিয়েরের নীতি (Le Chatelier's principle) অনুযায়ী উক্ত বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রায় এবং উচ্চ চাপে এর সাম্যাবস্থার অবস্থান ডানে সরে গিয়ে অ্যামোনিয়ার উৎপাদনের হার বৃদ্ধি করবে। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় বিক্রিয়ার হার খুবই কম হওয়ায় এর সাম্যাবস্থায় পৌঁছতে অনেক সময় লাগে। ফলে নিম্ন তাপমাত্রায় খুবই নিম্ন হারে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং অ্যামোনিয়ার বানিজ্যিক উৎপাদন অলাভজনক হয়। তাই রসায়নবিদগণ হেবার পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ পরিমাণে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের জন্য উপযুক্ত প্রভাবক ব্যবহার করে বিক্রিয়া পরিবেশের তাপমাত্রা ও চাপ উপযুক্ত পরিমাণে বৃদ্ধি করে অত্যনুকূল শর্তাবলী (Optimum Conditions) নির্ধারণ করেন।

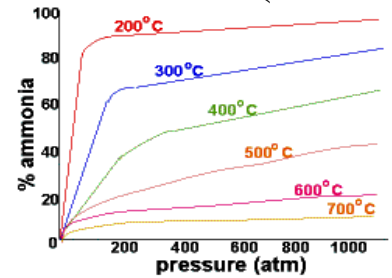
হেবার পদ্ধতিতে N_2 ও H_2 গ্যাস হতে সর্বোচ্চ পরিমাণ NH_3 উৎপাদনের শর্তাবলী :

১। উপযুক্ত প্রভাবকের ব্যবহার : রসায়নবিদগণ অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের উভয়মুখী বিক্রিয়াটির দ্রুত সাম্যাবস্থা অর্জনের লক্ষ্যে উপযুক্ত প্রভাবক হিসাবে লোহার গুড়া (Iron dust) এবং প্রভাবক সহায়ক হিসাবে মলিবডেনাম (Mo) বা Al_2O_3 গুড়া ব্যবহার করেন। ব্যবহৃত প্রভাবক সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তিকে সমান হারে হ্রাস করে দ্রুত রাসায়নিক সাম্যাবস্থা অর্জনে সহায়তা করে। সাম্যাবস্থায় কৌশলে পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার গতি তথা NH_3 এর বিয়োজন হার হ্রাস করে NH_3 উৎপাদনের হার বাড়ানো হয়।

২।

৩। বিক্রিয়া পরিবেশকে অত্যনুকূল তাপমাত্রায় রাখা : অত্যনুকূল তাপমাত্রা হলো উপযুক্ত চাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া পরিবেশের এমন একটি তাপমাত্রা যাতে সর্বোচ্চ পরিমাণে উৎপাদ পাওয়া যায়। পরীক্ষালব্ধ ফলাফল বিশ্লেষণ করে দেখা যায় যে উপযুক্ত চাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া পরিবেশের তাপমাত্রা $400^\circ C$ হতে $550^\circ C$ এ স্থির রাখলে সর্বোচ্চ পরিমাণে NH_3 উৎপাদন সম্ভব হয়। তাই বিক্রিয়া পরিবেশের অত্যনুকূল তাপমাত্রা $400^\circ C - 550^\circ C$ নির্ধারণ করা হয়।

৪। বিক্রিয়া পরিবেশে অত্যনুকূল চাপ বজায় রাখা : উক্ত বিক্রিয়াটিতে আয়তনের হ্রাস ঘটে (মোট ৪ আয়তন বিক্রিয়ক ২ আয়তন উৎপাদে পরিণত হয়) বলে বিক্রিয়াটি যতই সম্মুখ দিকে অগ্রসর হতে থাকে তাতে বিক্রিয়া পরিবেশের চাপ হ্রাস পেতে থাকে। তাই, লা-শাতেলিয়েরের নীতি অনুযায়ী এক্ষেত্রে বিক্রিয়া পরিবেশের চাপ বৃদ্ধি করলে উক্ত চাপ বিক্রিয়কের আয়তনকে হ্রাস করে বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার অবস্থানকে ডানে সরাবে; ফলে NH_3 উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। পরীক্ষালব্ধ ফলাফল বিশ্লেষণ করে দেখা যায় $200^\circ C$ তাপমাত্রায় এবং 750atm বিক্রিয়কসমূহের প্রায় 100% বিক্রিয়া করে NH_3 তে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু 750atm চাপ প্রয়োগকারী যন্ত্রপাতির স্থাপন ব্যয় অনেক বেশি বলে NH_3 উৎপাদন প্রক্রিয়াটি বানিজ্যিকভাবে অলাভজনক হয়ে পরে। তবে অত্যনুকূল তাপমাত্রায় সল্প ব্যয়ে স্থাপিত পেষণ যন্ত্রের সাহায্যে 200atm চাপ প্রয়োগ করলে NH_3 উৎপাদন প্রক্রিয়াটি লাভজনক হয়। তাই এক্ষেত্রে অত্যনুকূল চাপ হিসাব 200atm প্রয়োগ করা হয়।



৫। উৎপন্ন NH_3 কে বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে দ্রুত সরিয়ে নেয়া : বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে উৎপন্ন NH_3 গ্যাসকে দ্রুত সরিয়ে নিলে উত্তাপে NH_3 এর বিয়োজন তথা পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার হ্রাস পায়। এভাবেও NH_3 এর উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে অপরিবর্তিত বিক্রিয়কসহ ($N_2 + H_2$) উৎপন্ন NH_3 গ্যাসকে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে দ্রুত সরিয়ে নিয়ে শীতকের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়; ফলে NH_3 গ্যাস তরলীভূত হয়ে মিশ্রণ থেকে আলাদা হয় এবং অপরিবর্তিত বিক্রিয়কগুলো গ্যাসীয় অবস্থায় শীতক থেকে বেরিয়ে আসে। অপরিবর্তিত বিক্রিয়কগুলোকে পুনঃব্যবহার (re-cycle) করলে NH_3 উৎপাদনের মাত্রা আরো বেড়ে যায়।

(খ) হেবার পদ্ধতির বর্ণনা :

১। প্রাকৃতিক গ্যাস বা LPG (light petroleum gas) এর সাথে স্টীম ও প্রয়োজনীয় পরিমাণ বায়ু মিশ্রিত করে $700^\circ C$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করে CO , H_2 ও N_2 গ্যাস মিশ্রণ তৈরী করা হয়।

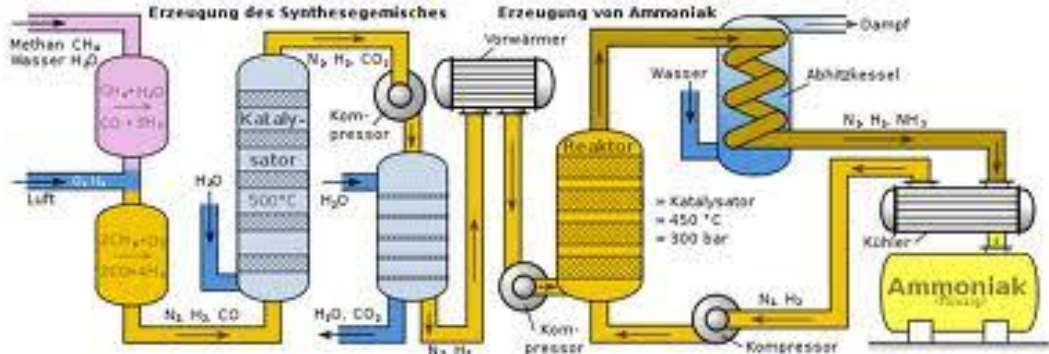
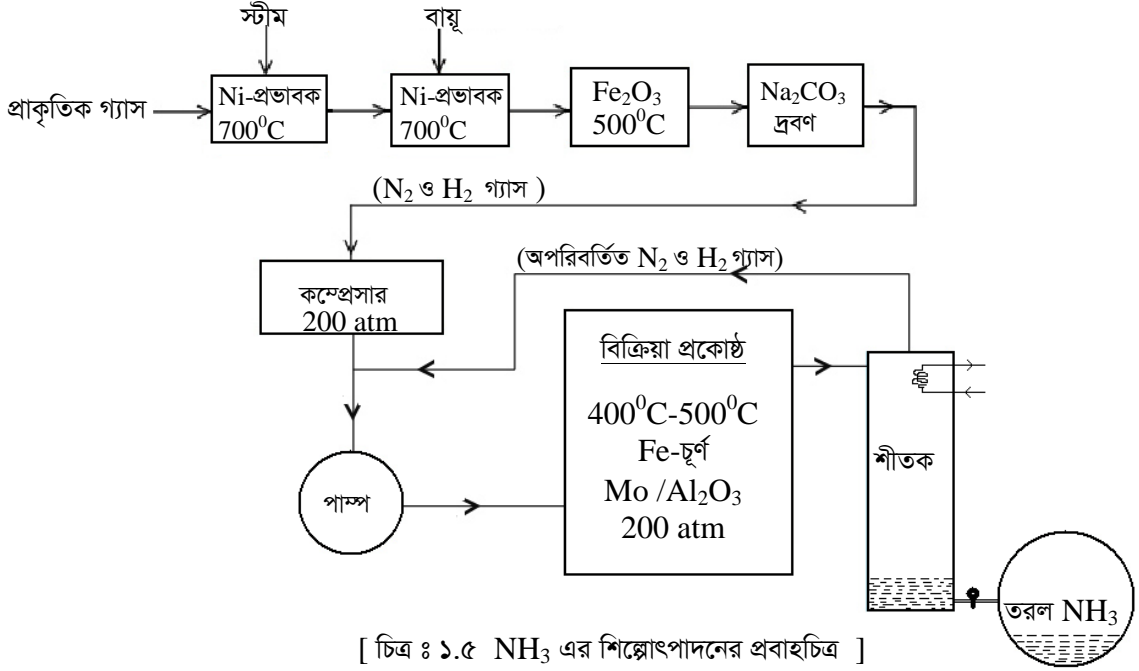
২। উৎপাদিত গ্যাস মিশ্রণকে আয়রণ অক্সাইড প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করলে এর সমস্ত CO জারিত হয়ে CO_2 এ পরিণত হয়।

৩। CO_2 যুক্ত মিশ্রণকে উপযুক্ত কোন মৃদু ক্ষারীয় (Na_2CO_3) দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে CO_2 মুক্ত করে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের জন্য N_2 ও H_2 গ্যাসের ১ : ৩ অনুপাত মিশ্রণ তৈরী করা হয়।

৪। N_2 ও H_2 গ্যাসের ১ : ৩ অনুপাত মিশ্রণকে কপ্রেসারের সাহায্যে 200atm চাপে সংকুচিত করে স্টীল নির্মিত বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে নিচ দিক থেকে সরবরাহ করা হয়। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে সূক্ষ্ম লোহা ও মলিবডেনামের গুড়া প্রভাবক

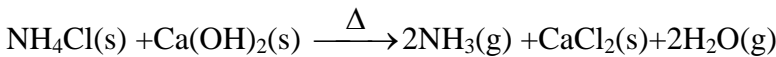
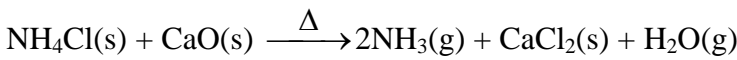
বেডসমূহে ছড়িয়ে রাখা হয়। পাশাপাশি তাপ বিনিময়ক নলের মাধ্যমে অতিতপ্ত স্টীম চালনা করে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠের অভ্যন্তরের তাপমাত্রা 400°C - 500°C এ স্থির রাখা হয়। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে প্রভাবকে উপস্থিতিতে অত্যনুকূল তাপমাত্রা ও চাপে সরবরাহকৃত N_2 ও H_2 গ্যাসের 15-20% বিক্রিয়া করে NH_3 গ্যাসে পরিবর্তিত হয়।

- ৬। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠের চূড়া থেকে উৎপন্ন NH_3 গ্যাসকে অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 গ্যাসসহ দ্রুত সরিয়ে শীতকের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়; ফলে NH_3 গ্যাস তরলীভূত হয়ে মিশ্রণ থেকে আলাদা হয়ে গ্রাহক ট্যাঙ্কে জমা হয় এবং অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 গ্যাসীয় অবস্থায় শীতক থেকে বেরিয়ে আসে।
- ৭। শীতক থেকে বেরিয়ে আসা অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 গ্যাসকে পুনঃব্যবহারের জন্য পাম্প করে নলের মাধ্যমে পেষণ যন্ত্রে পাঠানো হয়। প্রক্রিয়াটিতে অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 গ্যাসকে বার বার পুনঃব্যবহার(রিসাইকেল) করে ব্যবহৃত N_2 ও H_2 এর সামগ্রিক কনভারশনের মাত্রা 98% এ উন্নীত করা যায়।



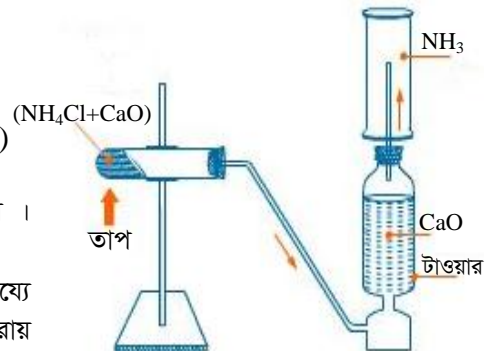
১.৮.৪ অ্যামোনিয়ার পরীক্ষাগার প্রস্তুতি

মূলনীতি : পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাথে কুইক লাইম(CaO) বা কলিচুন [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] মিশিয়ে প্রাপ্ত মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।



এভাবে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসের সাথে পানি বাষ্প মিশ্রিতাবস্থায় থেকে যায়। তাই অ্যামোনিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করা প্রয়োজন।

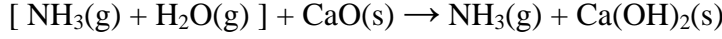
পদ্ধতির বর্ণনা : একটি মর্টারে কলিচুন বা শুষ্ক চুন নিয়ে পেস্টলের সাহায্যে ভালভাবে পিষে এর সাথে অর্ধেক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নিয়ে পুনরায় ভালভাবে মিশিয়ে মিশ্রণকে একটি শক্ত ও মোটা পরীক্ষানলে নেয়া হয়। পরীক্ষানলের মুখে রাবার কর্কের সাহায্যে একটি নির্গম নল যুক্ত করে একে স্ট্যান্ড ও



[চিত্র : ১.৬ পরীক্ষাগারে NH_3 গ্যাস প্রস্তুতি]

ক্ল্যাম্পের সাহায্যে কিছুটা সামনের দিকে কাৎ করে আটকানো হয়। নির্গমন নলের শেষ প্রান্তটি একটি চুনপূর্ণ টাওয়ারের নিচ দিকে যুক্ত করা হয়। পরীক্ষানলের মিশ্রণকে বুনসেন বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী আদ্র NH_3 গ্যাস তৈরী হয়।

আদ্র অ্যামোনিয়া গ্যাসের শুষ্ককরণ : পরীক্ষাগারে আদ্র (পানিবাস্পযুক্ত) NH_3 গ্যাসকে সাধারণত শুষ্ক চুন দ্বারা পানিমুক্ত করে শুষ্ক করা হয়।

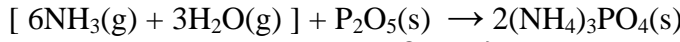


উল্লেখ্য যে, অ্যামোনিয়া ক্ষারকধর্মী হাইড্রাইড বলে আদ্র অ্যামোনিয়া গ্যাসকে অল্পধর্মী নিরুদক যেমন: গাঢ় H_2SO_4 বা P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করা যায় না। এক্ষেত্রে ক্ষারকধর্মী অ্যামোনিয়া অল্পধর্মী নিরুদকের সাথে প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে লবণ গঠন করে। ফলে NH_3 গ্যাস যৌগ হিসাবে আবদ্ধ হয়ে যায়।

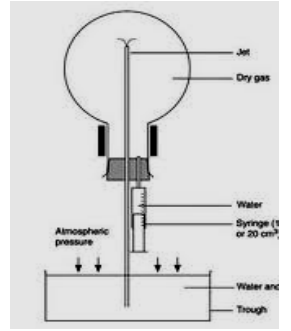
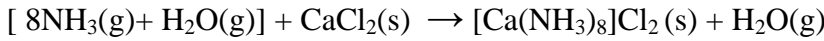
যেমন: আদ্র NH_3 গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করতে গেলে NH_3 সালফিউরিক এসিডের সাথে প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যামোনিয়াম সালফেট গঠন করে।



একইভাবে, আদ্র NH_3 গ্যাসকে P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করতে গেলে NH_3 প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যামোনিয়াম ফসফেট গঠন করে।



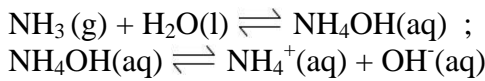
আরো লক্ষ্যনীয় যে, আদ্র NH_3 গ্যাসকে নিরুদনকারী পদার্থ, CaCl_2 দ্বারা শুষ্ক করা যায় না। এর কারণ হলো NH_3 এর N-পরমাণুতে এক জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকার কারণে এটি লিগান্ড হিসাবে ক্রিয়া করে। আদ্র NH_3 গ্যাসকে CaCl_2 দ্বারা শুষ্ক করতে গেলে NH_3 , CaCl_2 এর সাথে লিগান্ড হিসাবে যুক্ত হয়ে অক্টামিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।



১.৮.৫ অ্যামোনিয়ার ধর্ম

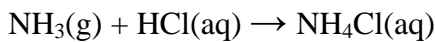
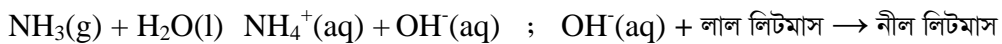
১.৮.৫.১ অ্যামোনিয়ার ভৌতধর্ম : অ্যামোনিয়া একটি তীব্র বাঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। এর স্ফুটনাংক -33.87°C

১.৮.৫.২ অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা : সাধারণ অবস্থায় এটি পানিতে বেশ দ্রবণীয়। এর জলীয় দ্রবণে প্রায় 35-40% NH_3 দ্রবীভূত থাকে। সাধারণ অবস্থায় পানিতে NH_3 গ্যাস চালনা করলে NH_3 পানির সাথে বিক্রিয়া করে মৃদু ক্ষারক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) গঠন করে। তাই NH_3 এর জলীয় দ্রবণকে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) বলে।

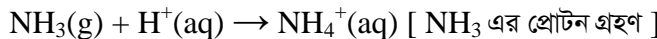


NH_4OH একটি মৃদু ক্ষারক। জলীয় দ্রবণে এর মাত্র 0.4% আয়নিত অবস্থায় থাকে। NH_3 এর সম্পূর্ণ জলীয় দ্রবণকে 'লিকার অ্যামোনিয়া' বা 'অ্যামোনিয়া স্পিরিট' বলে। লিকার অ্যামোনিয়ায় 35-40% NH_3 দ্রবীভূত থাকে।

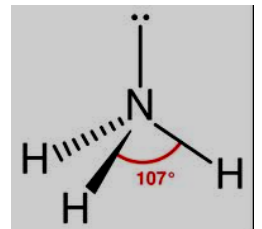
১.৮.৫.৩ অ্যামোনিয়ার ক্ষারকধর্মীতা : অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারকধর্মী হাইড্রাইড। যেমন: এর জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। এটি এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ তৈরী করে।



অল্প-ক্ষারকের প্রোটনীয় ধারণা অনুযায়ী এটি একটি প্রোটন(H^+) গ্রহণ করে NH_4^+ আয়ন গঠন করে ক্ষারকত্ব প্রকাশ করে।



অল্প-ক্ষারকের লুই(Lewis) ধারনানুসারে NH_3 একটি লুই ক্ষারক ; কারণ এটি কোন রাসায়নিক সত্তাকে এক জোড়া ইলেকট্রন দান করতে পারে।



[NH_3 -কৃত্রিম ফোয়ারা]



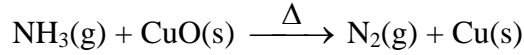
NH₃ এর ক্ষারকত্বের কারণ :

অ্যামোনিয়ার ক্ষারকত্বের মূলে রয়েছে এর অনুর N-পরমাণুতে এক জোড়া নিসঙ্গ জোড় ইলেকট্রনের উপস্থিতি, N-পরমাণু ক্ষুদ্রাকৃতি ও অধিক তড়িৎঋণাত্মক(তড়িৎঋণাত্মকতা 3.0)। 'H' অপেক্ষা 'N' অধিক তড়িৎঋণাত্মক হওয়ার কারণে NH₃ অনুর N—H বন্ধনগুলোতে বন্ধন জোড় ইলেকট্রন দুই নিউক্লিয়াসের মাঝামাঝি অবস্থান থেকে N -পরমাণুর দিকে অনেকটা সরে যায় ; ফলে NH₃ এর N পরমাণুতে ইলেকট্রনের পর্যাণ্ডতা ও ঘনত্ব বেড়ে যায় এবং NH₃ সহজেই প্রোটন গ্রহন করে প্রোটনীয় ক্ষারক অথবা অন্য কোন রাসায়নিক সত্তাকে সহজে এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে লুই ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

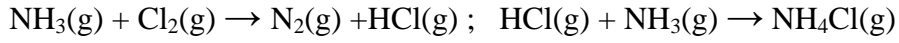
১.৮.৫.৪ অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্ম :

উপযুক্ত জারকের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়া বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

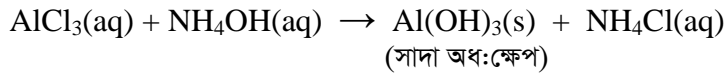
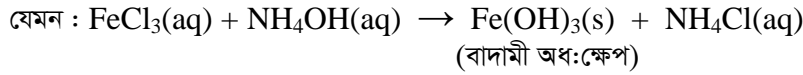
যেমন: (১) উত্তপ্ত CuO এর উপর দিয়ে NH₃ গ্যাস চালনা করলে NH₃, CuO বিজারিত করে ধাতব কপারে পরিনত করে এবং নিজে CuO দ্বারা জারিত হয়ে N₂ গ্যাসে পরিনত হয়।



(২) কক্ষ তাপমাত্রায় ক্লোরিন গ্যাসের সাথে অ্যামোনিয়া গ্যাস মিশ্রিত করলে অ্যামোনিয়া ক্লোরিনকে বিজারিত করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিনত করে যা অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া তৈরী করে।

**১.৮.৫.৫ অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়াসমূহ**

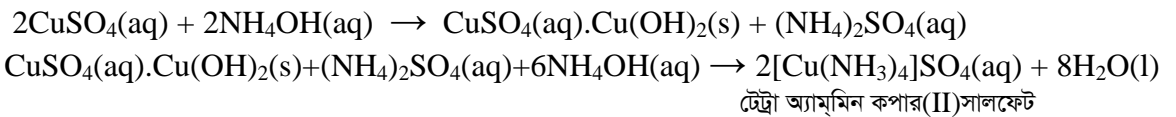
(১) Fe³⁺, Al³⁺ ইত্যাদি আয়নযুক্ত অজৈব লবণের দ্রবণের সাথে অ্যামোনিয়া দ্রবণ অধঃক্ষেপন বিক্রিয়া দেয়।



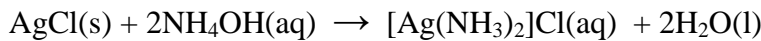
(২) d-ব্লক মৌলের লবণের দ্রবণের সাথে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করলে অ্যাম্মিন লিগান্ডযুক্ত জটিল যৌগ গঠিত হয়।

যেমন-

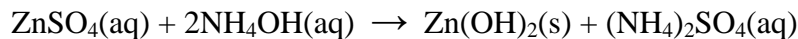
(ক) কপার(II)সালফেটের জলীয় দ্রবণে ধীরে ধীরে অতিরিক্ত পরিমাণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে ক্ষারীয় কপার (II) সালফেটের হালকা নীল দ্রবণ পরে টেট্রা অ্যাম্মিন কপার(II)সালফেটের গাঢ় নীল দ্রবণ তৈরী হয়।



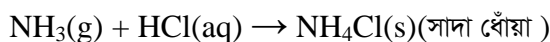
(খ) সিলভার ক্লোরাইডের সাথে অতিরিক্ত পরিমাণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণীয় ডাই অ্যাম্মিন সিলভার ক্লোরাইড তৈরী হয়। তাই অ্যামোনিয়া দ্রবণে কঠিন সিলভার ক্লোরাইড দ্রবীভূত হয়।



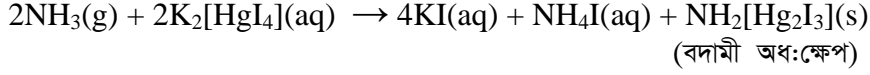
(গ) জিঙ্ক সালফেটের দ্রবণে ধীরে ধীরে অতিরিক্ত পরিমাণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে ; পরে উক্ত অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে টেট্রা অ্যাম্মিন জিঙ্ক সালফেট তৈরী করে।

**১.৮.৫.৬ অ্যামোনিয়া(NH₃) সনাক্তকরণ**

(ক) NH₃ সনাক্তকরণের শুষ্ক পরীক্ষা : NH₃ তীব্র বাবালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। NH₃-গ্যাসে হাইড্রোক্লোরিক এসিড সিন্ত কাঁচদণ্ড প্রবেশ করলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া তৈরী হয়।



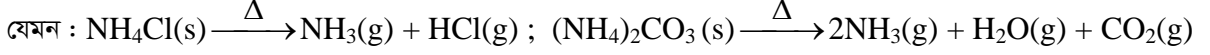
(খ) NH_3 সনাক্তকরণের সিক্ত পরীক্ষা : নেসলার বিকারকে (Nessler's Reagent) NH_3 গ্যাস চালনা করলে অ্যামিনো মারকিউরিক আয়োডাইডের বাদামী অধঃক্ষেপ তৈরী হয়।



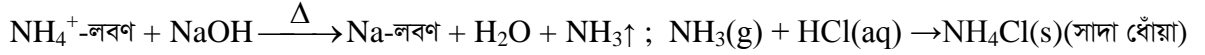
১.৮.৫.৭ অ্যামোনিয়াম আয়ন(NH_4^+) সনাক্তকরণ

(ক) NH_4^+ আয়ন সনাক্তকরণের শুরু পরীক্ষা :

(i) NH_4^+ -লবণকে উত্তপ্ত করলে তা তাপবিযোজিত হয়ে বাঝালো গন্ধযুক্ত NH_3 গ্যাস তৈরী করে।

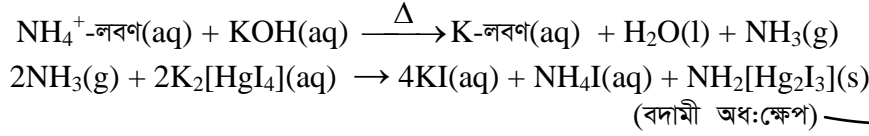


(ii) NH_4^+ -লবণের সাথে NaOH যুক্ত করে তাপ দিলে বাঝালো গন্ধযুক্ত NH_3 গ্যাস নির্গত হয়, যার মধ্যে HCl এসিড সিক্ত কাঁচদণ্ড প্রবেশ করলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া তৈরী হয়।



(খ) NH_4^+ আয়ন সনাক্তকরণের সিক্ত পরীক্ষা : NH_4^+ -লবণের দ্রবণের সাথে নেসলার বিকারক যোগ করলে অ্যামিনো মারকিউরিক আয়োডাইডের বাদামী অধঃক্ষেপ তৈরী হয়। বাদামী বর্ণের

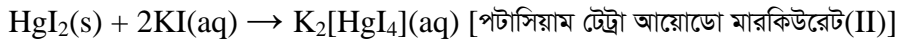
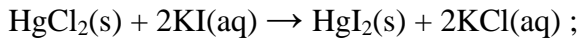
এই অধঃক্ষেপকে মিলন ক্ষারকের আয়োডাইড বলে।



১.৮.৫.৮ নেসলার বিকারক(Nessler's reagent) ও এর ব্যবহার

জার্মান কেমিস্ট জুলিয়াস নেসলার অ্যামোনিয়া সনাক্তকরণের জন্য একটি বিকারক তৈরী করেন, যাকে তার নাম অনুযায়ী 'নেসলার বিকারক' বলে। রাসায়নিকভাবে নেসলার বিকারক হলো পটাসিয়াম টেট্রা আয়োডো মারকিউরেট(II) এর 0.09 মোলার দ্রবণ ও KOH এর 2.5 মোলার দ্রবণের মিশ্রণ। সংক্ষেপে, পটাসিয়াম টেট্রা আয়োডো মারকিউরেট(II) এর KOH যুক্ত ক্ষারীয় দ্রবণই হলো "নেসলার বিকারক"।

প্রস্তুতি : মারকারী(II) ক্লোরাইডের দ্রবণে KI দ্রবণ যোগ করে প্রাপ্ত মারকারী (II) আয়োডাইডের লাল অধঃক্ষেপকে পৃথক করে এর সাথে প্রয়োজনীয় পরিমাণে আরো KI দ্রবণ যোগ করে উক্ত অধঃক্ষেপকে দ্রবীভূত করে পটাসিয়াম টেট্রা আয়োডো মারকিউরেট(II) এর 0.09M দ্রবণ তৈরী করা হয়। অতপর, 2.5M KOH দ্রবণ প্রস্তুত করে তাতে প্রস্তুতকৃত পটাসিয়াম টেট্রা আয়োডো মারকিউরেট(II) মিশিয়ে নিলেই "নেসলার বিকারক" তৈরী হয়।

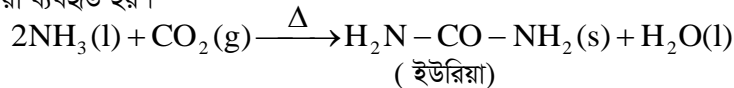


ব্যবহার : পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অ্যামোনিয়াম লবণে অ্যামোনিয়াম আয়নের উপস্থিতি সনাক্ত করণে নেসলার বিকারক ব্যবহৃত হয়।

১.৮.৫.৯ অ্যামোনিয়ার ব্যবহার এবং শৈল্পিক গুরুত্ব

অ্যামোনিয়ার ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। বিশেষকরে বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। নিম্নে তার কয়েকটি উল্লেখ করা হলো।

- ১। পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ তথা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- ২। হীমাগারে রিফ্রিজারেন্ট বা হিমায়ক গ্যাস হিসাবে (স্ফুটনাংক -33.87°C) অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।
- ৩। নাইট্রোজেন সার যেমন: ইউরিয়া, ডিএপি(ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট), অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি তৈরীতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।



- ৪। অসুওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিডের বানিজ্যিক উৎপাদনে কাঁচামাল হিসাবে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।
- ৫। বিভিন্ন প্লাস্টিক রেজিন যেমন: মেলামাইন, ইউরিয়া ফরমালডিহাইড রেজিন তৈরীতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।
- ৬। বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য যেমন: অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন (ইউরোট্রপিন), ইথানামাইড, অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিন ইত্যাদি তৈরীতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

৭। কৃত্রিম সিল্ক বা রেয়ন শিল্পে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

৮। অ্যাজাইড নামক বিস্ফোরক দ্রব্য তৈরীতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

১.৯.০ নাইট্রোজেনের অক্সিএসিডসমূহ (Oxyacids of Nitrogen)

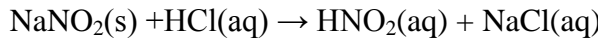
সারণি-১.৯ এ নাইট্রোজেনের অক্সিএসিডগুলোর নাম সংকেত ও গঠন দেখানো হয়েছে।

[সারণি-১.৯ঃ নাইট্রোজেনের অক্সিএসিড]

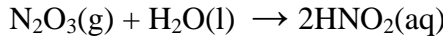
অক্সিএসিড	সংকেত	গঠন(Structure)	
১। নাইট্রোস এসিড	HNO ₂		
২। নাইট্রিক এসিড	HNO ₃		

১.৯.১ নাইট্রোস এসিড (HNO₂)

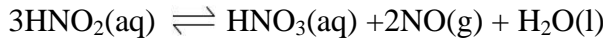
প্রস্তুতি : 5⁰C তাপমাত্রার নিচে সোডিয়াম নাইট্রাইডের সাথে হাইড্রোক্লোরিক এসিড যোগ করলে নাইট্রোস এসিড তৈরী হয়।



সরাসরি N₂O₃ গ্যাসকে পানিতে দ্রবীভূত করলে নাইট্রোস এসিড তৈরী হয়। এজন্য N₂O₃ কে 'নাইট্রোস এনহাইড্রাইড' বলে।



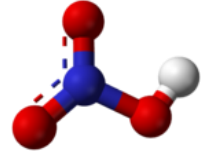
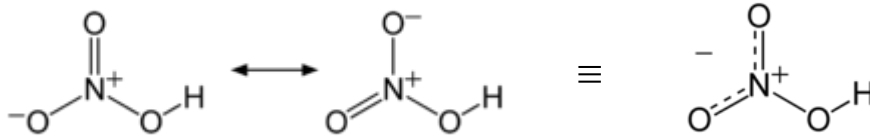
ধর্মঃ নাইট্রোস এসিড একটি অস্থায়ী এসিড। কক্ষ তাপমাত্রায় গাঢ় নাইট্রোস এসিড বিয়োজিত হয়ে HNO₃, NO ও H₂O এ পরিণত হয়।



১.৯.২ নাইট্রিক এসিড (HNO₃)

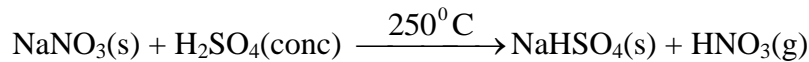
আল্‌ক্যামিগণ তখনকার দিনে ব্যবহৃত তরলসমূহের মধ্যে নাইট্রিক এসিড খুব সক্রিয় বলে একে 'aqua fortis' তথা 'শক্তিশালী পানি' নামে অবহিত করতেন। অষ্টম শতাব্দীতে আরব বিজ্ঞানী জাবির ইবনে হাইয়ান সোরা(NaNO₃) দ্রবণকে পাতন করে নাইট্রিক এসিড তৈরী করেন।

১.৯.২.১ নাইট্রিক এসিডের অনুর গঠন :



১.৯.২.২ নাইট্রিক এসিডের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি

পরীক্ষাগারে KNO₃ বা, NaNO₃কে বকযন্ত্রে নিয়ে এর সাথে গাঢ় H₂SO₄ যুক্ত করে পাতন করে নাইট্রিক এসিড তৈরী করা হয়।



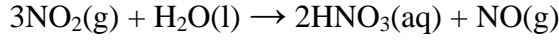
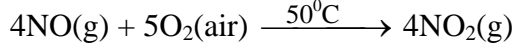
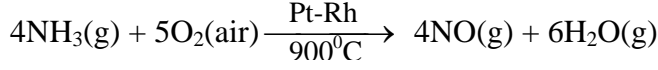
১.৯.২.৩ নাইট্রিক এসিডের শিল্পোৎপাদন বা বানিজ্যিক উৎপাদন

বর্তমানে প্রায় সকল শিল্প কারখানায় জার্মান ক্যামিস্ট উইলহেম অসওয়াল্ড (Wilhelm Ostwald) এর অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিডের বানিজ্যিক উৎপাদন করা হয়। পূর্বে বার্কল্যান্ড আইড উদ্ভাবিত বৈদ্যুতিক আর্ক পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিড তৈরী করা হতো। বিদ্যুতের উচ্চ মূল্যের কারণে বৈদ্যুতিক আর্ক পদ্ধতি একটি অলাভজনক পদ্ধতি।

১.৯.২.৪ অসওয়াল্ড বা অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিডের বানিজ্যিক উৎপাদন

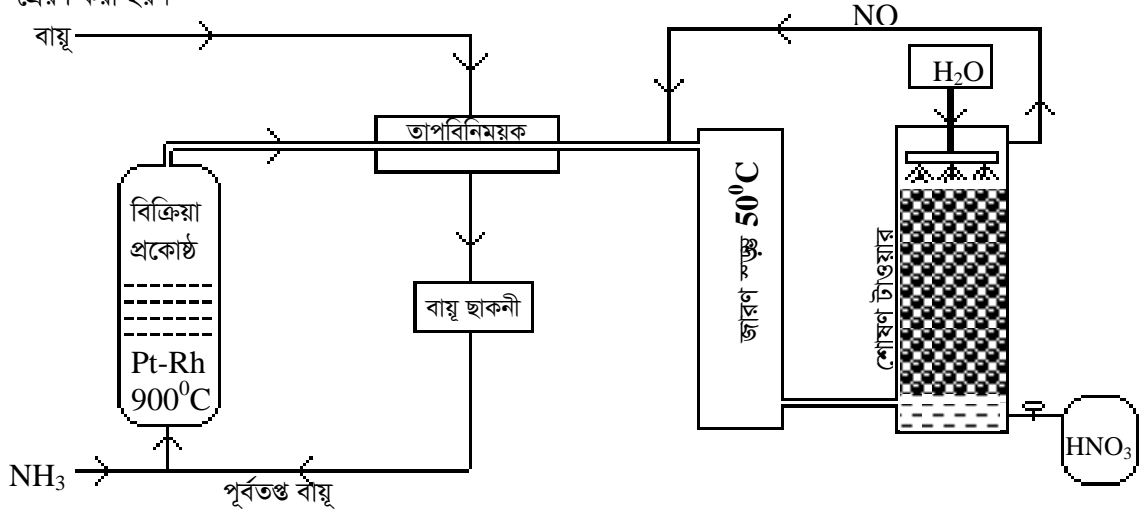
কাঁচামাল : (১) অ্যামোনিয়া গ্যাস (২) ধূলিবাণি ও কার্বন ডাই অক্সাইড মুক্ত বায়ু ও (৩) মৃদু পানি।

মূলনীতি : শিল্প কারখানায় হেবার পদ্ধতিতে উৎপাদিত বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসকে 900⁰C তাপমাত্রায় প্লালাটিনাম-রোডিয়াম সংকর(Pt-90% + Rh-10%) প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে NO গ্যাস তৈরী করা হয়। উৎপন্ন NO গ্যাস ও অপরিবর্তিত বায়ুর মিশ্রণকে 50⁰C তাপমাত্রায় শীতল করলে NO গ্যাস বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে NO₂ গ্যাসে পরিণত হয়। অতপর, NO₂ গ্যাসকে পানিতে শোষণ করানো হয়। ফলে নাইট্রিক এসিড ও NO গ্যাস তৈরী হয়। NO গ্যাসকে পুনরায় ব্যবহারের জন্য জারণ স্তম্ভে প্রেরণ করা হয়।



এক্ষেত্রে, ব্যবহৃত NH_3 গ্যাসের সম্পূর্ণ জারণের জন্য অতিরিক্ত পরিমাণে বায়ু (আয়তন হিসাবে NH_3 গ্যাসের ৯ গুন বায়ু) ব্যবহার করা হয় এবং NH_3 গ্যাসের জারণে উৎপন্ন NO গ্যাস ও অপরিবর্তিত বায়ুর মিশ্রণকে দ্রুত সরিয়ে 50°C তাপমাত্রায় শীতল করলে উৎপন্ন H_2O বাষ্প তরলীভূত হয়ে মিশ্রণ থেকে পৃথক হয়।

পদ্ধতির বর্ণনা t শুল্ক বায়ুকে তাপ-বিনিময়কারী(Heat-exchanger)এর মধ্য দিয়ে চালনা করে পূর্বতপ্ত করে ৪-১০ বায়ু চাপে বায়ু ছাকনীর মধ্য দিয়ে চালনা করে ধূলিবালি মুক্ত করা হয়। হেবার পদ্ধতিতে তৈরীকৃত ১-আয়তন বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসের সাথে ৯-আয়তন পূর্বতপ্ত ও ধূলি বালিমুক্ত বায়ু মিশ্রিত করে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নির্মিত সিলিন্ডার আকৃতির বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে(Reactor) চালনা করা হয়। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে কয়েক সারি প্লাটিনাম-রোডিয়াম সংকর নির্মিত তার জালি আনুভূমিকভাবে সাজানো থাকে। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ টিকে বৈদ্যুতিক কয়েলের সাহায্যে $800 - 900^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত রাখা হয়। এখানে NH_3 বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা প্রায় সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে NO গ্যাস তৈরী করে। উৎপন্ন NO গ্যাস ও অপরিবর্তিত বায়ুর মিশ্রণকে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ উপর দিক থেকে দ্রুত সরিয়ে তাপ-বিনিময়কারী এর মধ্য দিয়ে চালনা করে জারণ স্তম্ভে নিয়ে যাওয়া হয়। তাপ-বিনিময়কারী প্রকোষ্ঠের মধ্য দিয়ে উত্তপ্ত মিশ্রণ প্রবাহিত হওয়ার সময়ে তাপ বর্জনের মাধ্যমে ব্যবহৃত বায়ুকে পূর্ব তপ্ত করে 50°C তাপমাত্রায় শীতল হয়। জারণ স্তম্ভে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণ হটাৎ সম্প্রসারিত হয়ে আরো শীতল হয়। ফলে মিশ্রণে বিদ্যমান H_2O বাষ্প তরলীভূত হয়ে মিশ্রণ থেকে পৃথক হয় এবং NO গ্যাস অপরিবর্তিত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে NO_2 গ্যাসে পরিণত হয়। জারণ স্তম্ভ হতে NO_2 কোয়ার্জ গ্রাভেলপূর্ণ শোষণ টাওয়ারের নিচ দিক থেকে চালনা করা হয় এবং একই সময়ে শোষণ টাওয়ারের চূড়া থেকে বর্নার মাধ্যমে সুল্ক পানির ধারা প্রবাহিত করা হয়। এখানে NO_2 গ্যাস পানিতে শোষিত হয়ে HNO_3 ও NO গ্যাসে পরিণত হয়। NO গ্যাসকে পুনরায় ব্যবহারের জন্য জারণ স্তম্ভে প্রেরণ করা হয়।



[চিত্র : ১.৭ অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিডের শিল্পোৎপাদনের প্রবাহ চিত্র]

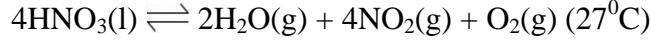
বিশোধন : শোষণ টাওয়ারের তলা থেকে লঘু HNO_3 এসিডকে সংগ্রহ করে আংশিক পাতন করলে $68\%\text{HNO}_3$ ও $32\%\text{H}_2\text{O}$ এর সমস্ফুটন মিশ্রণ তৈরী হয়। উক্ত সমস্ফুটন মিশ্রণকে P_2O_5 সহযোগে পাতন করলে বিশুদ্ধ HNO_3 এসিড পাওয়া যায়।

১.৯.২.৫ বিভিন্ন প্রকার নাইট্রিক এসিড

বাজারে সাধারণত ৪ ধরনের নাইট্রিক এসিড পাওয়া যায়। যথা-

- ১। বানিজ্যিক বা সাধারণ নাইট্রিক এসিড : এটি $68\%\text{HNO}_3$ ও $32\%\text{H}_2\text{O}$ এর সমস্ফুটন মিশ্রণ। এর আঃগুরুত্ব 1.41 ; ঘনমাত্রা : 15M এবং স্ফুটনাংক 120.5°C ।
- ২। গাঢ় নাইট্রিক এসিড : $98\%\text{HNO}_3$ যার আঃগুরুত্ব 1.5 ও ঘনমাত্রা 22M তাকে গাঢ় নাইট্রিক এসিড বলে ধরা হয়।
- ৩। ধুমায়মান নাইট্রিক এসিড : 100% বিশুদ্ধ নাইট্রিক এসিড একটি বর্ণহীন তরল। এর কিছু অংশ কক্ষ তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস তৈরী করে। NO_2 গ্যাসযুক্ত লালচে বাদামী বর্ণের নাইট্রিক এসিড 'ই

হলো ধুমায়মান বা ফিউমিং নাইট্রিক এসিড। ধুমায়মান নাইট্রিক এসিডের ঘনমাত্রা 16M। এটি শক্তিশালী জারক মিশ্রণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

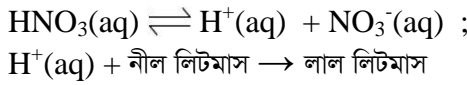


১.৯.২.৬ নাইট্রিক এসিডের ধর্ম

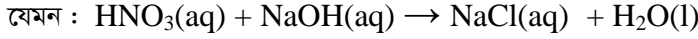
বিশুদ্ধ নাইট্রিক এসিড একটি বর্ণহীন তরল। একে -42°C তাপমাত্রায় শীতল করলে কঠিন অবস্থা লাভ করে। এর স্ফুটনাংক 83°C । নাইট্রিক এসিড একটি তীব্র এসিড(Strong acid)($\text{pK}_a = -1.4$) এবং জারণধর্মী পদার্থ(Oxidizing reagent)। নাইট্রিক এসিড তীব্র এসিড, তীব্র জারক, নাইট্রেটিং বিকারক ও বিভিন্ন ধাতুর দ্রাবক হিসাবে ক্রিয়া করে। নিম্নে এর এসিড ধর্ম ও জারণ ধর্ম সম্পর্কে প্রমানাদি ও ব্যাখ্যা দেয়া হলো।

১.৯.২.৭ নাইট্রিক এসিডের এসিড বা অম্ল ধর্ম

নাইট্রিক এসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে(0.1 M ঘনমাত্রায় 93% বিয়োজিত হয়) আয়নিত হয়ে H^+ আয়ন প্রদান করে; তাই এটি নীল লিটমাসকে লাল করে।



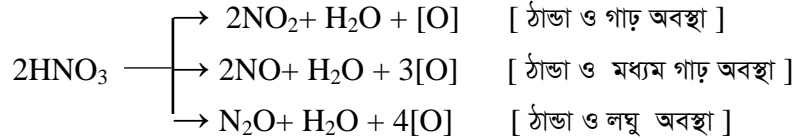
আবার, নাইট্রিক এসিড ক্ষারের মাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।



নাইট্রিক এসিডের উক্ত ধর্মগুলো প্রমান করে এটি একটি এসিড বা অম্ল।

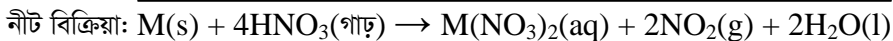
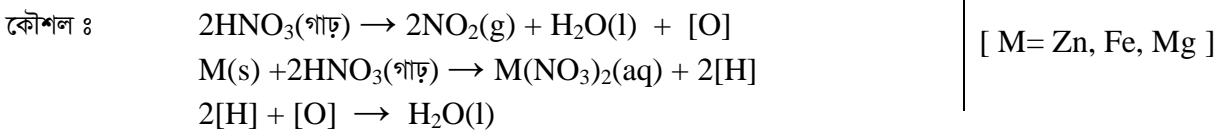
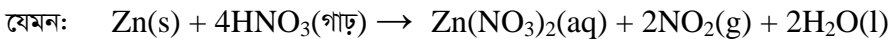
১.৯.২.৮ নাইট্রিক এসিডের জারণ ধর্ম

যে কোন ঘনমাত্রার নাইট্রিক এসিড জারকরূপে ক্রিয়া করে। বিভিন্ন তাপমাত্রা ও ঘনমাত্রায় নাইট্রিক এসিড বিভিন্নভাবে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। যেমন:



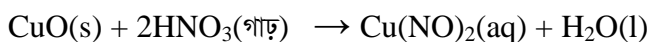
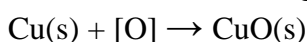
(ক) ঠান্ডা ও গাঢ় নাইট্রিক এসিডের জারণ ক্রিয়া :

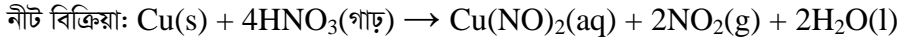
ঠান্ডা ও গাঢ় নাইট্রিক এসিড Zn, Fe, Mg, Al, Cu ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে নাইট্রেট লবণে পরিণত করে এবং পাশাপাশি এসব ধাতু দ্বারা নিজে বিজারিত হয়ে NO_2 গ্যাসে পরিণত হয়।



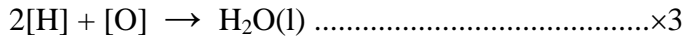
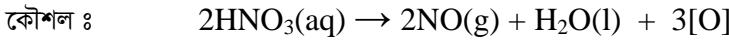
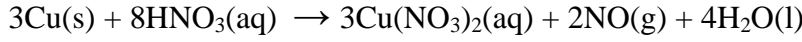
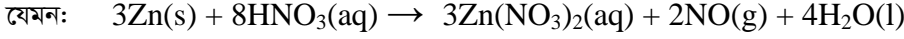
Cu সক্রিয়তা সিরিজে হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থান করে বলে এটি HNO_3 থেকে Zn, Fe, Mg এর অনুরূপ হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। তাই Cu এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির কৌশল কিছুটা ভিন্ন।

Cu এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির কৌশল :

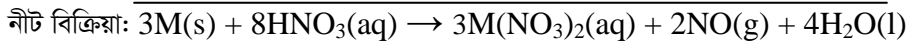


**(খ) ঠান্ডা ও মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক এসিডের জারণক্রিয়া :**

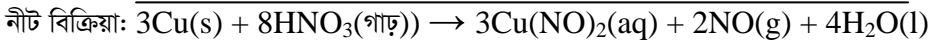
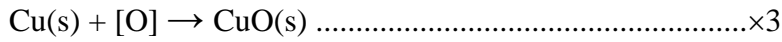
ঠান্ডা ও মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক এসিড Zn, Fe, Mg, Al, Cu ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে নাইট্রেট লবণে পরিনত করে এবং পাশাপাশি এসব ধাতু দ্বারা নিজে বিজারিত হয়ে NO গ্যাসে পরিনত হয়।



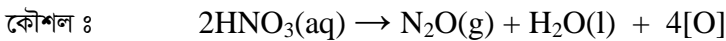
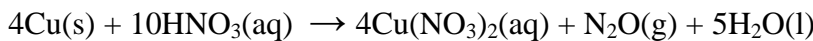
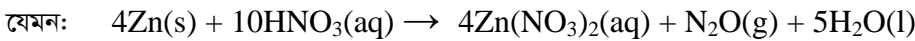
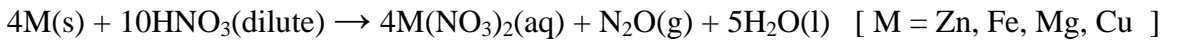
[M= Zn, Fe, Mg]



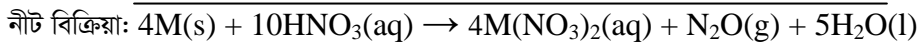
Cu এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির কৌশল :

**(গ) ঠান্ডা ও লঘু নাইট্রিক এসিডের জারণক্রিয়া :**

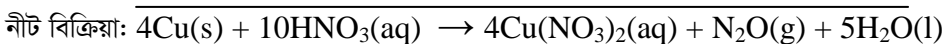
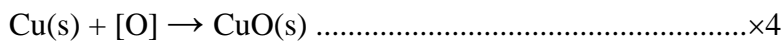
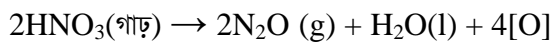
ঠান্ডা ও লঘু নাইট্রিক এসিড Zn, Fe, Mg, Al, Cu ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে নাইট্রেট লবণে পরিনত করে এবং পাশাপাশি এসব ধাতু দ্বারা নিজে বিজারিত হয়ে N₂O গ্যাসে পরিনত হয়।



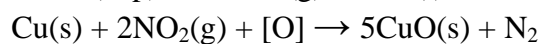
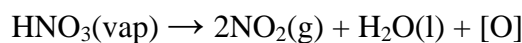
[M= Zn, Fe, Mg]

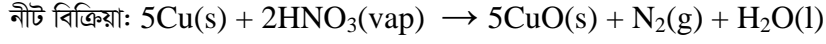


Cu এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির কৌশল :

**(ঘ) নাইট্রিক এসিডের কয়েকটি বিশেষ জারণ বিক্রিয়া :**

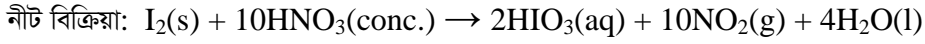
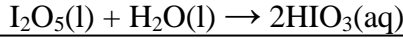
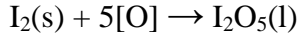
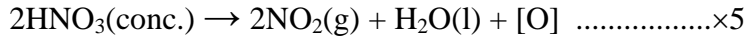
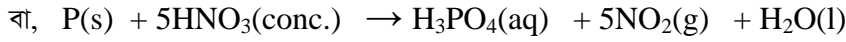
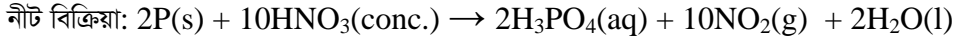
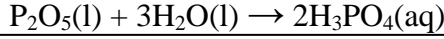
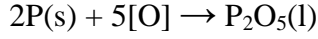
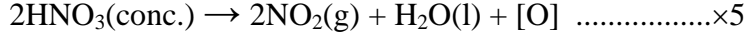
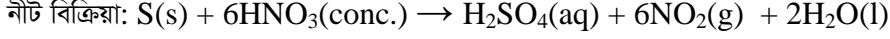
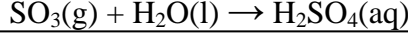
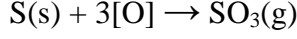
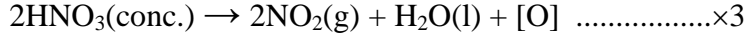
(১) নাইট্রিক এসিড বাষ্প ও কপারের বিক্রিয়া : উত্তপ্ত কপার চূর্ণের উপর দিয়ে নাইট্রিক এসিড বাষ্প চালনা করলে নাইট্রিক এসিড কপারকে জারিত করে কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিনত করে এবং নাইট্রিক এসিড নিজে কপার দ্বারা বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেনে পরিনত হয়।





(২) নাইট্রিক এসিড ও অধাতুর বিক্রিয়া :

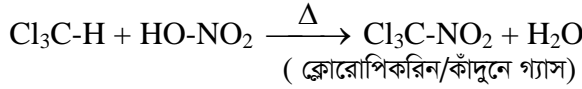
অধাতব মৌল যেমন : S, P, C, I₂ ইত্যাদিকে গাঢ় HNO₃ জারিত করে সর্বোচ্চ জারণাবস্থার অক্সি এসিডে পরিনত করে।



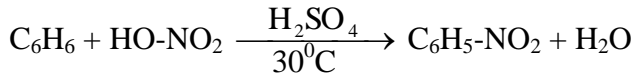
১.৯.২.৯ নাইট্রেটিং বিকারক হিসাবে নাইট্রিক এসিড

যে সব বিকারক কোন যৌগে নাইট্রোনিয়াম (NO₂) মূলকটি প্রতিস্থাপিত করে তাদেরকে নাইট্রেটিং বিকারক বলে। নাইট্রিক এসিড উত্তম নাইট্রেটিং বিকারক। যেমন:

(১) ক্লোরোফরমকে নাইট্রিক এসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে HNO₃ ক্লোরোফরমের 'H' -পরমানুটিকে নাইট্রোনিয়াম মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে ; ফলে নাইট্রো ক্লোরোফরম বা ক্লোরো পিকরিন(কাঁদুনে গ্যাস) তৈরী হয়।

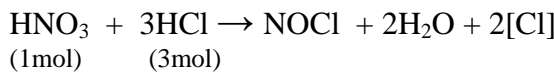


(২) 30⁰C তাপমাত্রায় বেনজিনকে গাঢ় H₂SO₄ এর উপস্থিতিতে গাঢ় HNO₃ নাইট্রেশন করলে নাইট্রো বেনজিন তৈরী হয়।

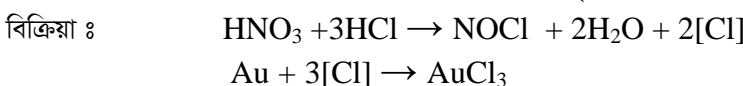


১.৯.২.১০ দ্রাবক হিসাবে নাইট্রিক এসিড এবং রাজস্ন (Aqua Regia)

গাঢ় ও তপ্ত নাইট্রিক এসিড একটি শক্তিশালী দ্রাবক। এজন্য মধ্যযুগে আরব বিজ্ঞানীগণ নাইট্রিক এসিডকে “অ্যাকোয়া ফরটিস(শক্তিশালী পানি)” নামকরণ করে ছিলেন। বিভিন্ন ধাতু দ্রবীভূত করতে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়। তবে কিছু অভিজাত ধাতু যেমন: Au, Pt, Ag ইত্যাদি গাঢ় বা তপ্ত নাইট্রিক এসিডের কোনটিতেই দ্রবীভূত হয় না। রসায়নবিদগণ এসব অভিজাত ধাতুকে দ্রবীভূত করার জন্য নাইট্রিক এসিডের সাথে ১ : ৩ মোল অনুপাতে হাইড্রোক্লোরিক এসিড মিশিয়ে একটি তীব্র জারক মিশ্রণ তৈরী করেন। গাঢ় নাইট্রিক এসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডের ১ : ৩ মোল অনুপাত মিশ্রণই হলো ‘রাজস্ন বা অ্যাকোয়া রেজিয়া’। রাজস্ন একটি তীব্র জারক মিশ্রণ। রাজস্নকে গরম করলে এর HNO₃, HCl জারিত করে এ থেকে পারমানবিক ক্লোরিন বিমুক্ত করে। এই পারমানবিক ক্লোরিন অভিজাত ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে গাঢ় HCl এ দ্রবণীয় ধাতু ক্লোরাইডে পরিনত করে।

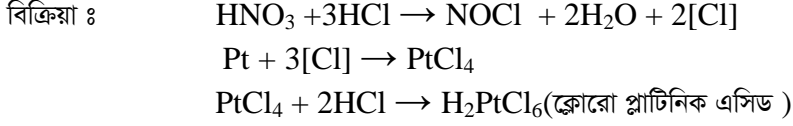


(ক) স্বর্ণ বা গোল্ডের রাজস্নে দ্রবীভূত হওয়ার ব্যাখ্যা : স্বর্ণকে রাজস্নে নিয়ে তাপ দিলে স্বর্ণ প্রথমে HNO₃ কতৃক HCl এর জারণে উৎপন্ন পারমানবিক ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে অরিক ক্লোরাইড(AuCl₃) তৈরী করে। অতপর AuCl₃ অতিরিক্ত HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় ক্লোরোঅরিক এসিড গঠন করে। ফলে স্বর্ণ রাজস্নে দ্রবীভূত হয়। দ্রবীভূত স্বর্ণের মিশ্রণকে কস্টিক সোডা যোগে ক্ষারীয় করলে পুরায় স্বর্ণ মিশ্রণ থেকে পৃথক হয়।





(খ) প্লাটিনামের রাজস্লে দ্রবীভূত হওয়ার ব্যাখ্যা : প্লাটিনাম ধাতুকে রাজস্লে নিয়ে তাপ দিলে প্লাটিনাম প্রথমে HNO_3 কতৃক HCl এর জারণে উৎপন্ন পারমানবিক ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে প্লাটিনিক ক্লোরাইড(PtCl_4) তৈরী করে। অতপর, PtCl_4 অতিরিক্ত HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় ক্লোরোপ্লাটিনিক এসিড গঠন করে। ফলে প্লাটিনাম রাজস্লে দ্রবীভূত হয়।



১.৯.৩ শিল্পক্ষেত্রে নাইট্রিক এসিডের ব্যবহার

বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্প কারখানায় নাইট্রিক এসিডের ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। নিম্নে নাইট্রিক এসিডের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার উল্লেখ করা হলো।

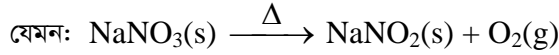
- ১। ট্রাই নাইট্রো টলুইন(TNT), ট্রাই নাইট্রো বেনজিন(TNB), নাইট্রো গ্লিসারিন, নাইট্রো সেলুলোজ ইত্যাদি বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করতে নাইট্রোটিং বিকারক হিসাবে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়।
- ২। টিয়ার গ্যাস, সোডিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি রাসায়নিক দ্রব্য তৈরীতে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়।
- ৩। জুয়েলারী শিল্পে স্বর্ণের বিশোধনে বা খাঁটি স্বর্ণের সাথে প্রয়োজনীয় পরিমাণে খাদ মিশানোর কাজে রাজস্লে হিসাবে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়।
- ৪। কৃত্রিম সিল্ক, রং ও সেলুলয়েড তৈরীতে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়।
- ৫। ব্রোঞ্জ, ব্রাস ইত্যাদি ধাতু সংকরের উপর বিভিন্ন নক্সা তৈরীর কাজে নাইট্রিক এসিড ব্যবহৃত হয়।

১.৯.৪ নাইট্রাইট ও নাইট্রেট আয়নের গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াসমূহ

১.৯.৪.১ নাইট্রাইট আয়নের বিক্রিয়াসমূহ :

নাইট্রাইট আয়ন মূলত নাইট্রাস এসিড ও নাইট্রাইট লবণসমূহে বিদ্যমান থাকে। দ্রবণে এসব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া NO_2^- আয়ন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

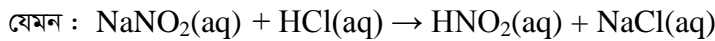
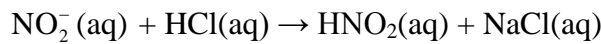
ক্ষার ধাতুর নাইট্রেট লবণসমূহকে উত্তাপে বিয়োজিত করলে স্থায়ী নাইট্রাইট লবণ তৈরী হয়।



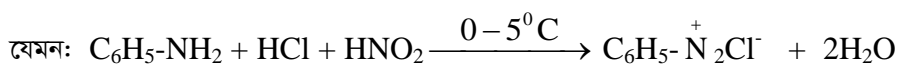
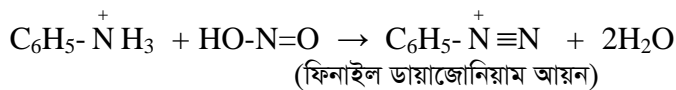
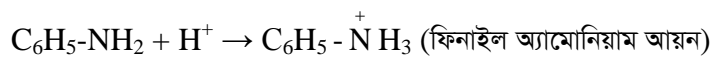
নাইট্রাইট আয়ন একটি অস্থায়ী আয়ন ; তাই দ্রবণে এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে বা 5°C তাপমাত্রার এর উপরের তাপমাত্রায় এটি বিয়োজিত হয়ে NO_3^- আয়ন ও NO গ্যাসে পরিনত হয়।



5°C তাপমাত্রার নিচে নাইট্রাইট লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক এসিড যোগ করলে NO_2^- আয়নের সাথে H^+ আয়ন যুক্ত হয়ে নাইট্রাস এসিড তৈরী হয়।

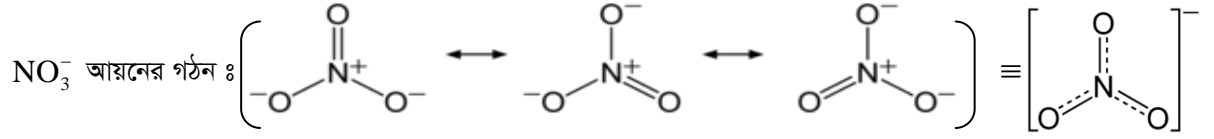


$0-5^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় খনিজ এসিডের উপস্থিতিতে নাইট্রাস এসিড অ্যামিন($-\text{NH}_2$) মূলককে ডায়াজোনিয়াম($-\text{N}^+ \equiv \text{N}$) মূলককে পরিনত করে।

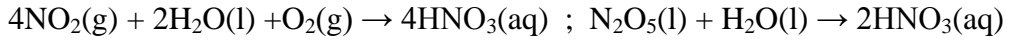


১.৯.৪.২ নাইট্রেট আয়নের বিক্রিয়াসমূহ

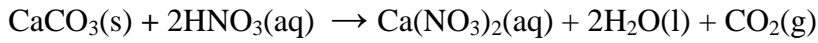
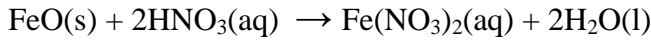
নাইট্রেট আয়ন প্রধানত নাইট্রিক এসিড ও নাইট্রেট লবণসমূহে বিদ্যমান থাকে। দ্রবণে এসব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া NO_3^- আয়ন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।



NO_2 গ্যাসকে অক্সিজেন মিশ্রিত পানিতে দ্রবীভূত করলে বা N_2O_5 কে পানিতে দ্রবীভূত করলে নাইট্রিক এসিড তৈরী হয়।



নাইট্রিক এসিডের সাথে ধাতু, ধাতু অক্সাইড বা ধাতু কার্বনেটের বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রেট লবণ তৈরী হয়। যেমন:



সোডিয়াম নাইট্রেট :

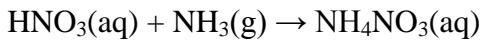
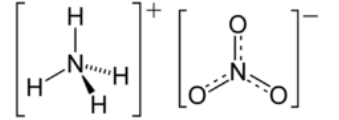
সোডিয়াম নাইট্রেট চিলি সল্টপিটার(Chile saltpeter) বা সোডা নাইটার নামে পরিচিত। খনি থেকে আহরিত অবিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেটকে ক্যালিচি (caliche) বলা হয়। দক্ষিণ আমেরিকার চিলিতে পৃথিবীর সবচেয়ে বড় ক্যালিচি খনি রয়েছে। ক্যালিচি থেকে সোডিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম সালফেট ও আয়োডিন নিষ্কাশন করা হয়। শিল্প কারখানায় সোডা অ্যাসের সাথে নাইট্রিক এসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে সোডিয়াম নাইট্রেট তৈরী করা হয়।



সোডিয়াম নাইট্রেট নাইট্রোজেন সার, খাদ্য সংরক্ষক, গান পাউডার, কাঁচ, এনামেল ইত্যাদি তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট : কক্ষ তাপমাত্রায় NH_4NO_3 একটি সাদা দানাদার কঠিন পদার্থ।

শিল্প কারখানায় গাঢ় নাইট্রিক এসিডে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করে তরল অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট তৈরী করা হয়। তরল অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় উত্তাপে গাঢ় করে স্বেপ্ত করে শীতল করলে দানাদার NH_4NO_3 পাওয়া যায়।



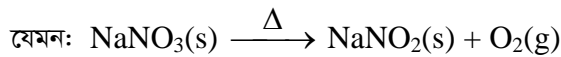
[অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট]

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট অস্থিতিশীল যৌগ। আবরণযুক্ত দানাদার NH_4NO_3 কৃষি ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন সার, ইথোভাইজড বিস্ফোরক, লাফিং গ্যাস ইত্যাদি তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

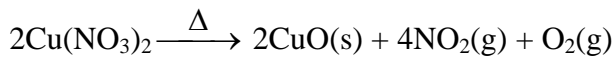
নাইট্রেটসমূহের বিক্রিয়া :

নাইট্রেট লবণসমূহের সকলেই পানিতে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রেট আয়ন দেয়।

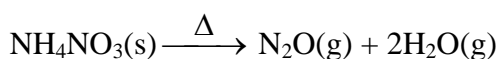
(ক) ক্ষারধাতুর নাইট্রেটসমূহকে উত্তপ্ত করলে এরা তাপ বিযোজিত হয়ে নাইট্রাইট লবণ ও অক্সিজেন গ্যাস তৈরী করে।



(খ) মাঝারী বা কম সক্রিয় ধাতুর নাইট্রেটসমূহকে উত্তপ্ত করলে এরা তাপ বিযোজিত হয়ে ধাতু অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাস তৈরী করে। যেমন:



(গ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট একটি ভঙ্গনপ্রবন যৌগ। একে উত্তপ্ত করলে তা বিযোজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড ও পানি উৎপন্ন করে।



১.৯.৪.৩ নাইট্রেট মূলক/আয়ন সমাজকরণ :

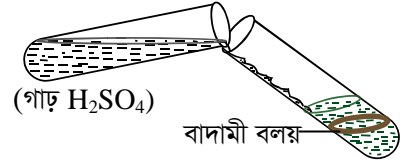
(ক) নাইট্রেট আয়ন সনাজকরণের শুষ্ক পরীক্ষা : নাইট্রেট লবণকে কপার কুচি ও গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে তাপ দিলে বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং কিউপ্রিক নাইট্রেটের হালকা নীল বর্ণের দ্রবণ তৈরী হয়।



যেমন: লেড নাইট্রেটের সাথে Cu-কুচি ও গাঢ় H_2SO_4 যুক্ত করে তাপ দিলে বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং কিউপ্রিক নাইট্রেটের হালকানীল বর্ণের দ্রবণ তৈরী হয়।

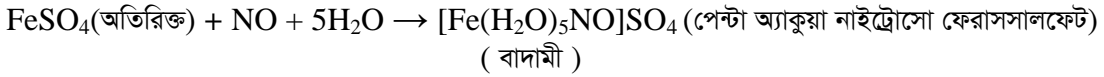
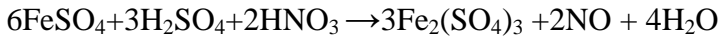
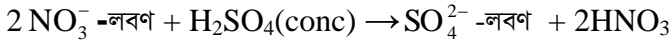
**(খ) নাইট্রেট আয়ন সনাজকরণের সিক্ত পরীক্ষা / দ্রবণে নাইট্রেট আয়ন সনাজকরণ(বলয় পরীক্ষা) :**

একটি পরীক্ষানলে নাইট্রেট লবণের দ্রবণ নিয়ে এর সাথে দ্বিগুণ পরিমাণ সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ যোগ করে ভালভাবে মিশিয়ে উক্ত মিশ্রণে অপর একটি পরীক্ষা নল হতে গাঢ় H_2SO_4 পরীক্ষা নলের গা বেয়ে অল্প অল্প করে যোগ করা হলে দুই তরলের সংযোগ স্থলে পেপ্টা অ্যাকুয়া নাইট্রোসো ফেরাসসালফেটের বাদামী বলয় বা রিং তৈরী হয়।



(NO_3^- -লবণ + $FeSO_4$ দ্রবণ)

[চিত্র : ১.৮ বলয় পরীক্ষা]



বাদামী বলয় বা রিং তৈরীর মাধ্যমে দ্রবণে নাইট্রেট আয়ন সনাজকরণের এই পরীক্ষাকে ‘বলয় পরীক্ষা’ (Ring Test) বলে।

ফসফরাস(Phosphorous)**১.১০.০ পরিচিতি**

1674 সালে জার্মান কেমিস্ট ব্রান্ড(Brand)ফসফরাস আবিষ্কার করেন এবং 1775 সালে ফরাসী রসায়নবিদ ল্যাবয়সিয়ের মৌলটির নাম দেন ফসফরাস। ফসফরাস নামটি গ্রীক শব্দ ‘ফস ফেরো(phos phero)’ তথা ‘আলো ধারণকারী’ হতে নেয়া হয়েছে। শ্বেত ফসফরাসকে বায়ুতে রেখে দিলে এটি জ্বলে আলো ছড়ায় বলে এরূপ নামকরণ করা হয়েছে।

১.১০.১ ফসফরাসের উৎস

ফসফরাস বেশ সক্রিয় বলে প্রকৃতিতে একে মুক্তাবস্থায় পাওয়া যায় না। প্রাণীর অস্থি বা হাড়ে ক্যালসিয়াম ফসফেট(প্রায় 60%) হিসাবে ফসফরাস বিদ্যমান থাকে। প্রকৃতিতে ফসফরাসকে নিম্নোক্ত খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়।

- ১। ফসফোরাইট(Phosphorite) : $Ca_3(PO_4)_2$
- ২। ফ্লোরঅ্যাপাটাইট(Fluorapatite) : $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$
- ৩। ক্লোরঅ্যাপাটাইট(Chlorapatite) : $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCl_2$

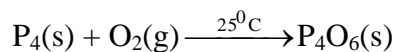
১.১০.২ ফসফরাসের বহুরূপতা

ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। ফসফরাসের রূপভেদগুলো হলো :

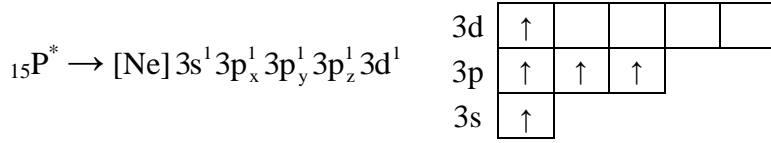
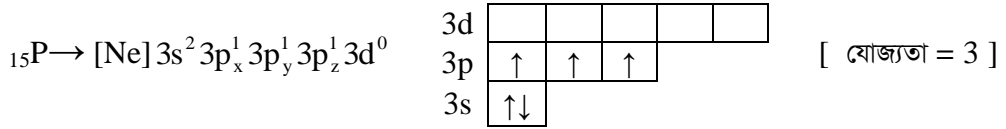
- (ক) শ্বেত বা সাদা ফসফরাস
- (খ) লোহিত বা লাল ফসফরাস
- (গ) বেগুনী ফসফরাস ও
- (ঘ) কালো ফসফরাস।



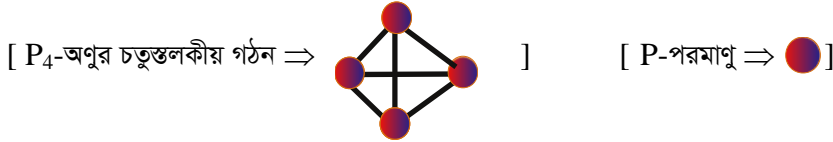
শ্বেত ফসফরাস কক্ষ তাপমাত্রায়ই সতস্কৃর্তভাবে বায়ুস্থ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে P_4O_6 গঠন করে।



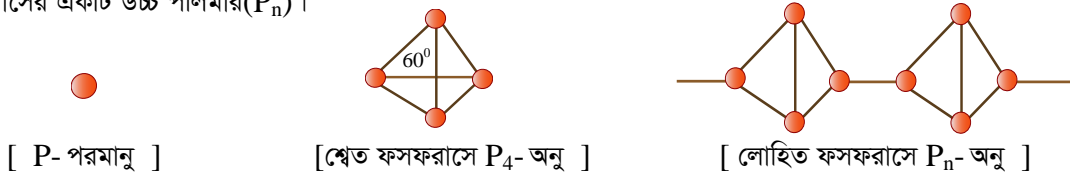
নাইট্রোজেন পরমাণুর মত ফসফরাসের বহিঃশক্তিস্তরে p-অরবিটালসমূহ অর্ধপূর্ণ এবং সুস্থম অবস্থায় থাকলেও P-পরমাণুর যোজ্যতা স্তর ৩য় শক্তিস্তর(M-শৈল) হওয়ায় P-পরমাণুর আকার N-পরমানু অপেক্ষা অনেকটা বড়।



[P-পরমানুর বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস]



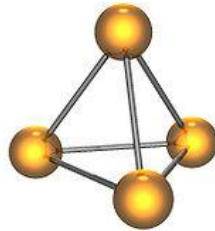
P-পরমাণুর আকার বড় হওয়ার কারণে দুটি ফসফরাস পরমাণুর $3p_x^1 - 3p_x^1$ অরবিটালদ্বয়ের মুখামুখি অধিক্রমনের দ্বারা সিগমা(σ) বন্ধন গঠনের পর অবশিষ্ট $3p_y^1$ ও $3p_z^1$ অরবিটালগুলো পরস্পর পার্শ্বীয় অধিক্রমন ঘটাতে পারে না। ফলে ফসফরাস নাইট্রোজেনের মত $\text{P}\equiv\text{P}$ ত্রি-বন্ধন গঠন করতে পারে না। এক্ষেত্রে প্রত্যেক P-পরমাণু তার ৩টি 3p অরবিটালের সাথে অপর ৩টি P-পরমাণুর 3p-অরবিটালের প্রান্তীয় অধিক্রমন ঘটিয়ে ৩টি σ -বন্ধন গঠনের মাধ্যমে P₄-অণু গঠন করে। P₄-অণুর আকৃতি সুখম চতুস্তলকীয়; এতে P-P-P বন্ধন কোণ 60°। P₄ অনুতে P-পরমাণুসমূহ পরস্পর P-P একক বন্ধনে যুক্ত থাকায় এবং P-P-P বন্ধন কোণের পরিমাণ কম হওয়ার কারণে এর বন্ধনগুলোতে অধিক পীড়ন(stress) বিদ্যমান থাকে। ফলে P₄ অণু অনেকটা অস্থিতিশীল হয়। শ্বেত ফসফরাসে P₄ অণুগুলো পরস্পর প্রায় বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থেকে পরস্পর দুর্বল ভেদারওয়াল বল দ্বারা আবদ্ধ থাকে। এই কারণে শ্বেত ফসফরাসে P-P বন্ধন বিয়োজন এন্থালপি(209kJmol⁻¹) N₂-অণু (N-N বন্ধন বিয়োজন এন্থালপি 945kJmol⁻¹) অপেক্ষা বেশ কম হয় এবং শ্বেত ফসফরাস বেশ সক্রিয় হয়। অপরদিকে, লোহিত ও কাল ফসফরাস হলো ফসফরাসের স্থায়ী রূপভেদ। গঠনের দিক থেকে লোহিত ফসফরাস হলো ফসফরাসের একটি উচ্চ পলিমার(P_n)।



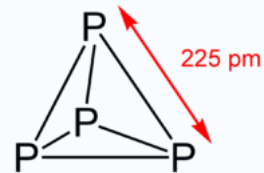
লোহিত ও কাল ফসফরাসে P-পরমাণুসমূহ স্তরীভূত গাঠনিক বিন্যাসে (Layer Structure) যুক্ত থাকে বলে এদের আনবিক কার্ঠামোতে P-P-P বন্ধন কোণ 60° অপেক্ষা বড় হয়। ফলে এদের অণুতে বন্ধনগুলোর উপর পীড়নের মান অনেকটা হ্রাস পায়। স্তরীভূত পলিমার গঠন ও বন্ধনগুলোর উপর পীড়নের মান কম হওয়ার কারণে লোহিত ফসফরাস কম সক্রিয় হয় এবং কাল ফসফরাস অত্যন্ত সুস্থিত ও নিষ্ক্রিয় হয়।



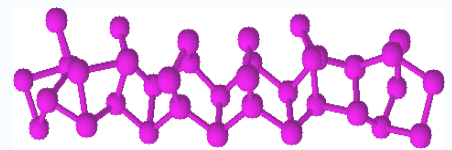
সাদা ফসফরাস



সাদা ফসফরাস অণু



লাল ফসফরাস

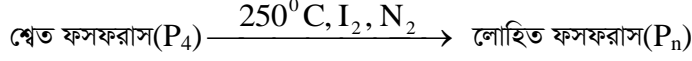


লাল ফসফরাস এর গঠন

১.১০.৩ ফসফরাসের রূপভেদগুলোর পারস্পরিক পরিবর্তন বা রূপান্তর

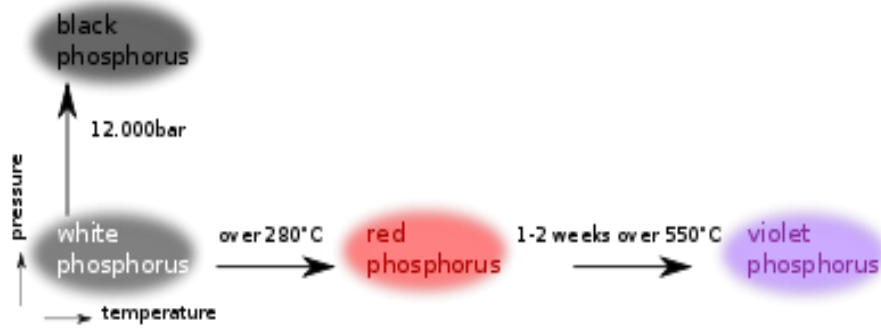
শ্বেত ফসফরাসের লোহিত ফসফরাসে রূপান্তর :

শ্বেত ফসফরাসকে নিষ্ক্রিয় পরিবেশে যেমন: নাইট্রোজেন বা কার্বনডাই অক্সাইড গ্যাসে সামান্য আয়োডিন প্রভাবকের উপস্থিতিতে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এর অণুগুলো পলিমারকরণ এবং স্তরীভূত গাঠনিক বিন্যাসের মাধ্যমে লোহিত ফসফরাস গঠন করে ।



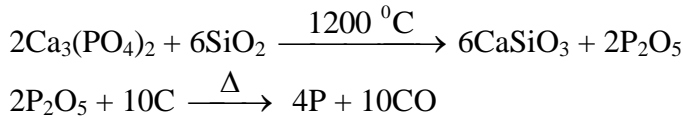
লোহিত ফসফরাসের শ্বেত ফসফরাসে রূপান্তর :

লোহিত ফসফরাসকে নিষ্ক্রিয় পরিবেশে যেমন: নাইট্রোজেন গ্যাসে 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফসফরাস বাষ্প তৈরী হয় । উৎপন্ন ফসফরাস বাষ্পকে দ্রুত শীতল করলে P₄ অণু গঠনের মাধ্যমে শ্বেত ফসফরাস তৈরী হয় ।



১.১০.৪ ফসফরাস নিষ্কাশন

অস্থি ভস্ম ও ফসফরাইট আকরিককে সিলিকা ও কোক কার্বনের সাথে মিশিয়ে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে নিয়ে 1200-1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কার্বন বিজারণের মাধ্যমে ফসফরাস তৈরী হয় । চুল্লির নির্গম নল দিয়ে ফসফরাস বাষ্প ও CO গ্যাস নির্গত হয় । নির্গত গ্যাস মিশ্রণকে দ্রুত শীতল করলে শ্বেত ফসফরাস পাওয়া যায় ।



১.১০.৫ ফসফরাসের ব্যবহার

ফসফরাস একটি অতি প্রয়োজনীয় মৌল । এর বহুবিধ ব্যবহার রয়েছে । নিম্নে ফসফরাসের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ করা হলো :

- ১। নিরাপদ দিয়াশলাই (ম্যাচ) তৈরী শিল্পে কাঠির মাথার বারুদ ও ম্যাচের দু'পাশের গায়ের ঘর্ষণ আবরণ তৈরীর কাজে লোহিত ফসফরাস ব্যবহৃত হয় ।
- ২। ফসফর ব্রোঞ্জ(তামা-টিন-ফসফরাস সংকর) তৈরীতে ফসফরাস ব্যবহৃত হয় ।
- ৩। ফসফরিক এসিড, ফসফরাস পেন্টাঅক্সাইড, ফসফরাস সার(টি.এস.পি ; ডি.এ.পি ইত্যাদি) প্রস্তুতিতে ফসফরাস ব্যবহৃত হয় ।

১.১০.৬ ফসফরাসের অক্সাইডসমূহ

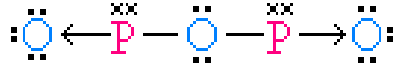
ফসফরাসের প্রধানত ৩টি সুস্থিত অক্সাইড রয়েছে । সারণি-১.১০ এ ফসফরাসের অক্সাইডগুলোর নাম ও সংকেত দেখানো হলো ।

[সারণি-১.১০ : ফসফরাসের অক্সাইডগুলোর নাম ও সংকেত]

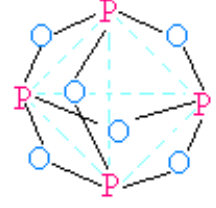
সাধারণ নাম	আধুনিক নাম	আনবিক সংকেত
১। ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড	ফসফরাস (III) অক্সাইড	P ₂ O ₃ বা, P ₄ O ₆
২। ফসফরাস টেট্রা অক্সাইড	ফসফরাস (IV) অক্সাইড	P ₂ O ₄ বা, P ₄ O ₈
৩। ফসফরাস পেন্টা অক্সাইড	ফসফরাস (V) অক্সাইড	P ₂ O ₅ বা, P ₅ O ₁₀

১.১০.৭ ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড বা ফসফরাস(III)অক্সাইড

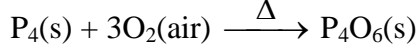
ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড সাদা রসুনের গন্ধ বিশিষ্ট মোম সদৃশ কঠিন পদার্থ। পূর্বে ধারণা করা হতো ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড এর আনবিক সংকেত P_2O_3 । কিন্তু আধুনিক কালে P_2O_3 এর ডাইমারকে তথা P_4O_6 কে ফসফরাস ট্রাই অক্সাইডের সঠিক আনবিক সংকেত ধরা হয়।



[চিত্র: P_2O_3 অনুর গঠন]

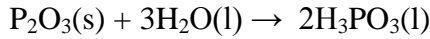


শ্বেত ফসফরাসকে ধীরে ধীরে সীমিত বায়ু প্রবাহে দহন করলে ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

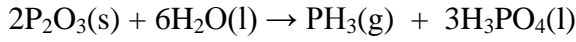


[চিত্র: ১.৯ P_4O_6 অনুর গঠন]

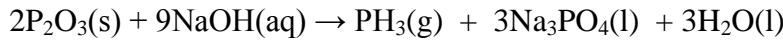
ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড একটি অম্লধর্মী অক্সাইড। এটি ঠান্ডা পানির সাথে বিক্রিয়া করে ফসফরাস এসিড তৈরী করে। তাই ফসফরাস ট্রাই অক্সাইডকে ফসফরাস অ্যানহাইড্রাইড বলা হয়।



ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে ফসফিন গ্যাস ও ফসফরিক এসিড তৈরী করে।



ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড NaOH এর জলীয় দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে ফসফিন গ্যাস ও সোডিয়াম ফসফেট তৈরী করে।

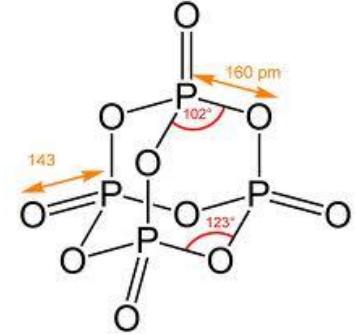


১.১০.৮ ফসফরাস পেন্টা অক্সাইড বা ফসফরাস(V) অক্সাইড

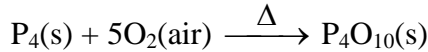
ফসফরাস পেন্টাঅক্সাইড একটি গন্ধহীন পাউডার সদৃশ কঠিন পদার্থ। P_2O_5 এর ডাইমারকে তথা P_4O_{10} কে ফসফরাস পেন্টা অক্সাইডের সঠিক আনবিক সংকেত ধরা হয়।



[চিত্র: ১.১০ P_2O_5 অনুর গঠন]



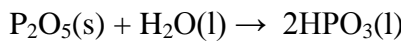
শ্বেত বা লোহিত ফসফরাস পর্যাপ্ত বায়ু প্রবাহে বা অক্সিজেন গ্যাসে দহন করলে ফসফরাস পেন্টা অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



P_2O_5 এর ধর্ম : ফসফরাস পেন্টা অক্সাইড একটি অম্লধর্মী অক্সাইড এবং তীব্র নিরুদক।

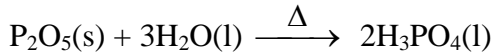
১.১০.৮.১ P_2O_5 এর অম্ল ধর্ম :

(ক) P_2O_5 ঠান্ডা পানির সাথে বিক্রিয়া করে মেটা ফসফরিক এসিড তৈরী করে।

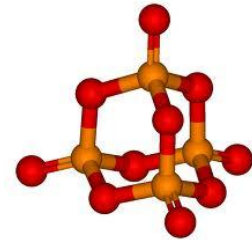
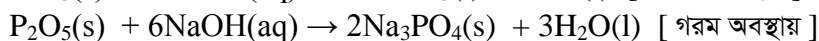


(খ) P_2O_5 গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে অর্থো ফসফরিক এসিড তৈরী করে।

তাই ফসফরাস পেন্টা অক্সাইডকে ফসফরিক অ্যানহাইড্রাইড বলা হয়।



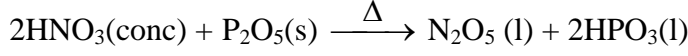
(গ) P_2O_5 , NaOH এর ঠান্ডা ও গরম দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে সোডিয়াম মেটা ফসফেট ও সোডিয়াম ফসফেট তৈরী করে।



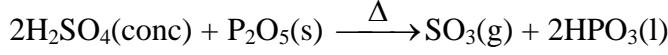
[চিত্র: ১.১১ P_4O_{10} অনুর গঠন]

১.১০.৮.২ P₂O₅ এর নিরুদন ধর্ম :

P₂O₅ একটি শক্তিশালী নিরুদক পদার্থ। P₂O₅ রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে কোন যৌগের অনু হতে H₂O অপসারিত করে নিরুদিত করে। যেমন: গাঢ় HNO₃ এর সাথে P₂O₅ মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে P₂O₅, HNO₃ কে নিরুদিত করে N₂O₅ পরিনত করে।



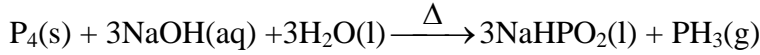
একইভাবে, P₂O₅ , গাঢ় H₂SO₄ কে নিরুদিত করে SO₃ গ্যাসে পরিনত করে।



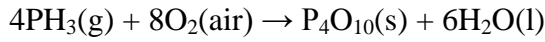
১.১০.৮.৩ P₂O₅ এর ব্যবহার t P₂O₅ নিরুদক হিসাবে, ফসফরিক এসিড ও N₂O₅ তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

১.১০.৯ ফসফরাসের হাইড্রাইড

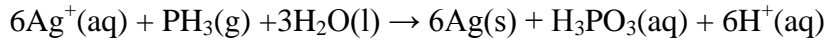
ফসফিন t ফসফরাসের অন্যতম হাইড্রাইড হলো ফসফিন(PH₃)। ফসফিন বর্ণহীন পচা মাছের গন্ধযুক্ত ভারী গ্যাস। শ্বেত ফসফরাসের সাথে কঠিক সোডা বা কঠিক পটাসের দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত করলে ফসফিন গ্যাস তৈরী হয়।



ফসফিন অ্যামোনিয়া হতে অনেকটা ব্যতিক্রম ধর্মী। যেমন : অ্যামোনিয়া পানিতে বেশ দ্রবণীয় হলেও ফসফিন পানিতে অল্প দ্রবীয়। ফসফিন বায়ুর সংস্পর্শে আসামাত্র জ্বলে উঠে এবং বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে ফসফরাস পেন্টাক্সাইড তৈরী করে।



PH₃ , NH₃ অপেক্ষা তীব্র বিজারক। যেমন PH₃ কপার(II) লবণ, সিলভার লবণকে বিজারিত করে যথাক্রমে কপার ও সিলভার ধাতুতে পরিনত করে।



ফসফরাস নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম তড়িৎঋণাত্মক হওয়ায় PH₃ , NH₃ অপেক্ষা কম ক্ষারকধর্মী।

ডাই ফসফিন t হাইড্রাজিনের অনুরূপ ডাই ফসফিন(P₂H₄) হলো ফসফরাসের একটি হাইড্রাইড। ফসফিন তৈরীর সময় পাশাপাশি সমান্য পরিমাণে ডাই ফসফিন তৈরী হয়।

১.১০.০ ফসফরাসের অক্সিএসিডসমূহ

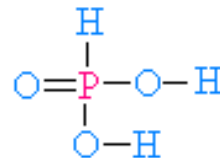
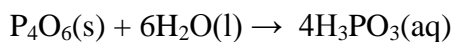
ফসফরাসের বেশ কয়েকটি অক্সি এসিড রয়েছে। সারণি-১.১১ এ ফসফরাসের অক্সি এসিডগুলোর নাম ও সংকেত দেখানো হয়েছে।

[সারণি-১.১১ : ফসফরাসের অক্সিএসিডগুলোর নাম ও সংকেত]

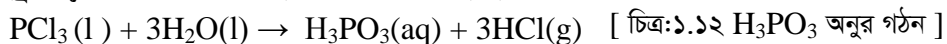
সাধারণ নাম	আধুনিক নাম	আনবিক সংকেত
১। হাইপো ফসফরাস এসিড	ফসফিনিক এসিড	H ₃ PO ₂
২। ফসফরাস এসিড	ফসফোনিক এসিড	H ₃ PO ₃
৩। অর্থো ফসফরিক এসিড	ফসফোরিক(V)এসিড	H ₃ PO ₄
৪। পাইরো ফসফরিক এসিড	পাইরো ফসফোরিক(V)এসিড	H ₄ P ₂ O ₇
৫। মেটা ফসফরিক এসিড	মেটা ফসফোরিক(V)এসিড	HPO ₃

১.১০.১ ফসফরাস এসিড বা ফসফোনিক এসিড

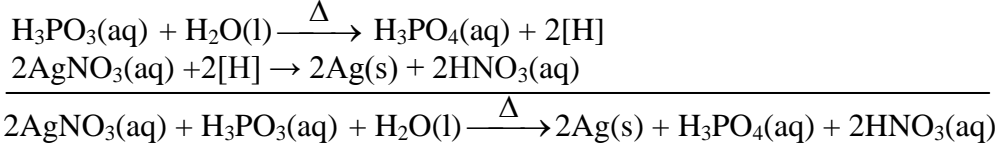
P₂O₃ ও ঠান্ডা পানির বিক্রিয়া দ্বারা ফসফরাস এসিড তৈরী করা হয়।



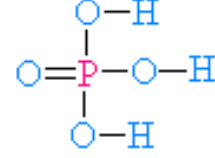
PCl₃ এর আদ্র বিশ্লেষণ ঘটিয়েও ফসফরাস এসিড তৈরী করা যায়।



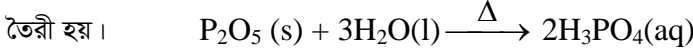
ফসফোনিক এসিড একটি মধ্যম শক্তির দ্বি-ক্ষারকীয় এসিড। এটি নিজে এবং এর লবণসমূহ বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে।



১.১০.২ ফসফরিক(V)এসিড বা অর্থো ফসফরিক এসিড

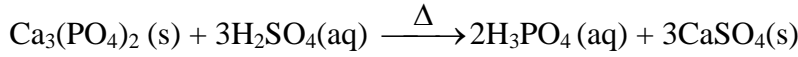


P₂O₅ এর সাথে ধীরে ধীরে গরম বা ফুটন্ত পানি যোগ করলে ফসফরিক(V)এসিড

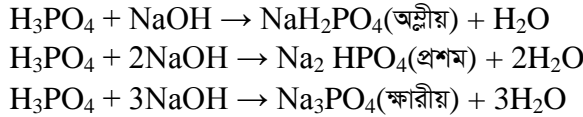


[চিত্র: ১.১৩ H₃PO₄ অনুর গঠন]

শিল্প ক্ষেত্রে ফসফরাইট আকরিকের সাথে অর্ধঘন H₂SO₄ যুক্ত করে মিশ্রণকে ফুটিয়ে ফসফরিক এসিড ও ক্যালসিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। অতপর উৎপন্ন মিশ্রণকে পরিস্রাবণ করে প্রাপ্ত পরিস্রুতকে উত্তাপে গাঢ় করে ফসফরিক এসিডের সিরাপী তরল (85% H₃PO₄) তৈরী করা হয়।



বিশুদ্ধ ফসফরিক এসিড বর্ণহীন, পানিগ্রাহী আঠালো পদার্থ। এর আনবিক কেলাসে হাইড্রোজেন বন্ধন বিদ্যমান থাকায় এটি আঠালো কঠিন প্রকৃতির হয়। এটি দুর্বল ত্রি-ক্ষারকীয় এসিড। ফসফরিক এসিড বিভিন্ন মাত্রার ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে অম্লীয় প্রশম ও ক্ষারকীয় ফসফেট লবণ তৈরী করে।



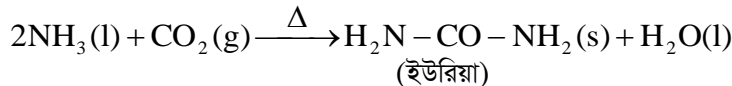
ফসফরিক এসিডের বহুবিদ ব্যবহার রয়েছে। বিশেষ করে ফসফেট সার যেমন:ট্রিপল সুপার ফসফেট(টি.এস. পি.) ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট(ডি.এ.পি) সার উৎপাদনে ফসফরিক এসিড ব্যবহৃত হয়।

১.১১.০ কৃষি বিজ্ঞানে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যৌগের গুরুত্ব

কৃষিক্ষেত্রে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যৌগের গুরুত্ব অপরিসীম। সবুজ উদ্ভিদ ক্লোরোফিলের উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষণের মাধ্যমে সর্করা তৈরী করে তার দেহের বৃদ্ধি ও বিকাশ ঘটায়। আর এই ক্লোরোফিল হলো নাইট্রোজেন গঠিত একটি জটিল। আবার ফসফরাস উদ্ভিদ দেহের কাঙ্কে দৃঢ় ও মজবুত করতে এবং মূলের বৃদ্ধিতে ভূমিকা রাখে। উদ্ভিদ মূলের সাহায্যে মাটি হতে নাইট্রোজেনকে নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে এবং ফসফরাসকে ফসফেট লবণ হিসাবে শোষণ করে তার চাহিদা মিটায়। একই জমিতে বাব বার চাষাবাদের কারণে মাটিতে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস লবণের ঘাটতি দেখা দেয়। ফলে মাটির উর্বরতা হ্রাস পায়। তাই কৃষি কাজে মাটির উর্বরতা রক্ষায় মাটিতে রাসায়নিক সার হিসাবে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যৌগ ব্যাপকভাবে প্রয়োগ করা হয়। নিম্নে রাসায়নিক সার হিসাবে ব্যবহৃত হয় এমন কয়েকটি নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যৌগের পরিচিতি ধরেতুলা হলো।

নাইট্রোজেন সার

নাইট্রোজেন যৌগের মধ্যে প্রধানত ইউরিয়া নাইট্রোজেন সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বাংলাদেশে ‘পলাশ ইউরিয়া সার কারখানা’-ঘোড়াশাল ; ‘জিয়া সার কারখানা’-আশুগঞ্জ ; ‘যমুনা সার কারখানা’-জামালপুর ; ‘চট্টগ্রাম ইউরিয়া সার কারখানা’-চট্টগ্রাম ও ‘প্রাকৃতিক গ্যাস সার কারখানা’-ফেঞ্চগঞ্জ এ প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে প্রচুর পরিমাণে ইউরিয়া সার তৈরী করা হয়। এসব কারখানায় প্রাকৃতিক গ্যাস, বায়ু ও স্টিমের প্রভাবকীয় রিফর্মিং দ্বারা N₂, H₂ ও CO₂ গ্যাস তৈরী করা হয়। N₂ ও H₂ হতে হেবার পদ্ধতিতে NH₃ সংশ্লেষণ করে NH₃ এর সাথে CO₂ বিক্রিয়া ঘটিয়ে ইউরিয়া তৈরী করা হয়।

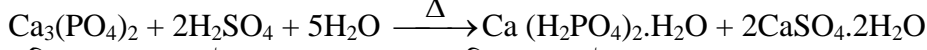


অন্যান্য নাইট্রোজেন সারসমূহ হলো অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম নাইট্রেট, ক্যালসিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি।

ফসফরাস সার

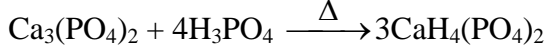
ফসফরাস সারগুলোর মধ্যে সিঙ্গেল সুপার ফসফেট(SSP) ও ট্রিপল সুপার ফসফেট(TSP) অন্যতম। রাসায়নিক ভাবে সিঙ্গেল সুপার ফসফেট(SSP) হলো মনো ক্যালসিয়াম ফসফেট মনোহাইড্রেট ও জিপসামের মিশ্রণ। এর সংকেত : $[Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + CaSO_4 \cdot 2H_2O]$ । SSP সারে 16-20% P_2O_5 থাকে।

চূর্ণ-বিচূর্ণ রক ফসফেট বা ফসফোরাইট আকরিকের সাথে গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়া দ্বারা SSP সার তৈরী করা হয়।

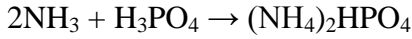


অপরদিকে, ট্রিপল সুপার ফসফেট(TSP) হলো মনোক্যালসিয়াম ফসফেট; এর সংকেত : $Ca(H_2PO_4)_2$ । TSP সারে 42-46% P_2O_5 থাকে। এই সারে সুপার ফসফেট অপেক্ষা তিনগুন পরিমাণে মনো ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে বলেই একে ট্রিপল সুপার ফসফেট (TSP) বলা হয়।

গাঢ়ীকৃত রক ফসফেট বা ফসফোরাইট আকরিকের সাথে ফসফরিক(V)এসিডের বিক্রিয়া দ্বারা TSP সার তৈরী করা হয়।

**নাইট্রোজেন-ফসফরাস মিশ্র সার**

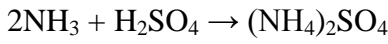
ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট(DAP) একটি নাইট্রোজেন ও ফসফরাসযুক্ত মিশ্রসার। হেবার পদ্ধতিতে উৎপাদিত অ্যামোনিয়ার সাথে ফসফরিক এসিডের বিক্রিয়া দ্বারা DAP সার প্রস্তুত করা হয়।



DAP সারে 20-30% ফসফরাস ও 16-18% নাইট্রোজেন থাকে।

নাইট্রোজেন-সালফার মিশ্র সার

অ্যামোনিয়াম সালফেট একটি নাইট্রোজেন ও সালফার মিশ্রিত মিশ্রসার। এটি একটি অম্লীয় সার। বিশেষকরে চা উৎপাদনে এ সার ব্যবহৃত হয়। হেবার পদ্ধতিতে উৎপাদিত অ্যামোনিয়ার সাথে গাঢ় সালফিউরিক এসিডের বিক্রিয়া দ্বারা অ্যামোনিয়াম সালফেট সার প্রস্তুত করা হয়।

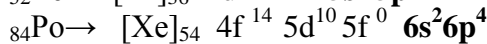
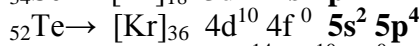
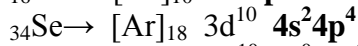
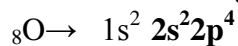
**গ্রুপ-VIA মৌলসমূহের রসায়ন****১.১২.০ পরিচিতি(Introduction)**

গ্রুপ-VIA এর মৌলসমূহ হলো অক্সিজেন(O), সালফার(S), সেলেনিয়াম(Se), টেলুরিয়াম(Te) ও পোলোনিয়াম(Po)। পোলোনিয়াম তেজস্ক্রিয় বলে এটি অস্থিতিশীল। গ্রুপ-VIA এর পোলোনিয়াম ছাড়া বাকি মৌলগুলোকে প্রকৃতিতে মুক্তাবস্থায় বা যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়। অধিকাংশ ধাতু অক্সিজেন ও সালফারের সাথে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে অক্সাইড ও সালফাইড আকরিক হিসাবে প্রকৃতিতে বিরাজ করে। তাই গ্রুপ-VIA এর পোলোনিয়াম ছাড়া বাকি মৌলগুলোকে 'চ্যালকোজেন'(Chalcogens-Ore forming) তথা 'আকরিক উৎপাদনকারী' মৌল বলা হয়।

সারণি-১.১২ এ গ্রুপ-VIA এর মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা, প্রতীক ও বিভিন্ন শেলে ইলেকট্রন সংখ্যা দেখানো হয়েছে।

[সারণি-১.১২ঃ গ্রুপ-VIA এর মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা, প্রতীক ও বিভিন্ন শেলে ইলেকট্রন সংখ্যা]

পারমাণবিক সংখ্যা	মৌল	প্রতীক	ইলেকট্রন সংখ্যা / শেল
8	Oxygen(অক্সিজেন)	O	2, 6
16	Sulphur(সালফার)	S	2, 8, 6
34	Selenium (সেলেনিয়াম)	Se	2, 8, 18, 6
52	Tellurium (টেলুরিয়াম)	Te	2, 8, 18, 18, 6
84	Polonium (পোলোনিয়াম)	Po	2, 8, 18, 32, 18, 6

১.১২.১ গ্রুপ-VIA এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও বৈশিষ্ট্য

গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাসে লক্ষ্যনীয় যে,

- ১। এদের প্রত্যেকের পরমানুর বহিঃশক্তিস্তরে ৬টি করে ইলেকট্রন রয়েছে ;
- ২। এদের পরমানুর বহিঃশক্তিস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস : ns^2np^4 [$n=2-6$]
- ৩। এরা সবাই P-ব্লক মৌল।

১.১২.২ গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম

[সারণি-১.১৩ : গ্রুপ-VA এর মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্তিক ধর্ম]

মৌল	পারমানবিক সংখ্যা (Z)	ভৌতাবস্থা	গলনাংক (T_m , °C)	স্ফুটনাংক (T_b , °C)	পারমানবিক ব্যসার্ধ (nm)	আয়নিক ব্যসার্ধ (nm)	আয়নিকরণ শক্তি (kJ mol^{-1})	তড়িৎঋণাত্মকতা (পauli স্কেল 4.0)
O	8	গ্যাস	-219	-183	0.074	0.140	1323	3.5
S	16	কঠিন	113(rh)	444	0.104	0.184	1007	2.44
Se	34	কঠিন	217	685	0.114	0.198	948	2.4
Te	52	কঠিন	450	990	0.137	0.221	876	2.1
Po	84	কঠিন	254	962	0.152	0.230	820	2.0

গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর মধ্যে অক্সিজেন অনেকটা ব্যতিক্রমী মৌল। কক্ষ তাপমাতায় অক্সিজেন গ্যাস হলেও বাকি মৌলগুলো কঠিন। পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর পরমানুর আকার, গলনাংক ও স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায়। আবার এদের পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিকরণ শক্তি ও তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পায়। অক্সিজেন ব্যতিক্রম হওয়ার কারণে এর তড়িৎঋণাত্মকতা অনেক বেশি(3.5) এবং যোজনী স্থির(2)।

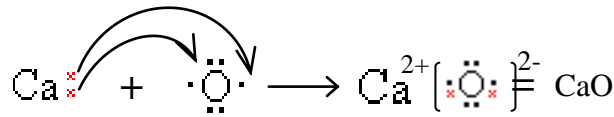
১.১২.৩ ইলেকট্রনীয় গঠনের ভিত্তিতে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা

১.১২.৩.১ গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলো আয়নিক ও সমযোজী যৌগ যৌগ গঠন করে :

(ক) আয়নিক যৌগ গঠন : গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ৬টি করে (ns^2np^4) ইলেকট্রন রয়েছে। বহিঃশক্তিস্তরে অষ্টকপূর্ণ (ns^2np^6) হতে এদের আর ২টি ইলেকট্রন প্রয়োজন। তাই এরা ধাতব মৌলের সাথে বিক্রিয়া কালে বহিঃশক্তিস্তরে দু'টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে আয়নিক যৌগ গঠন করে। যেমন:

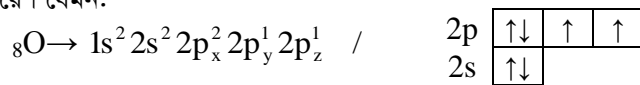
ধাতু অক্সাইড (M_2O_x) : CaO, MgO, Na₂O, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃ ইত্যাদি।

ধাতু সালফাইড (M_2S_x) : CaS, MgS, Na₂S, CuS, FeS, Fe₂S₃ ইত্যাদি।

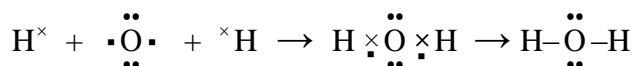


লক্ষ্যনীয় যে, গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর মধ্যে অক্সিজেন ছাড়া বাকি মৌলসমূহের তড়িৎঋণাত্মকতা কম বলে এরা শুধুমাত্র তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সাথে আয়নিক যৌগ গঠন করে।

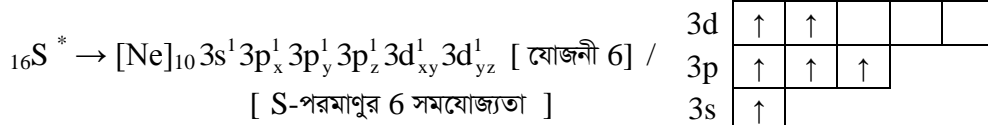
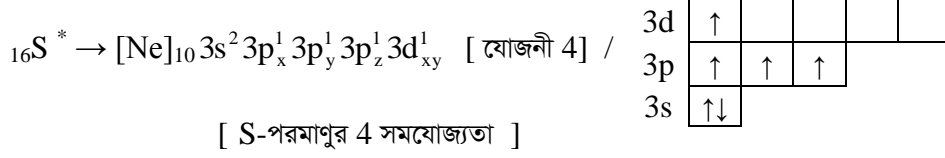
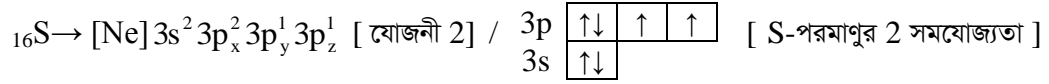
(খ) সমযোজী যৌগ গঠন : গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে দু'টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন রয়েছে। এরা অন্য পরমাণুর সাথে এ দু'টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন শেয়ার করে নিষ্ক্রিয় মৌলের মত অষ্টক পূর্ণতার মাধ্যমে সমযোজ্যতা 2 প্রদর্শন করে সমযোজী যৌগ গঠন করে। যেমন:



[O-পরমানুর বহিঃশক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস]



গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর মধ্যে অক্সিজেন ছাড়া বাকিগুলোর পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল থাকায় এরা সমযোজ্যতা 2 প্রদর্শনের পাশাপাশি 4 ও 6 সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে। যেমন: সালফার 2, 4 ও 6 সমযোজ্যতা দেখায়।



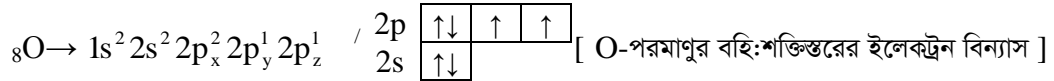
H₂S, SF₄, SF₆ যৌগ তিনটিতে সালফার যথাক্রমে 2, 4 ও 6 সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে।

১.১২.৩.২ পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর সক্রিয়তা হ্রাস পায় :

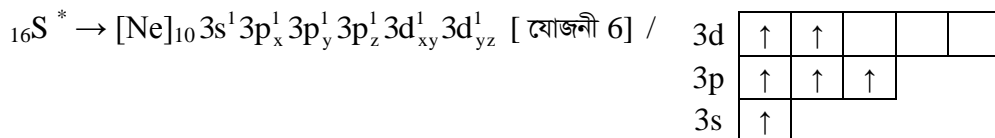
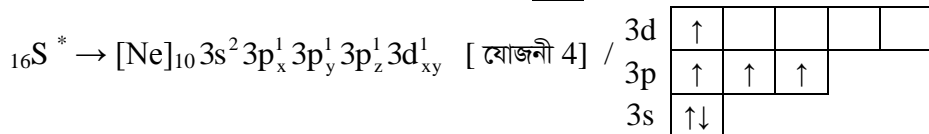
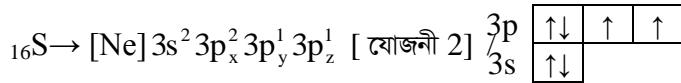
গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে এদের সক্রিয়তা হ্রাস পায়। যেমন ক্ষার ধাতু ও মৃৎ-ক্ষারধাতুসমূহ অল্প তাপে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে অক্সাইড গঠন করে। কিন্তু উক্ত ধাতুসমূহ সালফারের সাথে অনুরূপ সালফাইড গঠনকালে অধিক তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। এসব ধাতু সাধারণত সেলেনাইড ও টেলুরাইড গঠন করে না। পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর তড়িৎঋণাত্মকতা হ্রাস পাওয়ার কারণেই এরূপ ঘটে।

১.১২.৩.৩ অক্সিজেন ও সালফার একই গ্রুপে অবস্থান করলেও অক্সিজেনের যোজনী স্থির কিন্তু সালফারের যোজনী পরিবর্তনশীল :

গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর মধ্যে অক্সিজেন ব্যতিক্রমধর্মী। অক্সিজেনের যোজ্যতাস্তর ২য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর আকার ছোট এবং তড়িৎঋণাত্মকতা অস্বাভাবিক রকমের বেশি(3.5)। অক্সিজেনের বহিঃশক্তিস্তরে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকায় এবং অধিক তড়িৎঋণাত্মক হওয়ায় এটি অন্য মৌলের সাথে ২টি ইলেকট্রন শেয়ার করে অথবা অন্য মৌল হতে ২টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে অষ্টক পূর্ণতার মাধ্যমে শুধুমাত্র ২ যোজ্যতা ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে।



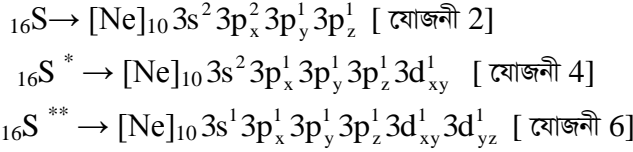
অপরদিকে, সালফারের যোজ্যতা স্তর ৩য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর আকার অক্সিজেন অপেক্ষা বড় এবং তড়িৎঋণাত্মকতা (2.44) অক্সিজেন অপেক্ষা কম। সালফারের বহিঃশক্তিস্তরে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকায় এটি অন্য মৌলের সাথে ২টি ইলেকট্রন শেয়ার করে বা অন্য মৌল হতে ২টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে অষ্টক পূর্ণতার মাধ্যমে 2 যোজ্যতা ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। তবে S-পরমাণুর বহিঃশক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটালের উপস্থিতি থাকার কারণে বিভিন্ন অবস্থায় এর বহিঃস্তরের 3p এবং 3s-অরবিটালে বিদ্যমান ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে বহিঃস্থ ফাঁকা 3d-অরবিটালে স্থানান্তরিত হয় ; এতে বিভিন্ন অবস্থায় সালফারের বহিঃশক্তিস্তরে ৪টি বা ৬টি অযুগল ইলেকট্রনের সৃষ্টি হয় এবং সালফার 4 ও 6 যোজ্যতা ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। H₂S, SF₄, SF₆ যৌগ তিনটিতে সালফার যথাক্রমে 2, 4 ও 6 সমযোজ্যতা প্রদর্শন করে।



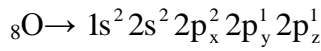
অতএব, অক্সিজেন পরমাণুর অধিক তড়িৎঋণাত্মকতা ও এবং এতে d-অরবিটালের অনুপস্থিতির কারণে এর যোজনী ও জারণাবস্থা স্থির। অপরদিকে, সালফার পরমাণুর তড়িৎঋণাত্মকতা কম এবং এতে d-অরবিটালের উপস্থিতির কারণে এর যোজনী ও জারণাবস্থা পরিবর্তনশীল।

১.১২.৩.৪ SF₆ গঠিত হলেও OF₆ গঠিত হয় না- এর ব্যাখ্যা :

সালফারের যোজ্যতাস্তর ৩য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর বহিশক্তিস্তরে ফাঁকা d -উপশক্তিস্তর রয়েছে। তাই উত্তেজিত অবস্থায় সালফার এর বহিঃস্তরের 3p এবং 3s -উপশক্তিস্তরে বিদ্যমান ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে বহিঃস্থ ফাঁকা 3d -অরবিটালসমূহে স্থানান্তরিত করে বহিঃশক্তিস্তরে ৪টি বা ৬টি অযুগল ইলেকট্রনের সৃষ্টির মাধ্যমে 4 ও 6 যোজ্যতা ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে। সালফার 6 যোজ্যতা ও জারণাবস্থা প্রদর্শন করে ৬টি F পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হয়ে SF₆ গঠন করে। F- পরমাণুর আকার অত্যন্ত ক্ষুদ্র ও ফ্লোরিনের তড়িৎঋণাত্মকতা অত্যধিক হওয়ায় SF₆ একটি সুস্থিত যৌগ।



অপরদিকে, অক্সিজেনের যোজ্যতাস্তর ২য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর বহিশক্তিস্তরে কোন d -উপশক্তিস্তর নেই। তাই এর উত্তেজিত অবস্থায় বহিঃস্তরের p এবং s -উপশক্তিস্তরে ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে 3d -অরবিটালসমূহে স্থানান্তরিত করার কোন সুযোগ নেই। তাই অক্সিজেনের যোজনী(২) ও জারণাবস্থা (+2) স্থির।



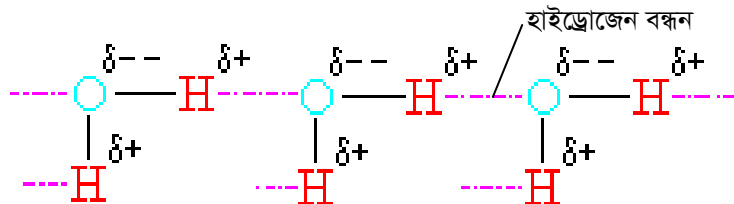
অক্সিজেনের যোজনী(2) ও জারণাবস্থা (+2) স্থির বলেই এটি OF₆ গঠন করতে পারে না।

১.১২.৩.৫ পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইডের স্থিতিশীলতা হ্রাস পায়, অম্লধর্মীতা ও বিজারণধর্মীতা বৃদ্ধি পায়।

গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলো '-2' জারণ সংখ্যা বিশিষ্ট হাইড্রাইড গঠন করে। যেমন : H₂O, H₂S, H₂Se, H₂Te, H₂Po । পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইডসমূহের স্থিতিশীলতা ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। এদের মধ্যে একমাত্র H₂O ই স্থিতিশীল। সাধারণ তাপমাত্রায় H₂O বর্ণ ও গন্ধহীন তরল(পানি) হলেও অন্যান্য হাইড্রাইডগুলো তীব্র গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। যেমন H₂S পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। সাধারণ তাপমাত্রায় H₂O অনুসমূহ হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে বড় আকারের আনবিক গুচ্ছ তৈরী করে বলে সাধারণ তাপমাত্রায় H₂O তরল অবস্থায় বিরাজ করে। কিন্তু অন্যান্য হাইড্রাইডসমূহে কোন হাইড্রোজেন বন্ধন থাকে না বলে এরা সাধারণ অবস্থায় গ্যাস হিসাবে বিরাজ করে। আবার, পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইডসমূহের অম্লধর্মীতা ও বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। যেমন H₂O প্রশম ও বিজাক না হলেও H₂S অম্লধর্মী ও বিজারক। পারমানবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর হাইড্রাইডসমূহের স্থায়িত্ব হ্রাসের মাধ্যমে সক্রিয়তা বৃদ্ধির কারণে এরূপ ঘটে।

১.১২.৩.৬ সাধারণ তাপমাত্রায় H₂O তরল হলেও H₂S গ্যাসীয় অবস্থায় বিরাজ করে :

অক্সিজেনের যোজ্যতা স্তর ২য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর আকার ছোট এবং তড়িৎঋণাত্মকতা অস্বাভাবিক রকমের বেশি(3.5)। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তড়িৎঋণাত্মকতার পার্থক্য অধিক হওয়ায় H—O সমযোজী বন্ধনের বন্ধন জোড় ইলেকট্রন মাঝামাঝি অবস্থান থেকে সরে অক্সিজেন পরমাণুর দিকে পরিব্যপ্ত হয় ; ফলে H—O বন্ধন পোলারিটি অর্জন করে এবং H₂O অনু পোলার হয়। কক্ষ তাপমাত্রায় H₂O এর পোলার অণুসমূহ পরস্পর হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে গুচ্ছাকারে অবস্থান করে। এই কারণে সাধারণ অবস্থায় H₂O তরল অবস্থায় বিরাজ করে।

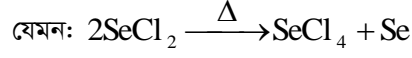


[চিত্র : ১.১৪ H₂O অণুতে হাইড্রোজেন বন্ধন]

অপরদিকে, সালফার পরমাণুর যোজ্যতা স্তর ৩য় শক্তিস্তর হওয়ায় এর পরমাণুর আকার অনেকটা বড় এবং তড়িৎঋণাত্মকতা অক্সিজেন অপেক্ষা কম (2.44)। হাইড্রোজেন ও সালফারের তড়িৎঋণাত্মকতার পার্থক্য অধিক না হওয়ায় H—S সমযোজী বন্ধনের পোলারিটি খুবই কম। তাই সাধারণ তাপমাত্রায় H₂S এর অণুসমূহের মধ্যে অস্থায়ী ডাইপোল-ডাইপোল বন্ধন তথা ভেডারওয়াল বল ক্রিয়া করে এবং H₂S অণুসমূহ প্রায় মুক্তাবস্থায় বিরাজ করে। এই কারণেই সাধারণ অবস্থায় H₂O তরল অবস্থায় বিরাজ করলেও H₂S গ্যাস অবস্থায় বিরাজ করে।

১.১২.৩.৭ গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলো হ্যালাজেনের সাথে বিভিন্ন প্রকার হ্যালাইড গঠন করে :

গ্রুপ-VIA এর অক্সিজেন ছাড়া অন্যান্য মৌলসমূহ মনোহ্যালাইড, ডাই হ্যালাইড, ট্রেট্রা হ্যালাইড, হেক্সা হ্যালাইড গঠন করে। অক্সিজেন ফ্লোরিনের সাথে শুধুমাত্র ডাই ফ্লোরাইড(OF_2) গঠন করে। ডাই হ্যালাইডসমূহ বেশ অস্থিতিশীল। এদেরকে তাপ দিলে ট্রেট্রা হ্যালাইডে পরিনত হয়। একে স্বত:জারণ-বিজারণ বলে।



ডাই হ্যালাইডসমূহের মধ্যে SCl_2 বেশ গুরুত্বপূর্ণ। এটি রাবার ভলকানাইজেশনে ব্যবহৃত হয়। ট্রেট্রা হ্যালাইডের মধ্যে SF_4 গ্যাস, SCl_4 -তরল এবং $SeCl_4, TeCl_4, TeF_4$ -কঠিন। ট্রেট্রা হ্যালাইডসমূহ ত্রিকোণীয় পিরামিড আকৃতির। গ্রুপ-VIA এর অক্সিজেন ছাড়া অন্যান্য মৌলসমূহ শুধুমাত্র ফ্লোরিনের সাথে হেক্সাফ্লোরাইড গঠন করে। যেমন: SF_6, SeF_6, TeF_6 । হেক্সা ফ্লোরাইডসমূহের অণু অষ্টতলকীয়। হেক্সা ফ্লোরাইডগুলো সমযোজী গ্যাস।

১.১২.৪ অক্সিজেন ও সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে তুলনা**১.১২.৪.১ অক্সিজেন ও সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্যসমূহ :**

অক্সিজেন ও সালফারের মধ্যে উল্লেখযোগ্য সাদৃশ্যগুলো হলো :

- ১। অক্সিজেন ও সালফার উভয়েই সক্রিয় অধাতু।
- ২। এরা উভয়েই বহুরূপতা দেখায়। যেমন: অক্সিজেনের একটি রূপভেদ হলো ওজোন(O_3)এবং সালফারের রূপভেদগুলো হলো রম্বিক সালফার, মনোক্লিনিক সালফার, প্লাস্টিক সালফার ইত্যাদি।
- ৩। অক্সিজেন ও সালফার উভয়ের পরমানুর বহি:শক্তিস্তরে ৬টি করে(ns^2np^4) ইলেকট্রন রয়েছে।
 $8O \rightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$; $16S \rightarrow [Ne]_{10} 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$
- ৪। এরা উভয়েই ২ সমযোজ্যতা (যেমন : H_2O, H_2S) এবং -২ জারণাবস্থা (যেমন : CuO, CuS) দেখায়।
- ৫। এরা উভয়েই স্থায়ী (H_2O, H_2S) ও অস্থায়ী (H_2O_2, H_2S_2) হাইড্রাইড গঠন করে।
- ৬। এরা উভয়েই C, P, As ইত্যাদি মৌলে সাথে একই ধরণের যৌগ গঠন করে। যেমন:
 অক্সিজেন $\rightarrow H_2O, CO_2, P_2O_5, As_2O_3$
 সালফার $\rightarrow H_2S, CS_2, P_2S_5, As_2S_3$
- ৭। এরা উভয়েই সক্রিয় ধাতুর সাথে আয়নিক প্রকৃতির অক্সাইড ও সালফাইড গঠন করে। যেমন: Na_2O, Na_2S ।

১.১২.৪.২ অক্সিজেন ও সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে বৈসাদৃশ্যসমূহ :

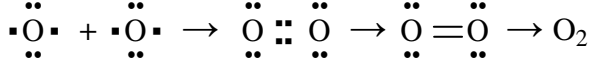
অক্সিজেন ও সালফারের মধ্যে উল্লেখযোগ্য বৈসাদৃশ্যগুলো হলো :

- ১। অক্সিজেন বর্ণ ও গন্ধহীন গ্যাস। অপরদিকে, সাধারণ অবস্থায় সালফার হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ।
- ২। সাধারণত অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক(O_2) হলেও সালফারের অণু অষ্ট-পরমাণুক(S_8)।
- ৩। অক্সিজেনের যোজনী (২) ও জারণাবস্থা(-২) স্থির হলেও সালফার পরিবর্তনশীল যোজনী (২,৪,৬) ও জারণাবস্থা (-২,+২,+৪,+৬) প্রদর্শন করে।
- ৪। SF_6 গঠিত হলেও OF_6 গঠিত হয় না।
- ৫। অক্সিজেন অপেক্ষা(৩.৫) সালফারের তড়িৎঋণাত্মকতা (২.১)কম হওয়ায় H_2O অনেকটা পোলার হলেও H_2S অপোলার। তাই সাধারণ অবস্থায় H_2O অণুসমূহ পরস্পর হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে তরল অবস্থায় বিরাজ করে। অপরদিকে, সাধারণ অবস্থায় H_2S অণুসমূহের মধ্যে কোন হাইড্রোজেন বন্ধন গঠিত হয়না বলে H_2S গ্যাস হিসাবে বিরাজ করে।
- ৬। অক্সিজেনের হাইড্রাইড, H_2O প্রশম ও অবিজারক হলেও সালফারের হাইড্রাইড, H_2S এসিড ধর্মী ও বিজারক।
- ৭। অক্সিজেন নিজে জ্বলে না, অন্যকে জ্বলতে সাহায্য করে কিন্তু সালফার নিজে জ্বলে।
- ৮। অক্সাইড (O^{2-}) আয়নের আকার অপেক্ষা সালফাইড (S^{2-}) আয়নের আকার বড় হওয়ায় সালফাইডসমূহে অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণে পোলার গঠে। তাই অক্সাইডসমূহ সালফাইড অপেক্ষা অধিক আয়নিক প্রকৃতির।

অক্সিজেন(Oxygen)

১.১৩.০ অক্সিজেনের অবস্থান : অক্সিজেনের প্রধান উৎস হলো বায়ুমন্ডল। বায়ু মন্ডলের মোট আয়তনের ২১% অক্সিজেন গ্যাস। পানিতে অল্প পরিমাণে অক্সিজেন দ্রবীভূত অবস্থায় রয়েছে। তাছাড়া ভূ-ত্বকের মোট ভরের ৪৯% অক্সিজেন যৌগ দ্বারা তৈরী। বিভিন্ন অক্সাইড, কার্বনেট, সালফেট, নাইট্রেট, ফসফেট, সিলিকেট, স্টার্চ, সেলুলোজ, প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড ইত্যাদি যৌগসমূহের সবই অক্সিজেনের যৌগ।

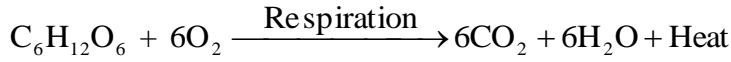
১.১৩.১ অক্সিজেনের ধর্ম : গ্রুপ-VIA এর মৌলগুলোর মধ্যে অক্সিজেন অনেকটা ব্যতিক্রম ধর্মী মৌল। তড়িৎঋণাত্মকতার দিক থেকে ফ্লোরিনের (4.0) পরেই অক্সিজেনের (3.5) স্থান। অক্সিজেনের অণুতে দুটি অক্সিজেন পরমাণু পরস্পর দ্বি-বন্ধনে যুক্ত থাকে।



অক্সিজেনের গলনাংক ও স্ফুটনাংক যথাক্রমে $-219^{\circ}C$ ও $-183^{\circ}C$ । অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল বলে নিষ্ক্রিয় মৌল ছাড়া প্রায় সকল মৌলের সাথে যৌগ গঠন করে।

১.১৩.২ অক্সিজেনের উৎপাদন : শিল্প ক্ষেত্রে তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করে অক্সিজেনের বানিজ্যিক উৎপাদন করা হয়। লিভে পদ্ধতিতে বায়ুকে তরল করে আংশিক পাতন করলে পাতন কলামে $-196^{\circ}C$ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস এবং $-183^{\circ}C$ তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়। উৎপন্ন অক্সিজেন গ্যাসকে উচ্চ চাপে সিলিন্ডারে ভরে ব্যবহারের জন্য সরবরাহ করা হয়।

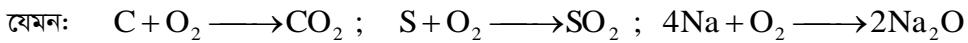
১.১৩.৩ অক্সিজেনের ব্যবহার : অক্সিজেন একটি অতিব গুরুত্বপূর্ণ মৌল। জীবদেহের শ্বাসন ক্রিয়ায় অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। শ্বাসন প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপশক্তি দিয়েই জীব সজীব ও কর্মক্ষম হয়।



ওয়েলডিং বা ঝালাইয়ের কারখানায় ধাতু কাটা, জোড়া লাগানোর কাজে ব্যবহৃত উচ্চ তাপমাত্রা সৃষ্টিকারী অক্সি-অ্যাসিটিলিন বা অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা তৈরীর কাজে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়। মুমূর্ষ রোগী, ডুবুরী, পর্বতারোহী, খনি শ্রমিকদের কৃত্রিমভাবে শ্বাস-প্রশ্বাস চালানোর জন্য অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

১.১৩.৪ অক্সিজেনের যৌগ : অক্সিজেন একটি সক্রিয় মৌল। নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রায় সকল মৌলের সাথে অক্সিজেন যৌগ গঠন করে। ভূ-ত্বকের মোট ভরের ৪৯% অক্সিজেন যৌগ দ্বারা তৈরী। বিভিন্ন ধাতব ও অধাতব অক্সাইড, কার্বনেট, সালফেট, নাইট্রেট, ফসফেট ও সিলিকেটসমূহ অক্সিজেনের যৌগ। স্টার্চ, সেলুলোজ, প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, ফ্যাটি এসিড, ফেনল ইত্যাদি জৈব যৌগসমূহের সবই অক্সিজেনের যৌগ।

১.১৩.৫ অক্সাইডসমূহ : অক্সিজেনের সাথে অন্য মৌলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দ্বি-মৌল যৌগসমূহকে অক্সাইড বলে।



১.১৩.৫.১ অক্সাইডসমূহের শ্রেণী বিন্যাস : অক্সাইডসমূহকে প্রধানত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

যথা : ১। ধাতু অক্সাইড এবং ২। অধাতু অক্সাইড।

প্রকৃতি অনুযায়ী অক্সাইডসমূহকে নিম্নোক্ত ৪টি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

যথা: ক। অম্লীয় বা এসিডিক অক্সাইড খ। ক্ষারকীয় বা বেসিক অক্সাইড
গ। উভয়ধর্মী অক্সাইড এবং ঘ। নিরপেক্ষ বা প্রশম অক্সাইড।

এ ছাড়া পার অক্সাইড, সুপার অক্সাইড, সাব অক্সাইড, পলি অক্সাইড ও যৌগিক বা মিশ্র অক্সাইড নামের অক্সাইড রয়েছে।

১.১৩.৫.২ ধাতু অক্সাইড : ধাতুর সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অক্সাইডকে ধাতু অক্সাইড বলে। যেমন: CaO, MgO, FeO, Fe₂O₃, ZnO, PbO, Na₂O, Al₂O₃ ইত্যাদি।

১.১৩.৫.৩ অধাতু অক্সাইড : অধাতুর সাথে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অক্সাইডকে অধাতু অক্সাইড বলে। যেমন: CO, CO₂, NO, N₂O₃, SO₂, SO₃, P₂O₅, As₂O₃ ইত্যাদি।

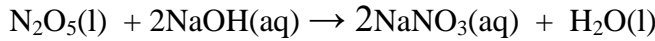
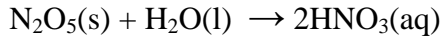
১.১৩.৫.৪ অম্লীয় বা এসিডিক অক্সাইড : যে সকল অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়া করে এসিড বা অম্ল তৈরী করে এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে তাদেরকে অম্লীয় বা এসিডিক অক্সাইড বলে। সাধারণত অধাতুর অক্সাইডসমূহ অম্লীয় বা অম্লধর্মী অক্সাইড হিসাবে ক্রিয়া করে।

যেমন : CO_2 , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_5 , SO_2 , SO_3 , P_2O_5 ইত্যাদি অম্লীয় বা এসিডিক অক্সাইডের উদাহরণ।

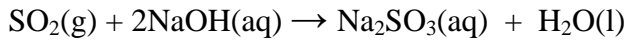
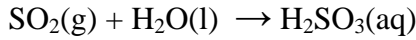
(১) NO_2 এর অম্লধর্মীতা : NO_2 পানির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিড ও নাইট্রাস এসিড এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় NO_2 অম্লধর্মী।



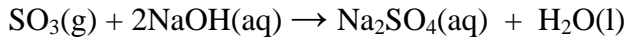
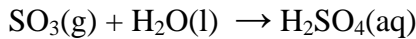
(২) N_2O_5 এর অম্লধর্মীতা : N_2O_5 পানির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিড এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় N_2O_5 অম্লধর্মী।



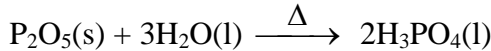
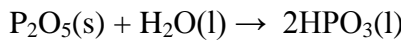
(৩) SO_2 এর অম্লধর্মীতা : SO_2 পানির সাথে বিক্রিয়া করে সালফিউরাস এসিড এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় SO_2 অম্লধর্মী।



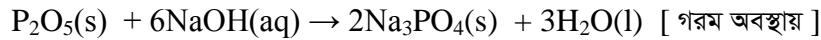
(৪) SO_3 এর অম্লধর্মীতা : SO_3 পানির সাথে বিক্রিয়া করে সালফিউরিক এসিড এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় SO_3 অম্লধর্মী।



(৫) P_2O_5 এর অম্লধর্মীতা : P_2O_5 ঠাণ্ডা পানির সাথে বিক্রিয়া করে মেটা ফসফরিক এবং গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে অর্থো ফসফরিক এসিড তৈরী করে।



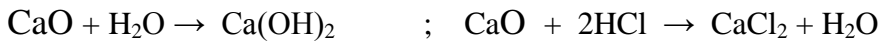
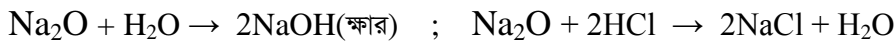
আবার, P_2O_5 ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এতে প্রমাণিত হয় P_2O_5 অম্লধর্মী।



১.১৩.৫.৫ ক্ষারকীয় বা বেসিক অক্সাইড : যে সকল অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়া করে ক্ষারক তৈরী করে এবং এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে তাদেরকে ক্ষারকীয় বা বেসিক অক্সাইড বলে। সাধারণত ধাতুর অক্সাইডসমূহ ক্ষারকীয় বা বেসিক অক্সাইড হিসাবে ক্রিয়া করে।

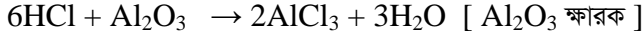
যেমন : CaO , Na_2O , MgO , K_2O ইত্যাদি ক্ষারকীয় বা বেসিক অক্সাইডের উদাহরণ।

ক্ষারকীয় অক্সাইডের বৈশিষ্ট্য হলো- এদের অনেকে পানির সাথে বিক্রিয়া করে ক্ষার তৈরী করে এবং এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে।



১.১৩.৫.৬ উভয়ধর্মী অক্সাইড: যে সকল অক্সাইড কোন বিক্রিয়ায় এসিড এবং কোন বিক্রিয়ায় ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে অর্থাৎ যে সকল অক্সাইড পরিবেশের প্রেক্ষিতে এসিড ও ক্ষারক উভয়রূপে বিক্রিয়া করে তাদেরকে উভয়ধর্মী অক্সাইড বলে। যেমন: Al_2O_3 , ZnO , PbO , SnO ইত্যাদি উভয়ধর্মী অক্সাইডের উদাহরণ।

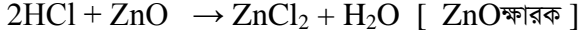
(১) Al_2O_3 এর উভয়ধর্মী অক্সাইড হিসাবে ক্রিয়া : Al_2O_3 , HCl-এসিডকে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে Al_2O_3 ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।



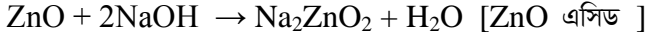
আবার- Al_2O_3 , ক্ষার NaOH কে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে Al_2O_3 এসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।



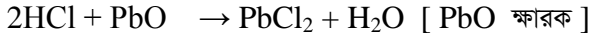
(২) ZnO এর উভয়ধর্মী অক্সাইড হিসাবে ক্রিয়া : ZnO , HCl-এসিডকে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে ZnO ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।



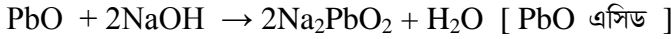
আবার- ZnO ক্ষার NaOH কে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে ZnO এসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।



(৩) PbO এর উভয়ধর্মী অক্সাইড হিসাবে ক্রিয়া : PbO , HCl-এসিডকে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে PbO ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

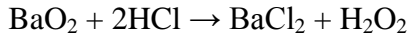


আবার- PbO ক্ষার NaOH কে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। এক্ষেত্রে PbO এসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।



১.১৩.৫.৭ নিরপেক্ষ বা প্রশম অক্সাইড : যে সকল অক্সাইড এসিড বা ক্ষারক কোনটির সাথেই বিক্রিয়া করে না তথা যারা কোন এসিডিক বা ক্ষারক ধর্ম দেখায় না তাদেরকে নিরপেক্ষ বা প্রশম অক্সাইড বলে। যেমন: CO , N_2O , NO , H_2O ইত্যাদি প্রশম বা নিরপেক্ষ অক্সাইডের উদাহরণ।

১.১৩.৬.০ পারঅক্সাইড : যে সকল অক্সাইডে সাধারণ অক্সিজেন বা ক্ষারকীয় অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণে অক্সিজেন যুক্ত থাকে এবং খনিজ এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড তৈরী করে তাদেরকে পার অক্সাইড বলে। যেমন: Na_2O_2 , BaO_2 ইত্যাদি।



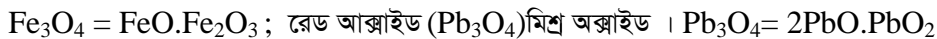
১.১৩.৬.১ পলিঅক্সাইড : যে সকল অক্সাইডে সাধারণ অক্সিজেন বা ক্ষারকীয় অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণে অক্সিজেন যুক্ত থাকে এবং খনিজ এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড তৈরী করে না তাদেরকে পলি অক্সাইড বলে। যেমন: MnO_2 , PbO_2 ইত্যাদি।



১.১৩.৬.২ সুপার অক্সাইড : যে সকল অক্সাইডে পলি অক্সাইড অপেক্ষা অধিক পরিমাণে অক্সিজেন যুক্ত থাকে তাদেরকে সুপার অক্সাইড বলে। যেমন: KO_2 ইত্যাদি।



১.১৩.৬.৩ মিশ্র অক্সাইড : যে সকল অক্সাইড একই মৌলের দুটি ভিন্ন জারণাবস্থায় বিরাজমান অক্সাইডের সমন্বয়ে গঠিত হয় তাদেরকে মিশ্র অক্সাইড বা যৌগিক অক্সাইড বলে। যেমন: ফেরাসো ফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) একটি মিশ্র বা যৌগিক অক্সাইড। এটি ফেরাস অক্সাইড (FeO) ও ফেরিক অক্সাইড(Fe_2O_3) এর সমন্বয়ে গঠিত।



১.১৩.৭.০ অক্সাইডের গুরুত্ব/ব্যবহার

অক্সাইডসমূহের বহুবিদ ব্যবহার রয়েছে।

- ১। মাঝারী সক্রিয় ধাতুর অক্সাইড যেমন: ম্যাগনেটাইট (Fe_3O_4), হেমাটাইট ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$), বক্সাইট ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$), ক্রোমাইট($FeO \cdot Cr_2O_3$), জিংকাইট (ZnO) ইত্যাদি অক্সাইডগুলো সঞ্চিত ধাতুর আকরিক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এসব আকরিক হতে কার্বন বিজারণ প্রক্রিয়ায় ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।
- ২। Al_2O_3 থর্মাট পদ্ধতিতে ধাতু জোড়া দেয়ার কাজে ব্যবহৃত হয়।
- ৩। অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডসমূহ রত্ন পাথর যেমন-নীলা পাথর বা Shaphire(সামান্য পরিমাণে Fe_3O_4 ও TiO_2 বেজালযুক্ত Al_2O_3), রুবি(Ruby)পাথর(সামান্য পরিমাণে Cr_2O_3 বেজালযুক্ত Al_2O_3)
- ৪। কিছু ধাতু অক্সাইড যেমন: ZnO , Fe_2O_3 , PbO , Pb_2O_3 , Pb_3O_4 ইত্যাদি রং তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

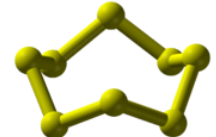
- ৫। PbO_2 লেড সঞ্চয়ক কোষ তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।
- ৬। ধাতু নিষ্কাশনে CaO ও SiO_2 বিগালক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- ৭। CaO দালান-কোঠার চুনকামে, কলিচুন উৎপাদনে, পান খাওয়ার কাজে, সোডা-লাইম তৈরীতে, নিরুদক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- ৮। ZnO চায়নিজ হোয়াইট রং, চর্মরোগের মলম বা ক্রীম ও প্রসাধন কাজে ফেস্‌পাউডার হিসাবে এবং দাঁতের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।
- ৯। অধাতুর অক্সাইডগুলোর মধ্যে CO_2 এর বহুবিদ ব্যবহার রয়েছে। CO_2 ড্রাই আইস তৈরীতে, সলভে পদ্ধতিতে সোডাঅ্যাস তৈরীতে, কোমল পানিয় বা সোডা ওয়াটার যেমন-পেপসি, সেভেনআপ, স্প্রাইট ইত্যাদি তৈরীতে, আগুন নিভানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।
- ১০। SO_3 ও P_2O_5 নিরুদক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- ১১। H_2O_2 এর 30% পানিয় দ্রবণ (পারহাইড্রল) জারক, বিরঞ্জক ও জীবানুনাশক হিসাবে ক্রিয়া করে।
- ১২। হাইড্রোজেনের গুরুত্বপূর্ণ অক্সাইড হলো পানি(H_2O)। আমাদের এই সুন্দর পৃথিবী ও এর জীবকূলের সৃষ্টি ও জীবন ধারণের মূলে রয়েছে পানি।

১.১৩.৭.১ কয়েকটি বিশেষ অক্সাইড

- ১। **রেড অক্সাইড** : ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) বাজারে রেড অক্সাইড বা জুয়েলার বর্জ বা রুজ পাউডার নামে পরিচিত। এটি লোহার তৈরী কার্ভামো, দরজা-জানালায় গ্রিল ইত্যাদিকে মরিচারোধী করার জন্য রেড বার্ণিশ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ইহা জুয়েলারীতে স্বর্ণালংকার পলিশের কাজে 'রুজ পাউডার' হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কসমেটিক হিসাবে ব্যবহৃত 'ভেনেসীয় রেড' নামের লাল রং তৈরীতে ফেরিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।
- ২। **জিঙ্ক অক্সাইড** : ZnO 'চায়নিজ হোয়াইট' নামে সাদা রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এটি চর্ম রোগের মলম বা ক্রীম তৈরীতে ও প্রসাধন কাজে ফেস্‌পাউডার হিসাবে এবং দাঁতের চিকিৎসায় ফিলার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- ৩। **লেড অক্সাইড বা লিথার্জ** : লেড মনোক্সাইড (PbO)কে লিথার্জ বা ম্যাসিকট বলে। এটি ফিল্ট কাচ, এনামেল কোটিং, রং ও বার্ণিশ তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।
- ৪। **রেড লেড বা মিনিয়াম** : ট্রাই প্লাস্টিক টেট্রাক্সাইড(Pb_3O_4)কে 'রেড লেড' বা 'মিনিয়াম' বলে। এটি সিঁদুর ও লাল রং হিসাবে, ফিল্ট কাঁচ ও দিয়াশলাই তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।
- ৫। **ম্যাগনেসিয়া বা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড** : এটি অগ্নিসহ ইট, ক্রুসিবল তৈরীতে; চিকিৎসা ক্ষেত্রে মিক্স অব ম্যাগনেসিয়া অল্ড নাশক(এন্টাসিড), লেক্সেটিভ(জোলাপ)ওষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যাস্বেস্টসের সাথে তাপ অপরিবাহক হিসাবে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।
- ৬। **সিলিকা** : সিলিকা (SiO_2) একটি গুরুত্বপূর্ণ অধাতু অক্সাইড। ধাতু নিষ্কাশনে বিশেষ করে কপার ম্যাট থেকে ব্লিস্টার কপার উৎপাদনে সিলিকা বিগালক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কাঁচ শিল্পের প্রধান কাচামাল হলো সিলিকা। এজন্য সিলিকাকে কাঁচ বালি বলে।
- ৭। **কার্বন মনোক্সাইড(CO)**: CO প্রশম কিন্তু জিরণধর্মী গ্যাস। অপরিষ্কৃত বায়ুতে কার্বন ও হাইড্রোকার্বনের দহনের ফলে CO গ্যাস তৈরী হয়। বিজারণ ধর্মী বলে CO বেশ সক্রিয় ও বিষাক্ত। বিড়ি-সিগারেট, যান্ত্রিক যান-বাহন ও কল কারখানার ধোঁয়ায় CO বিদ্যমান থাকে। CO বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস বলে এর উপস্থিতি টের পাওয়া যায় না। তাই সবার অজান্তে CO প্রশ্বাসের তথা শ্বাস গ্রহণের সাথে শরীরের অভ্যন্তরে ঢুকে রক্তের হিমোগ্লোবিনের সাথে বিক্রিয়া করে জটিল যৌগ গঠন করে এবং রক্তের অক্সিজেন পরিবহন ক্ষমতাকে ব্যহত করে। ফলে মানব দেহে শ্বাসকষ্ট দেখা দেয়। দীর্ঘ দিন যাবত বা অধিক পরিমাণে CO গ্যাসে শ্বাস নিলে হৃদরোগ ও শ্বাসকষ্ট রোগে মানুষ মারা যায়। এসব কারণে CO কে 'নীরব ঘাতক' বা 'Silent killer' বলে।

সালফার (Sulfur)

১.১৪.০ পরিচিতি : কক্ষতাপমাত্রায় সালফার নরম ও ভঙ্গুর একটি হালকা হলুদ কঠিন পদার্থ। এটি একটি বহুরূপী মৌল। এর রূপভেদ গুলোর মধ্যে রঙিন সালফার সবচেয়ে স্থিতিশীল। ১৭৭৭ খ্রীস্টাব্দে অ্যান্টোনি ল্যাভয়সিয়ে (Antoine Lavoisier) সালফার যৌগ নয় বরং এটি একটি মৌলিক পদার্থ তা প্রমাণ করেন। ১৮৬৭ খ্রীস্টাব্দে যুক্ত রাষ্ট্রের লুসিয়ানায় লবণ খনির শ্রমিকরা সালফার আবিষ্কার করেন। কঠিন সালফার সাধারণত চক্রাকার মুকুট আকৃতির অষ্ট পরমানুক (S_8) অনু হিসাবে বিরাজ করে।



[Crown-shaped S_8 অনু]

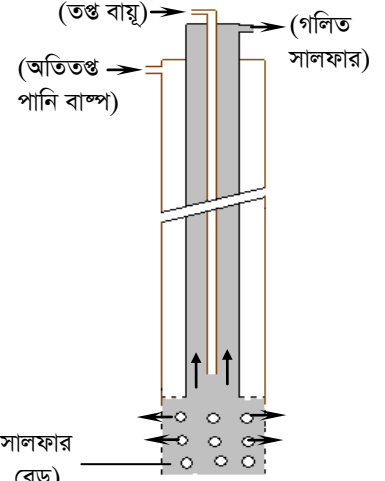
১.১৪.১ সালফারের উৎস : যুক্তরাষ্ট্র, ইন্দোনেশিয়া, জাপান, সিসিলি, ম্যাক্সিকো প্রভৃতি দেশে আগ্নেয়গিরি অঞ্চলের খনিতে বা ভূ-গর্ভে মৌলিক সালফার পাওয়া যায়। সাধারণত প্রকৃতিকভাবে যৌগ হিসাবে বিরাজমান সালফার উৎসগুলো হলো -

- (ক) সালফাইড খনিজ : আয়রনপিরাইট- FeS_2 , সিনবার(cinnabar)- HgS ,
 গ্যালেনা(galena) PbS , জিংকব্লেন্ড (sphalerite) - ZnS ,
 কপার পিরাইট- $CuFeS_2$, স্টিবনাইট (stibnite)- Sb_2S_3 ইত্যাদি।
- (খ) সালফেট খনিজ : জিপসাম(gypsum)- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, বেরাইট(barite)- $BaSO_4$,
 ইপসম লবণ- $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ইত্যাদি।

১.১৪.২ সালফার নিষ্কাশন

সালফার প্রধানত দুটি উপায়ে নিষ্কাশন করা হয়। এদের একটি হলো সিসিলিয়ান পদ্ধতি এবং অপরটি হলো ফ্রাস পদ্ধতি। ইটালির সিসিলিতে আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে প্রাপ্ত আগ্নেয় শিলাসমূহে প্রচুর সালফার থাকে। সিসিলিয়ান পদ্ধতিতে আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে খনি হতে সালফারযুক্ত শিলাসমূহ সংগ্রহ করে পাহাড়ী ঢালু অঞ্চলে ইট নির্মিত চুল্লিতে স্তপাকারে জমা করে পুড়ানো হয়। ফলে শিলায় বিদ্যমান সালফার গলে গড়িয়ে নিচু অংশ দিয়ে বেড়িয়ে আসে। গলিত সালফারকে কাঠের বাস্কে ভরে সংগ্রহ করা হয়।

ফ্রাস পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন: ১৮৯৪ সালে জার্মানে জন্ম গ্রহণকারী আমেরিকান রসায়নবিদ Herman Frasch সর্বপ্রথম ভূ-গর্ভ থেকে সালফার উৎপাদন প্রক্রিয়া উদ্ভাবন করেন। এ কারণে এই পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন প্রক্রিয়াকে ফ্রাস পদ্ধতি(Frasch process) বা লুসিয়ানা পদ্ধতি বলে। ১৯০৩ সালে লুসিয়ানায় ফ্রাস পদ্ধতিতে অর্থনৈতিক লাভজনকভাবে সালফার খনি থেকে সালফার উৎপাদন শুরু হয়। ফ্রাস পদ্ধতিতে তিনটি ভিন্ন ব্যাসের এককেন্দ্রিক স্টিল পাইপকে ভূ-গর্ভের যে স্তরে সালফার রয়েছে তাতে প্রবেশ করানো হয়। সবচেয়ে মোটা নলটির নিচ দিক ছিদ্রযুক্ত থাকে। মোটা নলটির মধ্য দিয়ে $180^\circ C$ তাপমাত্রায় অতিতপ্ত পানিবাস্প প্রায় 10 atm. চাপে সালফার বেড়ে চালনা করা হয়। সালফারের গলনাংক ($115.21^\circ C$) পানির স্ফুটনাংক ($100^\circ C$) অপেক্ষা সামান্য বেশি বলে চালনাকৃত গরম পানির প্রভাবে সালফার বেড়ে বিদ্যমান কঠিন সালফার গলে তরল সালফারে পরিণত হয়। একই সময়ে ভিতরের সরু নলটি দিয়ে উচ্চ চাপে গরম বায়ু চালনা করা হয়। ফলে মাঝের নলটি দিয়ে বের হয়ে আসা উর্ধ্ব মূখী বায়ু প্রবাহের সাথে গলিত সালফার ফেনা আকারে ভূ-গর্ভ থেকে বের হয়ে আসে। ফ্রাস পদ্ধতিতে প্রায় 99.5% বিশুদ্ধ সালফার পাওয়া যায়।



[চিত্র : ১.১৫ ফ্রাস পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন]

১.১৪.৩ সালফারের ব্যবহার :

সালফারের বহুবিধ ব্যবহার রয়েছে। সালফিউরিক এসিডের বানিজ্যিক উৎপাদনে সালফার ব্যবহৃত হয়। দিয়াশলাই ও বারুদ তৈরীতে সালফার ব্যবহৃত হয়। ঔষধ শিল্পে সালফাড্রাগ যেমন : সালফানিলামাইড, সালফোনামাইড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহৃত হয়। SO_2 ও CS_2 প্রস্তুতিতে এবং রেয়ন শিল্পে সালফার ব্যবহৃত হয়।

১.১৪.৪ সালফারের বহুরূপতা :

কোন মৌলের প্রকৃতিতে বিভিন্ন ভৌতাবস্থায় বিরাজ করার ধর্মকে বহুরূপতা বলে। যে সব মৌল বহুরূপতা ধর্ম দেখায় তাদেরকে বহুরূপী মৌল বলে। কোন বহুরূপী মৌলের এক একটি ভৌতাবস্থাকে এর এক একটি রূপভেদ বা allotrope বলে। সালফার একটি বহুরূপী মৌল। এর ৩০ টিরও বেশি কঠিন রূপভেদ আছে।

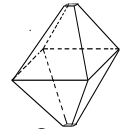
সালফারের দানাদার রূপভেদগুলো হলো : রম্বিক বা অষ্টতলকীয় সালফার বা α -সালফার ও মনোক্লিনিক বা একাক্ষী বা β -সালফার।

সালফারের অদানাদার রূপভেদগুলো হলো : প্লাস্টিক বা নমনীয় সালফার বা γ -সালফার, দুগ্ধ সালফার বা δ -সালফার।

সালফারের তরল রূপভেদগুলো হলো : ল্যাম্বডা (λ) সালফার ও মিউ (μ) সালফার।

তাছাড়া, কলয়ডাল সালফার নামে সালফারের একটি রূপভেদ আছে।

রম্বিক ও মনোক্লিনিক উভয় প্রকার সালফারের আনবিক সংকেত একই (S_8) কিন্তু এদের কেলাসের গঠন ভিন্ন। $95.6^\circ C$ এর নিচে রম্বিক সালফার স্থায়ী হয় এবং $95.6^\circ C$ এর উপরে মনোক্লিনিক সালফার স্থায়ী হয়। রম্বিক ও মনোক্লিনিক সালফারের মত তাপমাত্রায় উপর নির্ভরশীল বহুরূপতাকে এনানসিউট্রোপি(enantiotropy) বলে।



[অষ্টতলকীয় সালফার]

[একাক্ষী সালফার]

রম্বিক	$95.6^\circ C$	মনোক্লিনিক	$113^\circ C$	হালকা হলুদ	$180^\circ C$	গাঢ় কমলা	$230^\circ C$	কালচে কঠিন
সালফার	সালফার	সালফার	সালফার	তরল সালফার	তরল সালফার	তরল সালফার	সালফার	সালফার

১.১৪.৫ সালফারের ধর্ম :

সালফার হালকা হলুধ কঠিন পদার্থ। মৌলিক সালফার মৃদু গন্ধযুক্ত। সালফার পানিতে অদ্রবণীয় কিন্তু কার্বন ডাই সালফাইডে দ্রবণীয়। সালফার বায়ুতে নীল শিখাসহ জ্বলে SO₂ গ্যাস তৈরী করে। সালফার পরিবর্তনশীল ডোজনী ও জারণ সংখ্যা প্রদর্শন করে। এর সাধারণ জারণ সংখ্যা হলো -2, +2, +4 এবং +6. সালফার সক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রায় সকল মৌলের সাথে সুস্থিত যৌগ গঠন করে। সালফারের একটি ব্যতিক্রম ধর্ম হলো 200 °C এর উপরে একে যতই উত্তপ্ত করতে থাকেলে পলিমার গঠনের কারণে এর সান্দ্রতা(viscosity) বৃদ্ধি পেতে থাকে। 200°C এর উপরে সালফার কালচে লাল বর্ণ ধারণ করে। অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সালফারের পলিমার গঠন ভেঙ্গে যায় বলে পুনরায় এর সান্দ্রতা হ্রাস পায়। গলিত সালফারকে দ্রুত শীতল করলে নমনীয় অদানাদার সালফার পাওয়া যায়। সালফারের গলনাংক 115.21°C.



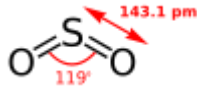
[গলিত রক্ত লাল সালফার ও জ্বলন্ত সালফারের নীল শিখা]

১.১৪.৬ সালফারের অক্সাইডসমূহ

সালফারের প্রধান দুটি অক্সাইড হলো : সালফার ডাই অক্সাইড(SO₂) ও সালফার ট্রাই অক্সাইড (SO₃)। সালফারের অন্যান্য অক্সাইডগুলো হলো সালফার মনোক্সাইড(SO), সালফার সেসকুইক্সাইড(S₂O₃), ডাই সালফার হেপ্টাক্সাইড(S₂O₇) , সালফার টেট্রাক্সাইড(SO₄) ।

১.১৪.৬.১ সালফার ডাই অক্সাইড(SO₂)

গঠন :

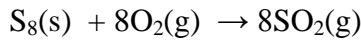


O-S-O বন্ধন কোণ = 119°

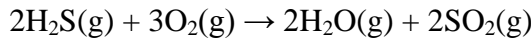
সালফার ডাই অক্সাইডের অপর নামগুলো হলো : সালফার(IV) অক্সাইড বা সালফিউরাস অ্যানহাইড্রাইড ।

১.১৪.৬.২ সালফার ডাই অক্সাইডের প্রস্তুতি

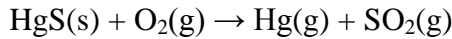
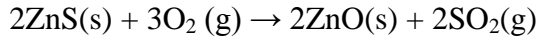
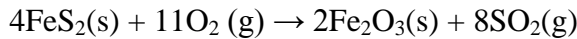
বায়ুতে সালফারকে দহন করলে সালফার ডাই অক্সাইড তৈরী হয় ।



বায়ুতে হাইড্রোজেন সালফাইডকে দহন করলেও সালফার ডাই অক্সাইড তৈরী হয় ।



গাঢ়ীকৃত সালফাইড আকরিকসমূহকে তাপজারিত বা রোস্টিং করলে সালফার ডাই অক্সাইড তৈরী হয় ।



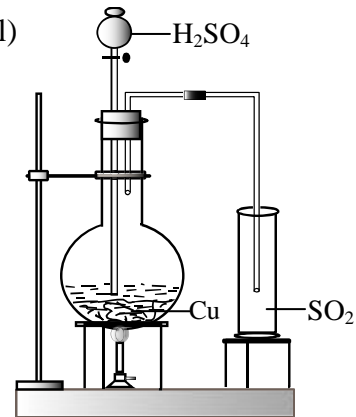
১.১৪.৬.৩ সালফার ডাই অক্সাইডের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি

মূলনীতি : পরীক্ষাগারে উত্তপ্ত গাঢ় H₂SO₄ এর সাথে কপার কুচির বিক্রিয়া ঘটিয়ে SO₂ গ্যাস তৈরী করা হয় ।



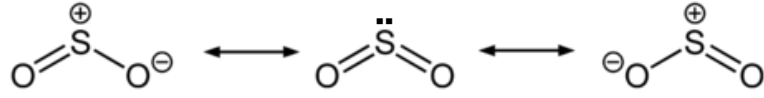
পদ্ধতির বর্ণনা : একটি গোলতলী ফ্লাস্কে কিছু কপার কুচি নিয়ে এর মুখে দুই ছিদ্র বিশিষ্ট একটি রাবার কর্কের সাহায্যে একটি নির্গম নল ও একটি থিসল ফানেল যুক্ত করা হয়। ফ্লাস্কটিকে স্ট্যান্ড ও ক্ল্যাম্পের সাহায্যে একটি ত্রিপাদি স্ট্যান্ডের তারজালির উপর বসানো হয় এবং নির্গম নলটির খোলা প্রান্ত একটি খাড়াভাবে রাখা গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হয়। অতপর, থিসল ফানেলের সাহায্যে গৃহীত কপার কুচির সাথে গাঢ় H₂SO₄ যোগ করে মিশ্রণটিকে বুনসেন বার্গারের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে SO₂ গ্যাস উৎপাদন শুরু হয়। উৎপাদিত SO₂ গ্যাস নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে বায়ুর উর্ধ্ব মুখী অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে জমা হয়।

বিশোধন : উৎপন্ন SO₂ গ্যাসকে গাঢ় H₂SO₄ ওয়াশ বোতলের মধ্যে চালনা করে পানি ও SO₂ গ্যাস মুক্ত করা হয়।



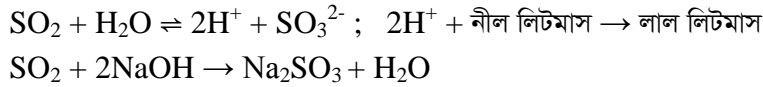
[চিত্র : ১.১৬ পরীক্ষাগারে SO₂ প্রস্তুতি]

১.১৪.৬.৪ সালফার ডাই অক্সাইডের ধর্ম : SO_2 একটি বর্ণহীন বিষাক্ত গ্যাস। এটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে সালফিউরাস এসিড তৈরী করে বলে একে 'সালফিউরাস অ্যানহাইড্রাইড' বলে। SO_2 বায়ু অপেক্ষা ২.৫ গুন ভারী। (বায়ুর আ: ঘনত্ব 14.4, SO_2 এর আ: ঘনত্ব = $64/2=32$)। SO_2 অম্লধর্মী ; এটি জারক, বিজারক ও বিরঞ্জক হিসাবে ক্রিয়া করে।



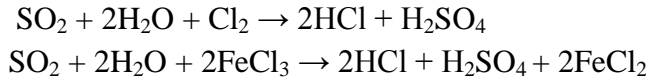
SO_2 এর অনুর আকৃতি বাঁকানো(bent) , এটি একটি অষ্টক সম্প্রসারিত যৌগ, কারণ এর অনুতে সালফার পরমানুর চার দিকে ৫ জোড়া ইলেকট্রন রয়েছে।

১। SO_2 এর অম্লধর্ম : SO_2 পানিতে দ্রবীভূত হয়ে সালফিউরাস এসিড উৎপন্ন করে। তাই SO_2 জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। তাছাড়া, SO_2 ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে। SO_2 এর এসব বিক্রিয়া এর অম্লত্বকে প্রমাণ করে।



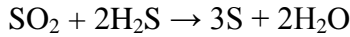
২। SO_2 এর বিজারণধর্ম :

আদ্র SO_2 তথা SO_2 এর জলীয় দ্রবণ বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন: আদ্র SO_2 ক্লোরিনকে বিজারিত করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে এবং ফেরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে।



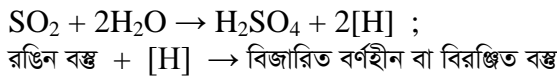
৩। SO_2 এর জারণধর্ম :

তীব্র বিজারকের সাথে বিক্রিয়ার সময়ে SO_2 জারক হিসাবে কাজ করে। যেমন : SO_2 হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করে এ থেকে সালফার বিমুক্ত করে।



৪। SO_2 এর বিরঞ্জণ ধর্ম :

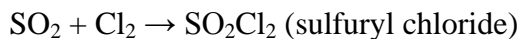
SO_2 পানি সিক্ত রঙিন বস্তুকে বিজারিত করে বর্ণহীন করে তথা বিরঞ্জিত করে। এখানে SO_2 ও পানির বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পারমানবিক হাইড্রোজেন বিজারণ ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। তাই SO_2 এর বিরঞ্জণ ক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য পানি আবশ্যিক।



কাগজের মন্ড বা পাল্প তৈরীর কারখানায় SO_2 বিরঞ্জক তথা ব্লিচিং এজেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত হয়। লক্ষ্যনীয় যে, SO_2 কতৃক বিরঞ্জিত বস্তুকে দীর্ঘ সময় যাবত খোলা অবস্থায় বায়ুতে রেখে দিলে তা পুনরায় বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে বর্ণযুক্ত হয়ে পড়ে। একারণে, SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত কাগজের তৈরী বইপত্র পুরান হলে অনেকটা বাদামী রং ধারণ করে।

১.১৪.৬.৫ সালফার ডাই অক্সাইডের ব্যবহার

সালফিউরিক এসিড উৎপাদনে SO_2 একটি মধ্যবর্তী যৌগ হিসাবে কাজ করে। SO_2 কাগজ শিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া পৌর এলাকায় পানি শোধনাগারে ক্লোরিন দ্বারা পরিশোধিত পানি(ক্লোরিনেটেড পানি) হতে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করতে SO_2 ব্যবহৃত হয়।

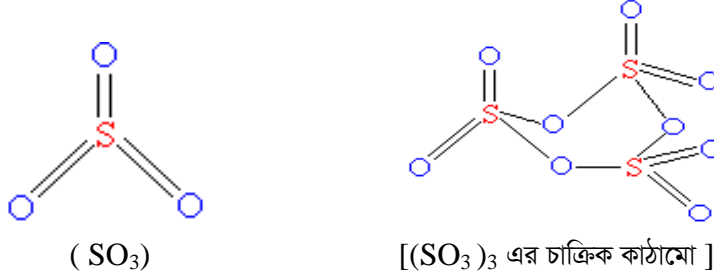


SO_2 এর জীবানুনাশন ধর্ম রয়েছে বলে এটি সহনীয় মাত্রায় E220 নামে প্রিজারভেটিভ হিসাবে শূক্ৰ ফল, নাসপাতি ইত্যাদি সংরক্ষণে ও ওয়াইন তৈরীতে ব্যবহৃত হয়। সহজে তরলীভূত হয় এবং বাষ্পীভবনের লিনতাপ বেশি বলে SO_2 বাড়িঘরে ব্যবহৃত রিফ্রিজারেটরে হিমায়ক তরল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

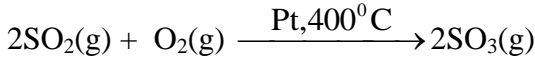
১.১৪.৬.৬ সালফার ট্রাই অক্সাইড(SO₃)

পরিচিতি : সালফার ট্রাই অক্সাইড একটি প্রবল পানিগ্রাসী কঠিন পদার্থ । এটি বিভিন্ন পলিমারিক অবস্থায় বিরাজ করে । 17⁰C গলনাংক বিশিষ্ট সালফার ট্রাই অক্সাইডের একটি কঠিনাবস্থা হলো SO₃ এর ট্রাইমার তথা (SO₃)₃ ।

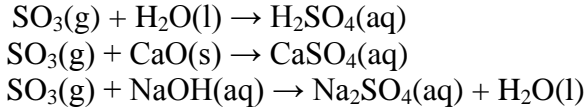
গঠনঃ



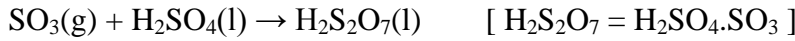
প্রস্তুতি : শুষ্ক SO₂ ও O₂ গ্যাস মিশ্রণকে 400-500⁰C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্লাটিনাম অ্যাসবেসটস প্রভাবকের উপর দিয়ে চালনা করলে SO₃ এর সাদা ধোঁয়া তৈরী হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে বরফ শীতল মিশ্রণের সাহায্যে ঠাণ্ডা করলে SO₃ এর সূচালো কেলাস পাওয়া যায় ।



ধর্ম : SO₃ একটি অম্লধর্মী অক্সাইড । এটি পনিতে দ্রবীভূত হয়ে সালফিউরিক এসিড তৈরী করে বলে একে ‘সালফিউরিক অ্যানহাইড্রাইড’ বলে । এটি ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে সালফেট গঠন করে ।



SO₃ , H₂SO₄ এ দ্রবীভূত হয়ে পাইরোসালফিউরিক এসিড(H₂S₂O₇) বা ওলিয়াম গঠন করে । ওলিয়ামকে খোলা অবস্থায় রেখে দিলে এ থেকে SO₃ এর সাদা ধোঁয়া বের হতে থাকে । এজন্য ওলিয়ামের আরেক নাম হলো ফিউমিং বা ধুমায়মান সালফিউরিক এসিড ।



SO₃ এর জারণ ধর্ম : SO₃ একটি শক্তিশালী জারণমী অক্সাইড । এটি গাঢ় H₂SO₄ এর অনুরূপ জারণ ধর্ম দেখায় । যেমন - SO₃ হাইড্রোজেন আয়োডাইড কে জারিত করে এ থেকে আয়োডিন বিমুক্ত করে ।

হাইড্রোজেন সালফাইড(H₂S)



১.১৫.০ পরিচিতি

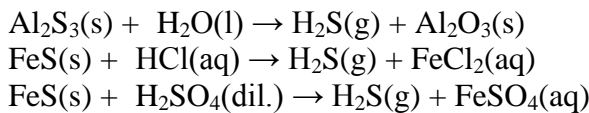
হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারের একটি গুরুত্বপূর্ণ হাইড্রাইড । এটি বর্ণহীন ও পঁচা ডিমের গন্ধবিশিষ্ট, বাঝালো বিষাক্ত গ্যাস । এর বিভিন্ন নাম রয়েছে ; যেমন- সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, হাইড্রো সালফিউরিক এসিড, সালফেন(sulfane), সিউয়ার গ্যাস(sewer gas), রটেন এইগ গ্যাস । এর ঘনত্ব 1.363 g/L, মোলার ভর 34.082 g/mol , গলনাংক ও স্ফুটনাংক যথাক্রমে -82.30 °C ও -60.28 °C । এটি পানিতে অল্প পরিমাণে দ্রবণীয় [0.4 g/100 mL (20 °C) 0.25 g/100 mL (40 °C)] ।

আনবিক গঠনঃ অনুর আকৃতি বাঁকা(bent), H-S-H বন্ধনকোণ 92.1⁰ ; S-H বন্ধন দৈর্ঘ্য 133.6pm



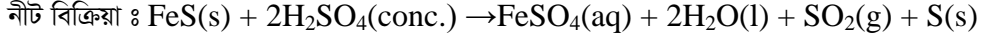
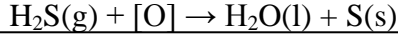
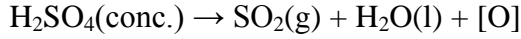
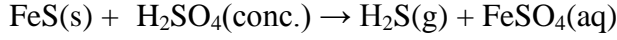
১.১৫.১ H₂S এর প্রস্তুতি

ধাতব সালফাইডের সাথে পানি বা জারণধর্মী নয় এমন এসিডের লঘু দ্রবণের বিক্রিয়ায় H₂S তৈরী হয় । যেমন :

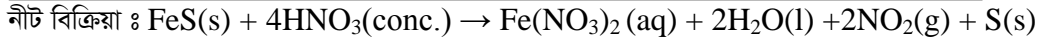
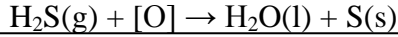
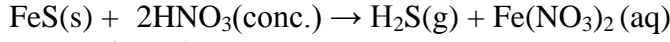


লক্ষণীয় যে, ধাতব সালফাইডের সাথে গাঢ় H₂SO₄ বা HNO₃ এর বিক্রিয়া দ্বারা H₂S তৈরী করা যায় না । এর কারণ হলো গাঢ় H₂SO₄ বা HNO₃ জারক হিসাবে ক্রিয়া করে । গাঢ় H₂SO₄ বা HNO₃ উপস্থিতিতে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H₂S বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে; ফলে H₂S জারিত হয়ে সালফারে পরিণত হয় ; H₂S এর পরিবর্তে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় ।

যেমন- FeS এর সাথে গাঢ় H₂SO₄ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H₂S গ্যাসকে অতিরিক্ত গাঢ় H₂SO₄ জারিত করে সালফারে পরিনত করে। ফলে H₂S এর পরিবর্তে SO₂ গ্যাস ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

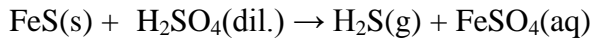


একইভাবে, FeS এর সাথে HNO₃ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H₂S গ্যাসকে অতিরিক্ত HNO₃ জারিত করে সালফারে পরিনত করে। ফলে H₂S এর পরিবর্তে NO₂ গ্যাস ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



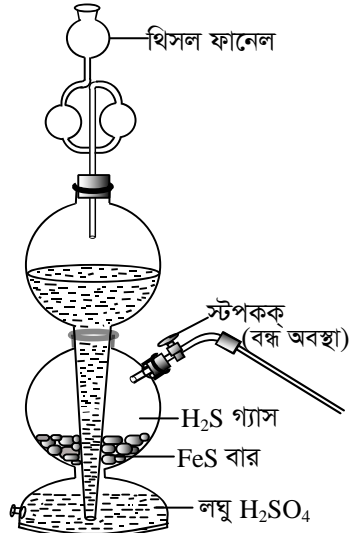
১.১৫.২ পরীক্ষাগারে H₂S গ্যাস প্রস্তুতি ও এর ক্রমাগত সরবরাহ

মূলনীতি: পরীক্ষাগারে ফেরাস সালফাইড(FeS) ও ঠান্ডা ও লঘু H₂SO₄ বিক্রিয়া ঘটিয়ে H₂S গ্যাস তৈরী করা হয়।



পরীক্ষাগারে অজৈব লবণের গুণগত বিশ্লেষণে H₂S গ্যাস ক্ষারকীয় মূলকের গ্রুপ নির্ধারণে গ্রুপ বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এ কারণে পরীক্ষাগারে H₂S গ্যাসের ক্রমাগত সরবরাহের প্রয়োজন হয়। উপর্যুক্ত মূলনীতি অনুযায়ী পরীক্ষাগারে সাধারণত কিপ যন্ত্র বা কিপ জেনারেটর ব্যবহার করে H₂S গ্যাস ক্রমাগতভাবে সরবরাহ করা হয়।

কিপ যন্ত্রের গঠন : কিপ যন্ত্রটি তিনটি খাড়াভাবে সজ্জিত গোলকের সমন্বয়ে গঠিত কাঁচযন্ত্র। উদ্ভাবক Petrus Jacobus Kipp এর নামানুসারে এর নাম 'Kipp's apparatus' রাখা হয়েছে। নিচের গোলকটি চ্যাপ্টাতলী। এটি H₂SO₄ এর আধার হিসাবে কাজ করে। মাঝের ও নিচের গোলকদ্বয় স্থায়ীভাবে সংযুক্তাবস্থায় থাকে। মাঝের গোলকটি FeS বার ও বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H₂S গ্যাসের আধার হিসাবে কাজ করে ; এতে একটি স্টপকক্ক যুক্ত নির্গম নল লাগানো থাকে। প্রয়োজন অনুযায়ী স্টপকক্কটি ঘুরিয়ে H₂S গ্যাস প্রবাহ নেয়া যায় বা বন্ধ করা যায়। উপরের গোলকটির নিচ দিক লম্বা ও ক্রমশ সূর্য নলযুক্ত। উপরের গোলকটিকে মাঝের গোলকের মুখে বায়ুরোধী ভাবে স্থাপন করা হয়। উপরের গোলকটির লম্বা নলটি নিচের গোলকের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌঁছানো থাকে ; উপরের গোলকটি H₂S গ্যাস নির্গম নলের স্টপকক্ক বন্ধ থাকার অবস্থায় H₂SO₄ এর আধার হিসাবে কাজ করে।



[চিত্র : ১.১৭ Kipp's apparatus]

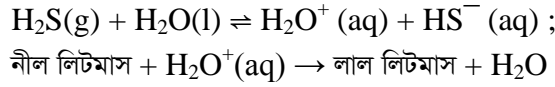
কিপ যন্ত্রের কার্যপ্রণালী : মাঝের গোলকটিতে FeS বার নিয়ে খিসল ফানেলের মাধ্যমে লঘু H₂SO₄ দ্বারা নিচের গোলকটি পূর্ণ করে মাঝের গোলকের FeS বারসমূহ নিমজ্জিত করা মাত্র বিক্রিয়া শুরু হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H₂S গ্যাস মাঝের গোলকে জমা হতে থাকে এবং গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি পেলে তা নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। এখন ব্যবহারকারী H₂S গ্যাস ব্যবহার শেষে নির্গম নলের স্টপকক্কটি ঘুরিয়ে বন্ধ করে দিলে মাঝের গোলকটিতে উৎপন্ন H₂S গ্যাস জমা হয়ে পরিমাণে বৃদ্ধি পেতে থাকে। H₂S গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে চাপও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময়ে উচ্চ চাপে মাঝের গোলকের H₂SO₄ নিচের গোলকে নেমে যায় এবং নল দিয়ে উপরের গোলকে প্রবেশ করে। ফলে FeS বার ও H₂SO₄ সংস্পর্শ ব্যতীত হয় এবং বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। আবার, স্টপকক্কটি ঘুরিয়ে H₂S গ্যাস প্রবাহ, নেয়া মাত্র মাঝের গোলকে H₂S গ্যাসের চাপ হ্রাস পায় ; ফলে উপরের গোলক থেকে H₂SO₄ নিচের গোলক পূর্ণ করে মাঝের গোলকে প্রবেশ করে FeS বার এর সংস্পর্শে আসে এবং পুনরায় বিক্রিয়া শুরু হয়। এভাবে কিপ যন্ত্রে H₂S গ্যাসের সরবরাহ নিলে বিক্রিয়া চলতে থাকে এবং সরবরাহ বন্ধ করলে বিক্রিয়া থেমে যায়।

১.১৫.৩ H₂S এর রাসায়নিক ধর্ম

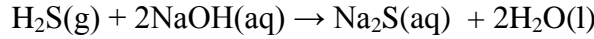
১.১৫.৩.১ H₂S এর অম্ল ধর্ম : H₂S একটি দুর্বল বা মৃদু এসিড। মৃদু বলে এটি কার্বনেট লবণ বা বাই কার্বনেট লবণের সাথে বিক্রিয়া করে CO₂ গ্যাস

বিমুক্ত করতে পার না। H₂S পানীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে H⁺ আয়ন দেয় বলে এর পানীয় দ্রবণ মৃদু অম্ল বা এসিড হিসাবে ক্রিয়া করে। এসিড ধর্মের কারণে H₂S কে হাইড্রো সালফিউরিক এসিড বলা হয়। H₂S এর নিম্নোক্ত ধর্মগুলো এর অম্লত্বকে প্রমাণ করে।

১। H₂S এর পানীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।



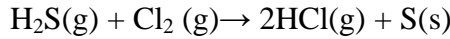
২। H₂S ক্ষারকের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি তৈরী করে।



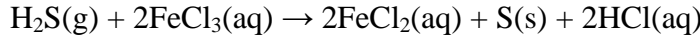
১.১৫.৩.২ H₂S এর বিজারণ ধর্ম :

H₂S একটি তীব্র বিজারণ ধর্মী যৌগ। উপযুক্ত জারকের উপস্থিতিতে H₂S বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে। H₂S জারককে হাইড্রোজেন সরবরাহ করে বিজারিত করে এবং পাশাপাশি নিজে জারক দ্বারা জারিত হয়ে মৌলিক সালফারে পরিণত হয়। যেমন-

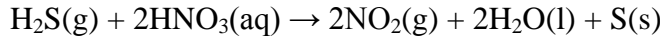
১। H₂S ক্লোরিনকে বিজারিত করে HCl এ পরিণত করে এবং নিজে ক্লোরিন দ্বারা জারিত হয়ে S-এ পরিণত হয়।



২। H₂S, FeCl₃ কে বিজারিত করে FeCl₂ এ পরিণত করে এবং নিজে FeCl₃ দ্বারা জারিত হয়ে S-এ পরিণত হয়।



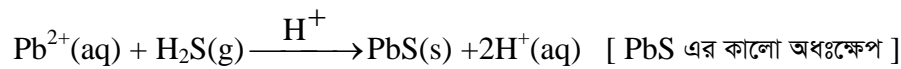
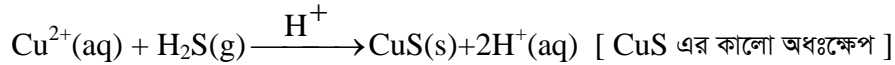
৩। H₂S, HNO₃ কে বিজারিত করে NO₂ গ্যাসে পরিণত করে এবং নিজে HNO₃ দ্বারা জারিত হয়ে S-এ পরিণত হয়।



১.১৫.৩.৩ H₂S এর অধঃক্ষেপন বিক্রিয়া ও ব্যবহার :

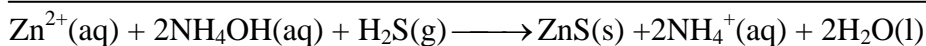
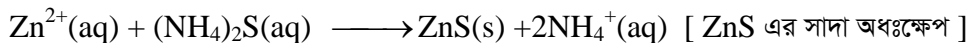
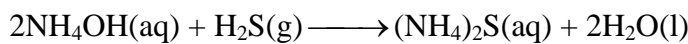
রাসায়ন ল্যাবোরেটরিতে H₂S একটি গুরুত্বপূর্ণ অধঃক্ষেপণ বিকারক(reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অজৈব লবণের গুণগত বিশ্লেষণে লবণের ক্ষারকীয় মূলকের বা ক্যাটায়নের গ্রুপ নির্ধারণে গ্রুপ-II ও গ্রুপ-IIIB এর গ্রুপ বিকারক হিসাবে H₂S গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

গ্রুপ-II এর ক্যাটায়ন বা ক্ষারকীয় মূলক(যেমন- Cu²⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, As³⁺, Sb³⁺, Sn²⁺) বিশিষ্ট লবণের দ্রবণকে সামান্য লঘু HCl যোগে অম্লীয় করে এতে H₂S গ্যাস চালনা করলে কালো বা বর্ণযুক্ত সালফাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।



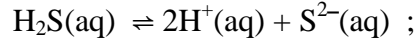
গ্রুপ-IIIB এর ক্যাটায়ন বা ক্ষারকীয় মূলক(যেমন- Zn²⁺, Ni²⁺, Mn²⁺, Co²⁺) বিশিষ্ট লবণের দ্রবণকে NH₄OH যোগে ক্ষারীয় করে এতে H₂S গ্যাস চালনা করলে বর্ণযুক্ত সালফাইড লবণ(ZnS-সাদা, NiS,CoS-কালো, MnS-গোলাপী অধঃক্ষেপ) অধঃক্ষিপ্ত হয়।

Zn²⁺ আয়নযুক্ত লবণের ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে ঘটে



লক্ষ্যনীয় যে, গ্রুপ-II এর ক্যাটায়ন বা ক্ষারকীয় মূলক বিশিষ্ট লবণের সাথে H₂S এর অধঃক্ষেপন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে লবণের দ্রবণকে সামান্য লঘু HCl এসিড যোগে অম্লীয় করে নেয়ার কারণ হলো অম্লীয় পরিবেশে অতিরিক্ত H⁺ আয়নের প্রভাবে H₂S বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায় ; ফলে দ্রবণে S²⁻ আয়নের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। দ্রবণে 0.3M HCl দ্রবণ যোগ করলে বিক্রিয়া

মিশ্রণে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রার যে মান পাওয়া যায় তাতে শুধুমাত্র গ্রুপ-II এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু গ্রুপ-III B এর ক্যাটায়নগুলো দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যায়।

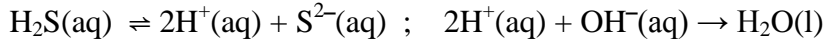


$$H_2S \text{ এর বিয়োজন ধ্রুবক, } K_a = \frac{[H^+]^2 \times [S^{2-}]}{[H_2S]} = 1.1 \times 10^{-22}$$

$$\text{বা, } [H^+]^2 \times [S^{2-}] = 1.1 \times 10^{-22} \times [H_2S]$$

গ্রুপ-II এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইডসমূহের দ্রাব্যতা গুণফলের মান গ্রুপ-III B এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইডসমূহের দ্রাব্যতা গুণফলের মান অপেক্ষা কম তথা পনিতে গ্রুপ-II এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইডসমূহ গ্রুপ-III B এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইড অপেক্ষা কম দ্রবণীয়। এই কারণে বিক্রিয়া মিশ্রণে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা সল্প হলে শুধুমাত্র গ্রুপ-II এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

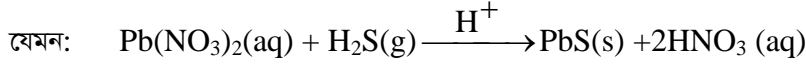
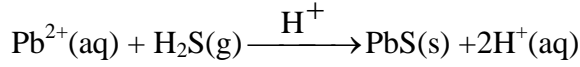
আবার, গ্রুপ-III B এর ক্যাটায়নযুক্ত সালফাইডসমূহের দ্রাব্যতা গুণফলের মান বেশ উচ্চ। এদেরকে অধঃক্ষিপ্ত করার জন্য লবণের দ্রবণকে NH_4Cl ও NH_4OH যোগ করে ক্ষারীয় করে এতে H_2S গ্যাস চালনা করা হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়া মিশ্রণকে NH_4OH ক্ষারীয় করার কারণে মিশ্রণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। ফলে H_2S বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে দ্রবণে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা বেড়ে যায়।



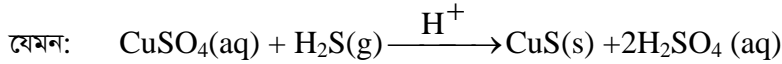
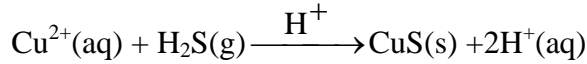
যখন বিক্রিয়া মিশ্রণে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা বেড়ে উক্ত সালফাইডসমূহের দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করে তখনই এরা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

১.১৫.৩.৪ H_2S এর কয়েকটি অধঃক্ষেপন বিক্রিয়া

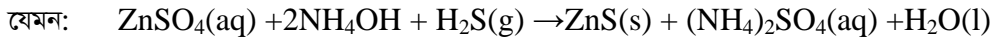
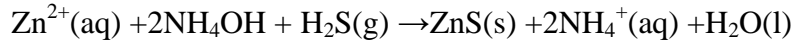
১। লেড লবণের সাথে H_2S এর অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া : লেড লবণের দ্রবণকে লঘু HNO_3 এসিড যোগে অম্লীয় করে এতে H_2S গ্যাস চালনা করলে লেড সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।



২। কপার(II)লবণের সাথে H_2S এর অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া : কপার(II)লবণের দ্রবণকে লঘু HCl এসিড যোগে অম্লীয় করে এতে H_2S গ্যাস চালনা করলে কপার(II)সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।

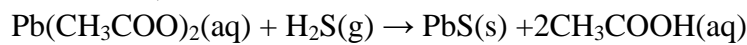


৩। জিংক লবণের সাথে H_2S এর অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া : জিংক লবণের দ্রবণকে NH_4Cl ও NH_4OH যোগে ক্ষারীয় করে এতে H_2S গ্যাস চালনা করলে জিংক সালফাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।



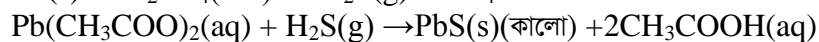
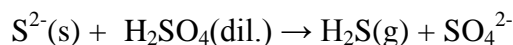
১.১৫.৩.৫ H_2S এর উপস্থিতি সনাক্তকরণ :

H_2S গ্যাসের ঝাঁঝালো ও পঁচা ডিমের গন্ধ রয়েছে। লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করলে লেড সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। অথবা, H_2S গ্যাসে লেড অ্যাসিটেট সিঙ্ক কাগজ প্রবেশ করলে তা কালো বর্ণ ধারণ করে।

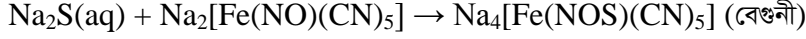
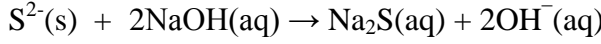


১.১৫.৩.৬ দ্রবণে S^{2-} আয়নের উপস্থিতি সনাক্তকরণ

শুষ্ক পরীক্ষা : সালফাইড লবণের সাথে লঘু H_2SO_4 যোগ করলে ঝাঁঝালো ও পঁচা ডিমের গন্ধ বিশিষ্ট গ্যাস নির্গত হয় যাতে লেড অ্যাসিটেট সিঙ্ক কাগজ প্রবেশ করলে তা কালো বর্ণ ধারণ করে।



সিদ্ধ পরীক্ষা : সালফাইড লবণকে NaOH দ্রবণ যোগে দ্রবীভূত ও ক্ষারীয় করে এতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রো প্রসাইড দ্রবণ যোগ করলে বেগুনী বা গোলাপী বর্ণের দ্রবণ তৈরী হয়।



[সোডিয়াম পেন্টা সায়ানো সালফো নাইট্রোসো ফেরেট(II)]

১.১৬.০ সালফারের অক্সি এসিড

সালফারের অক্সিএসিডগুলো হলো-

সালফিউরাস এসিড(H_2SO_3),

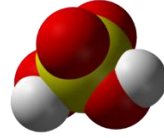
সালফিউরিক এসিড(H_2SO_4)

থায়ো সালফিউরিক এসিড($H_2S_2O_3$)

পাইরো সালফিউরিক এসিড($H_2S_2O_7$)

পার সালফিউরিক এসিড ($H_2S_2O_8$)

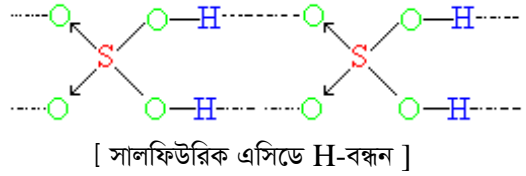
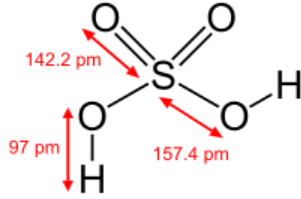
সালফিউরিক এসিড(H_2SO_4)



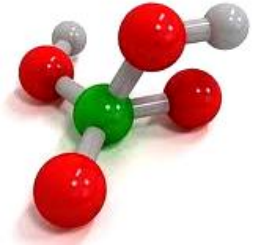
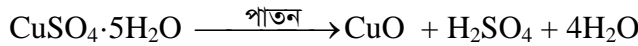
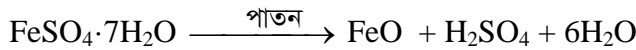
১.১৬.১ পরিচিতি

সালফিউরিক এসিড একটি শক্তিশালী ক্ষয়কারক খনিজ এসিড। তীব্র পানি গ্রাসী ও সক্রিয় বলে এটি বায়ুর জলীয় বাষ্প ও অন্যান্য উপাদান দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং বিশুদ্ধাবস্থায় থাকে না। বিশুদ্ধ H_2SO_4 সচ্ছ, বর্ণহীন ও গন্ধবিহীন আঠালো তরল। এটি পনিতে যে কোন ঘনমাত্রায় দ্রবণীয়। এর ঘনত্ব 1.84 g/cm^3 , গলনাংক ও ফুটনাংক যথাক্রমে 10°C ও 337°C ।

H_2SO_4 অনুর গঠন :



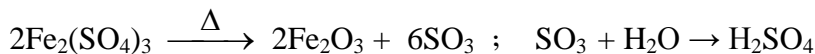
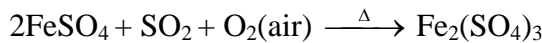
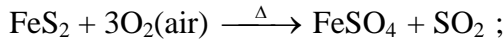
অষ্টম শতাব্দীতে মুসলিম রাসায়নবিদ ও আল্কেমিস্ট Jabir ibn Hayyan H_2SO_4 আবিষ্কার করেন। নবম শতাব্দীতে পার্সিয়ান চিকিৎসক ও আল্কেমিস্ট Ibn Zakariya al-Razi বিভিন্ন ভিট্রিওল বিশেষকরে সবুজ ভিট্রিওল($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ও ব্লু-ভিট্রিওল ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) এর পানীয় দ্রবণকে পাতন করে H_2SO_4 প্রস্তুত করেন।



ইউরোপিয়ান আল্কেমিস্টগণ H_2SO_4 কে "অয়েল অব ভিট্রিওল" বা "স্পিরিট অব ভিট্রিওল" বলতেন। Latin শব্দ 'vitreus' (glass) হতে 'vitriol' শব্দটি উদ্ভূত। যা দ্বারা কাঁচ সদৃশ্য আদ্র সালফেট লবণসমূহকে বোঝায়। আল্কেমিস্টগণের ব্যবহৃত ভিট্রিওলসমূহের গুরুত্ব বিচারে তৎকালে ভিট্রিওলকে "দার্শনিকের পাথর"(philosopher's stone) বলা হতো।

১.১৬.২ H_2SO_4 এর শিল্পোৎপাদন

১৮ শতাব্দীতে alchemical পদ্ধতিতে পাইরাইট (FeS_2) আকরিককে শুষ্কপাতন করে H_2SO_4 প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে আয়রন পাইরাইটকে বায়ুতে তাপজারিত করে $Fe_2(SO_4)_3$ তৈরী করা হয় এবং উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$ কে 480°C তাপমাত্রায় তাপবিযোজিত করে Fe_2O_3 ও SO_3 গ্যাসে পরিনত করা হয়। অতপর SO_3 গ্যাসকে পানিতে শোষিত করে যে কোন ঘনমাত্রার H_2SO_4 তৈরী করা হয়।



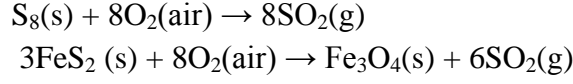
H_2SO_4 এর শিল্পোৎপাদনের অন্যান্য পদ্ধতিগুলো হলো : চেম্বার বা প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি এবং কনটাক্ট বা স্পর্শ পদ্ধতি।

১.১৬.৩ চেম্বার পদ্ধতিতে H₂SO₄ এর শিল্পোৎপাদন

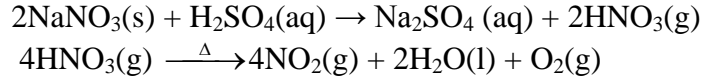
১৭৪৬ সালে বামিংহামে John Roebuck লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে(lead chamber process) H₂SO₄ এর শিল্পোৎপাদন শুরু করেন। পরবর্তীতে ফ্রান্স কেমিস্ট জোসেফ-লুইস-গে লুসাক ও ব্রিটিস কেমিস্ট John Glover লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিকে সংস্কার করে এর সাহায্যে 78% H₂SO₄ প্রস্তুত করতে সক্ষম হন।

কাঁচামাল : মৌলিক সালফার(S₈), পিরাইট আকরিক(FeS₂), চিলি সল্টপিটার (NaNO₃), পানি, বায়ু।

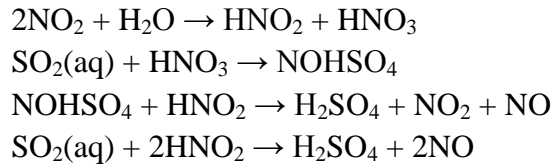
মূলনীতি : বায়ু প্রবাহে মৌলিক সালফারকে পুড়িয়ে এবং পিরাইট আকরিককে তাপজারিত করে SO₂ গ্যাস তৈরী করা হয়।



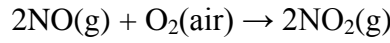
গাঢ় H₂SO₄ এর উপস্থিতিতে চিলি সল্টপিটার বা নাইটারকে উত্তপ্ত করে NO₂ গ্যাস তৈরী করা হয়।



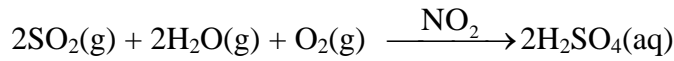
উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পানিতে দ্রবীভূত করলে NO₂ ও H₂O এর বিক্রিয়ায় নাইট্রাস এসিড ও নাইট্রিক এসিড তৈরী হয়। নাইট্রিক এসিডের সাথে কিছু SO₂ নাইট্রোসিল সালফিউরিক এসিড(ভায়োলেট এসিড) তৈরী করে। পরে নাইট্রাস এসিড SO₂ ও নাইট্রোসিল সালফিউরিক এসিডকে জারিত করে H₂SO₄, NO₂ ও NO এ পরিণত করে।



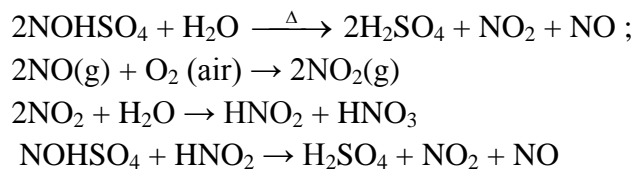
বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে বের হয়ে আসা NO গ্যাসকে পুনরায় বায়ু দ্বারা জারিত করে NO₂ এ পরিণত করে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।



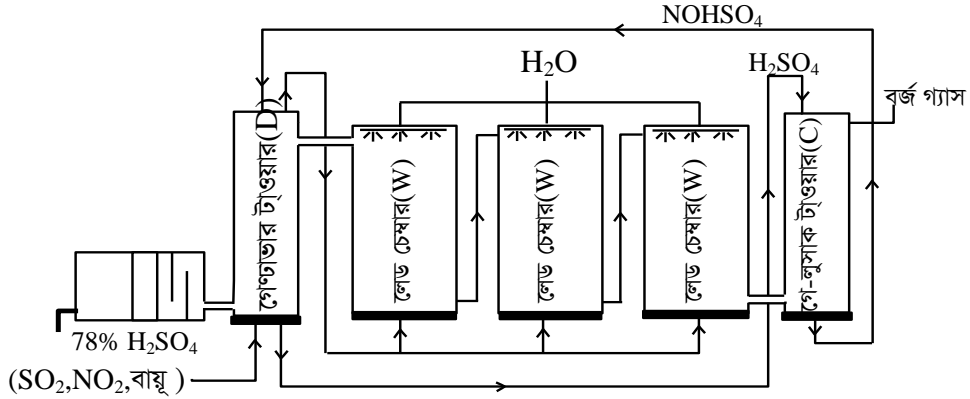
সার্বিক প্রক্রিয়াটিতে NO₂ গ্যাস একবার শোষিত হয় এবং পুনরায় উৎপাদিত হয় বলে NO₂ কে চেম্বার পদ্ধতিতে প্রভাবক হিসাবে বিবেচনা করা হয় এবং সার্বিক বিক্রিয়াটিকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।

**পদ্ধতির বর্ণনা :**

- ১) পিরাইট বার্ণারে মৌলিক সালফার অথবা সালফার বিশিষ্ট খনিজ তথা পিরাইট আকরিকসমূহকে বায়ু প্রবাহে পোড়ানো হয়। এতে SO₂ গ্যাস তৈরী হয়।
- ২) নাইটার ওভেনে নাইটার বা চিলি সল্টপিটারকে গাঢ় H₂SO₄ এর সাথে উত্তপ্ত করে NO₂ গ্যাস তৈরী করা হয়। আধুনিককালে NH₃ গ্যাসকে প্লাটিনাম প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত করে প্রথমে NO গ্যাস ও পরে উত্তপ্ত NO গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণকে শীতল করে NO₂ গ্যাসে পরিণত করা হয়।
- ৩) পিরাইট বার্ণার ও নাইটার চুল্লী থেকে প্রাপ্ত বাষ্পসহ 450-650⁰C তাপমাত্রায় তপ্ত গ্যাস(SO₂, NO₂, বায়ু ও অল্প HNO₃) মিশ্রণকে গ্লোভার টাওয়ার(C) এর নিচ দিক থেকে উপর দিকে চালনা করা হয়। গ্লোভার টাওয়ারটি একটি লেড ও এসিড প্রুফ ইট ও সিমেন্ট দিয়ে তৈরী চৌকোনাকার ১০-১৭ ফুট চওড়া ২৫-৫০ ফুট উচ্চ স্তম্ভ। এর অভ্যন্তর কোয়ার্জ ও ইটের গ্রেভেল দিয়ে তৈরী প্যাকিং দিয়ে পূর্ণ করে রাখা হয়। গ্লোভার টাওয়ারে প্রবাহিত উত্তপ্ত গ্যাস মিশ্রণ প্যাকিং এর ফাঁক দিয়ে উপরে উঠার সময় নিচ দিকে পতনরত লেড চেম্বার(W)থেকে আসা লঘু H₂SO₄ (65%) ও গে-লুসাক টাওয়ার(D)থেকে আসা নাইট্রোসিল সালফিউরিক(NOHSO₄)এসিডের সংস্পর্শে আসে এবং 70-110⁰C তাপমাত্রায় শীতল হয়। পাশাপাশি গ্যাস মিশ্রণের উত্তাপে NOHSO₄পানি বিশ্লেষিত হয়ে H₂SO₄, NO₂ ও NO গ্যাস তৈরী করে। শীতল পরিবেশে NO গ্যাস বায়ু দ্বারা জারিত হয়ে NO₂ গ্যাসে পরিণত হয়।

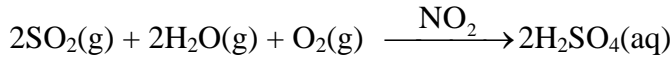


গ্লোভার টাওয়ারে লেডচেয়ার থেকে আসা লঘু H_2SO_4 পানি হারিয়ে ঘন হয় এবং $NOHSO_4$ বিশ্লিষ্ট হয়ে H_2SO_4 তৈরী করে বলে সামগ্রিকভাবে এতে 78% H_2SO_4 তৈরী হয়।

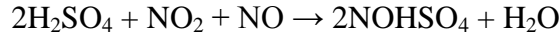


[চিত্র : ১.১৮ চেম্বার পদ্ধতিতে H_2SO_4 এর শিল্পোৎপাদন]

- ৪) গ্লোভার টাওয়ারের থেকে চূড়া দিয়ে বেড়িয়ে আসা অপরিবর্তিত গ্যাস মিশ্রণকে (NO_2 , SO_2 , NO , বায়ু) সারিবদ্ধভাবে সাজানো কোয়ার্জপূর্ণ লেড চেম্বারসমূহের(W-I,II,III) নিচ দিক থেকে উপর দিকে চালনা করা হয়। একই সময়ে চেম্বারগুলোর চূড়া থেকে নিচ দিকে পানির ধারা প্রবাহিত করা হয়। এখানে, NO_2 এর উপস্থিতিতে SO_2 , H_2O ও O_2 এর বিক্রিয়ায় H_2SO_4 তৈরী হয়।



- ৫) সর্বশেষ গ্লোভার টাওয়ার থেকে নির্গত অপরিবর্তিত গ্যাস মিশ্রণকে গে-লুসাক টাওয়ারের(D) নিয়ে গাঢ় H_2SO_4 এর ধারার বিপরীতে চালনা করা হয়। ফলে গ্যাস মিশ্রণে থাকা নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ H_2SO_4 দ্বারা শোষিত হয়ে $NOHSO_4$ তৈরী করে। উৎপন্ন $NOHSO_4$ কে পাম্প করে গ্লোভার টাওয়ারে প্রেরণ করা হয়।

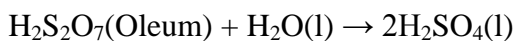
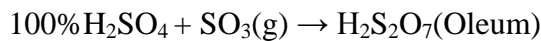
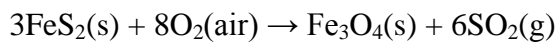
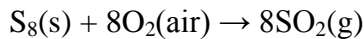


১.১৬.৪ কনটাক্ট বা স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 এর শিল্পোৎপাদন

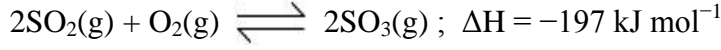
1831 সালে ব্রিটিশ ভিনেগার ব্যবসায়ী Peregrine Phillips কনটাক্ট(contact) বা স্পর্শ পদ্ধতিতে গাঢ় ও বিশুদ্ধ H_2SO_4 উৎপাদনের সূচনা করেন। বর্তমান বিশ্বে উচ্চ ঘনমাত্রার H_2SO_4 উৎপাদনের ক্ষেত্রে কনটাক্ট বা স্পর্শ পদ্ধতি ব্যবহৃত হচ্ছে। চেম্বার পদ্ধতি অপেক্ষা এটি অর্থনৈতিকভাবে লাভজনক।

কাঁামাল(Rawmaterials) : মৌলিক সালফার, সালফার সমৃদ্ধ পিরাইট আকরিক, পানি, ধুলিবালি মুক্ত বায়ু, অল্প পরিমাণ 98% H_2SO_4 । প্রভাবক : ভেনাডিয়াম পেন্টাক্সাইড(V_2O_5)।

মূলনীতি : মৌলিক সালফার ও সালফার সমৃদ্ধ পিরাইট আকরিককে পর্যাপ্ত বায়ু প্রবাহে দহন করে SO_2 গ্যাস তৈরী করা হয়। SO_2 গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণকে ধুলিবালি ও জলীয় বাষ্পমুক্ত করে V_2O_5 প্রভাবকের উপস্থিতিতে 2 atm. চাপে 450 - 500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে SO_2 বায়ুর O_2 দ্বারা জারিত হয়ে SO_3 গ্যাসে পরিনত হয়। উৎপন্ন SO_3 গ্যাসকে 98% H_2SO_4 এ শোষিত করলে পাইরো সালফিউরিক এসিড বা ওলিয়াম ($H_2S_2O_7$) তৈরী হয়। ওলিয়ামের সাথে প্রয়োজনীয় পরিমাণে পানি মিশিয়ে বিভিন্ন ঘনমাত্রার H_2SO_4 তৈরী করা হয়।



স্পর্শ পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ পরিমাণ H_2SO_4 উৎপাদনের শর্তাবলী :

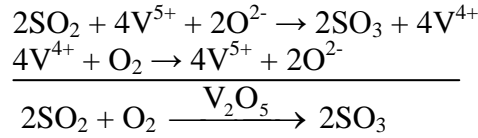


লক্ষ্যনীয় যে, H_2SO_4 এর বানিজ্যিক উৎপাদনে SO_2 এর জারণ দ্বারা SO_3 তৈরীর বিক্রিয়াটি-

- ১) উভয়মুখী (বিক্রিয়াটি একই সময়ে সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় দিকে চলে) ,
- ২) তাপোৎপাদী (প্রতি মোল SO_3 গ্যাস উৎপাদনের জন্য 197 কিলোজুল তাপ নির্গত হয়) এবং
- ৩) গ্যাসীয় ; এতে আয়তনের সংকুচন ঘটে(৩ মোল বিক্রিয়ক ২ মোল উৎপাদ গঠন করে) ।

সুতরাং লা-শাতেলিয়েরের নীতি অনুযায়ী উক্ত বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রায় এবং উচ্চ চাপে এর সাম্যাবস্থার অবস্থান ডানে সরে গিয়ে SO_3 উৎপাদনের হার বৃদ্ধি করবে। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় বিক্রিয়ার হার খুবই কম হওয়ায় এর সাম্যাবস্থায় পৌঁছতে অনেক সময় লাগে। ফলে নিম্ন তাপমাত্রায় খুবই নিম্ন হারে SO_3 গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং H_2SO_4 বানিজ্যিক উৎপাদন অলাভজনক হয়। তাই রসায়নবিদগন স্পর্শ পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ পরিমাণ H_2SO_4 উৎপাদনের জন্য উপযুক্ত প্রভাবক ব্যবহার করে বিক্রিয়া পরিবেশের তাপমাত্রা ও চাপ উপযুক্ত পরিমাণে বৃদ্ধি করে নিম্নোক্ত অত্যনুকূল শর্তাবলী নির্ধারণ করেন।

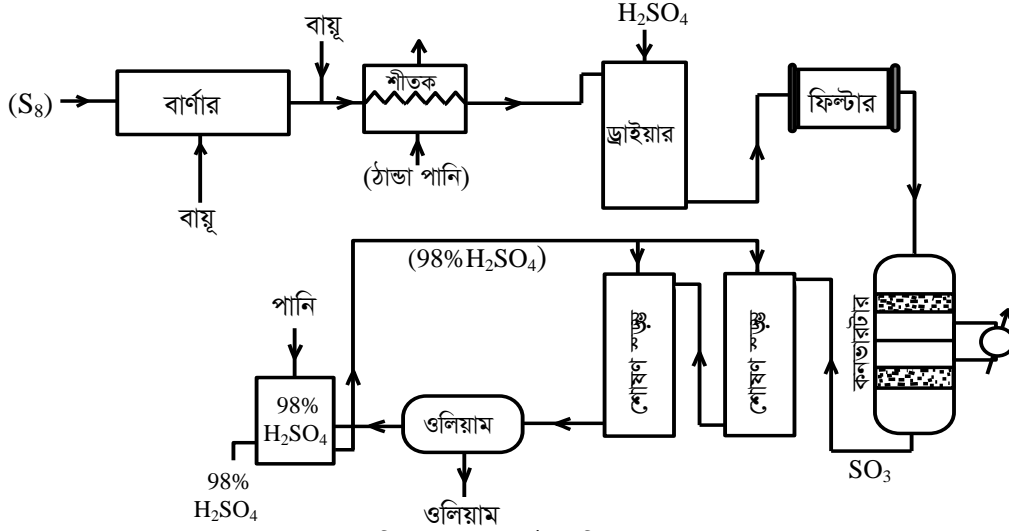
- ১। উপযুক্ত প্রভাবকের ব্যবহার : রসায়নবিদগন SO_3 গ্যাস উৎপাদনের উভয়মুখী বিক্রিয়াটির দ্রুত সাম্যাবস্থা অর্জনের লক্ষ্যে উপযুক্ত প্রভাবক হিসাবে প্লাটিনাম বা V_2O_5 প্রভাবক ব্যবহার করেন। তবে প্লাটিনাম দামী ও সহজেই প্রভাবকবিষ দ্বারা আক্রান্ত হয় বলে V_2O_5 কেই উপযুক্ত প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। V_2O_5 এর প্রভাবন ক্রিয়ার কেশেল নিম্নরূপ-



- ২। প্রভাবককে প্রভাবকবিষ হতে মুক্ত রাখা : সালফার বার্গার হতে প্রাপ্ত SO_2 ও বায়ু মিশ্রণে বিদ্যমান ধূলাবালি ,সালফার কণা ও আরসেনিক অক্সাইড প্রভাবক বিষ হিসাবে ক্রিয়া করে। তাই SO_2 ও বায়ু মিশ্রণকে উপযুক্ত প্রক্রিয়া দ্বারা প্রভাবকবিষ মুক্ত করা হয়।
- ৩। বিক্রিয়া পরিবেশে অত্যনুকূল তাপমাত্রা ও চাপ বজায় রাখা : পরীক্ষালব্দ ফলাফল বিশ্লেষণ করে দেখা যায় যে V_2O_5 প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া পরিবেশের অত্যনুকূল চাপ 2atm.এবং অত্যনুকূল তাপমাত্রা $450^\circ C$ বজায় রাখলে সরবরাহকৃত SO_2 এর 95% জারিত হয়ে SO_3 এ পরিণত হয়।
- ৪। উৎপন্ন SO_3 কে বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে দ্রুত সরিয়ে নেয়া : বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে উৎপন্ন SO_3 গ্যাসকে দ্রুত সরিয়ে নিলে উত্তাপে SO_3 এর বিয়োজন তথা পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার হার হ্রাস পায়। এভাবেও SO_3 এর উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে, উৎপন্ন SO_3 কে যত দ্রুত সম্ভব প্রভাবক প্রকোষ্ঠ থেকে সরিয়ে নিয়ে একাধিক শোষণ টাওয়ারে 98% H_2SO_4 দ্বারা শোষিত করে SO_3 এর বিয়োজন রোধ করে উৎপাদন বৃদ্ধি করা হয়।
- ৫। অপরিবর্তিত SO_2 কে রিসাইকেল বা পুনঃব্যবহার করা : অপরিবর্তিত SO_2 গ্যাসকে প্রভাবক প্রকোষ্ঠে পুনরায় প্রেরণ করলে SO_2 এর পুনঃব্যবহারের মাধ্যমে উৎপাদনের পরিমাণ আরো বেড়ে যায়।

পদ্ধতির বর্ণনা : সম্পূর্ণ পদ্ধতিটিকে সাধারণভাবে নিম্নোক্ত ধাপসমূহের মাধ্যমে বর্ণনা করা যায়।

- (১) SO_2 গ্যাস তৈরী।
- (২) বিক্রিয়া মিশ্রণ তৈরী ও প্রভাবক বিষ অপসারণ।
- (৩) SO_2 এর প্রভাবকীয় জারণ।
- (৪) SO_3 শোষণ ও ওলিয়াম উৎপাদন।
- (৫) ওলিয়ামের লঘুকরণ।

[চিত্র: ১.১৯ স্পর্শ পদ্ধতিতে H₂SO₄ উৎপাদন]

(১) SO₂ গ্যাস তৈরী : গলিত সালফারকে লোহ নির্মিত সিলিন্ডার আকৃতির ঘূর্ণায়মান বার্ণারে পর্যাপ্ত পরিমাণ বায়ু প্রবাহে দহন করে SO₂ গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন SO₂ গ্যাসে ভেজাল হিসাবে ধূলিকণা, মুক্ত সালফার, আরসেনিক যৌগ ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে।

(২) বিক্রিয়া মিশ্রণ থেকে প্রভাবক বিষ অপসারণ: উৎপন্ন SO₂ গ্যাসে পুনরায় প্রয়োজনীয় পরিমাণে বায়ু মিশিয়ে ধূলি চেম্বারে পানি স্প্রে করে ধৌত ও শীতল করা হয়। এতে SO₂ গ্যাসে বিদ্যমান ধূলিবালি, সালফার কণা, আরসেনিক অক্সাইড পানি দ্বারা সিক্ত হয়ে পৃথক হয়। শীতল ও ধূলিবালিমুক্ত SO₂ গ্যাস মিশ্রণকে কোয়ার্টজ পূর্ণ ড্রায়িং টাওয়ারে গাঢ় H₂SO₄ এর ধারার বিপরীতে চালনা করে শুষ্ক করা হয়। অতপর শুষ্ক ও শীতল গ্যাস মিশ্রণকে প্রথমে কোক কয়লা পূর্ণ ফিল্টার ও পরে Fe(OH)₃ যুক্ত অ্যাসবেস্টস ফাইবারযুক্ত ফিল্টারের মাধ্যমে অবশিষ্ট ধূলিবালি, প্রভাবক বিষ ও H₂SO₄ বাষ্প মুক্ত করা হয়। সবশেষে বিক্রিয়া মিশ্রণ ভেজাল মুক্ত হয়েছে কিনা তা টিউবল বক্সে শক্তিশালী আলোক রশ্মি ফেলে পরীক্ষা করা হয়। প্রয়োজন বোধে পুনরায় ফিল্টার করা হয়।

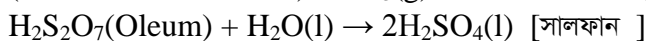
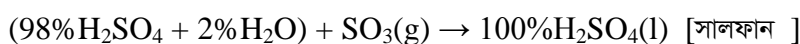
(৩) SO₂ এর প্রভাবকীয় জারণ : 450⁰C তাপমাত্রায় পূর্বতন্ত বিক্রিয়া মিশ্রণকে সিলিন্ডার আকৃতির ২-৪টি প্রভাবক বেড বিশিষ্ট কনভার্টারে 2atm. চাপে প্রবেশ করানো হয়। তাপ বিনিময়ক বা বায়ু প্রবাহের মাধ্যমে কনভার্টারের অভ্যন্তরের তাপমাত্রা 450⁰C-500⁰C এ বজায় রাখা হয়। প্রভাবক বেডসমূহে V₂O₅ বা Pt-যুক্ত অ্যাসবেস্টস রাখা থাকে। এখানে সরবরাহকৃত SO₂ গ্যাসের 97-99% O₂ দ্বারা জারিত হয়ে SO₃ গ্যাসে পরিণত হয়।

(৪) SO₃ শোষণ ও ওলিয়াম উৎপাদন : কনভার্টার থেকে প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণকে পর্যায়ক্রমে কোয়ার্টজপূর্ণ দুটি শোষণ টাওয়ারে তলার দিক থেকে উপর দিকে 98% H₂SO₄ এর সুক্ষ ধারার বিপরীতে চালনা করা হয়। এখানে কিছু SO₃ পানি দ্বারা শোষিত হয়ে H₂SO₄ তৈরী করে এবং অবশিষ্ট SO₃, H₂SO₄ এর সাথে যুক্ত হয়ে H₂S₂O₇(ওলিয়াম) তৈরী করে। উৎপন্ন ওলিয়াম টাওয়ারের তলায় জমা হয়।

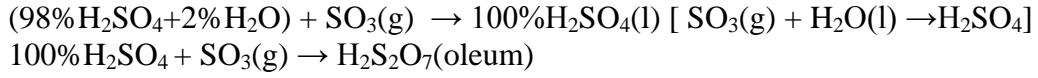
(৫) ওলিয়ামের লঘুকরণ : উৎপন্ন ওলিয়ামকে শোষণ টাওয়ার থেকে সংগ্রহ করে এর সাথে প্রয়োজনীয় পরিমাণে বিশুদ্ধ পানি যোগ করে 98% H₂SO₄ এর পরিণত করা হয়। এখান থেকে কিছু 98% H₂SO₄ পুনরায় শোষণ টাওয়ারে ব্যবহার করা হয়। বার বার ওলিয়ামের লঘুকরণ ও 98% H₂SO₄ এর পুনঃব্যবহারের ফলে H₂SO₄ এর পরিমাণ ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে থাকে।

১.১৬.৫ বিশুদ্ধ H₂SO₄ এবং ওলিয়াম

সালফান : 100% বিশুদ্ধ H₂SO₄ কে সালফান বলে। ওলিয়ামের সাথে প্রয়োজনীয় পরিমাণে বিশুদ্ধ পানি যোগ করলে বা 98% H₂SO₄ এ প্রয়োজনীয় মাত্রায় SO₃ গ্যাস চালনা করলে সালফান তৈরী হয়।



ওলিয়াম : পাইরোসালফিউরিক এসিড বা ধুমায়মান সালফিউরিক এসিডকে ওলিয়াম বলে। ওলিয়াম দেখতে তেল সদৃশ বাদামী ধোয়াযুক্ত। $98\%H_2SO_4$ এ অতিরিক্ত মাত্রায় SO_3 গ্যাস চালনা করলে প্রথমে বিশুদ্ধ H_2SO_4 ও পরে পাইরোসালফিউরিক এসিড ($H_2S_2O_7$) তথা ওলিয়াম তৈরী হয়।



ওলিয়ামের ব্যবহার : ওলিয়ামের সাথে পানি যুক্ত করে বিভিন্ন ঘনমাত্রায় সালফিউরিক এসিড (যেমন- $100\%H_2SO_4$, $98\%H_2SO_4$ ইত্যাদি) তৈরী করা হয়। ওলিয়াম সালফোনেটিং বিকারক, নিরুদক ও জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১.১৬.৬ H_2SO_4 এর ব্যবহার

সালফারের অক্সি এডিগুলোর মধ্যে H_2SO_4 সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। অধিকাংশ রাসায়নিক শিল্প কারখানার কোন না কোন স্তরে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়। ২০০১ সালের এক পরিসংখানে দেখা যায় ঐ সালে সারা বিশ্বে 165 মিলিয়ন টন H_2SO_4 তৈরী করা হয় যার মূল্য প্রায় ৮ বিলিয়ন ইউ এস ডলার। উৎপাদিত এই H_2SO_4 প্রধানত-

- ১) যান-বাহন ও ইনস্টেন্ট পাওয়ার সাপ্লাই(IPS) এ ব্যবহৃত লেড-এসিড সঞ্চয়ক ব্যাটারী তৈরীতে ;
- ২) রাসায়নিক সার যেমন: আমোনিয়াম সালফেট, সিঙ্গেল সুপার ফসফেট উৎপাদনে ;
- ৩) আকরিক প্রক্রিয়াকরণে ;
- ৪) রাসায়নিক বস্তু যেমন সবুজ ডিট্রিউল, ব্লু ডিট্রিউল, অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, ইথিন, ইত্যাদি সংশ্লেষণে ;
- ৫) পেট্রোলিয়াম রিফাইনারীতে ;
- ৬) বর্জপানি বিশোধনে ও
- ৭) লৌহ ও স্টিল কারখানায় রোল সিট থেকে মরিচা ও স্কেল (scale) দূরীকরণে।

৮) নাইট্রোসারিণ[$CH_2(ONO_2)-CH(ONO_2)-CH_2(ONO_2)$]প্রস্তুতিতে; নাইট্রো গ্লিসারিণ বিস্ফোরক

(ডিনামাইট) তৈরীতে, হৃদরোগের ঔষধ হিসাবে এবং রক্তের ডায়ালেটর(vasodilator) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

বালা হয় একটি দেশ যত বেশি H_2SO_4 ব্যবহার করে সে তত ধনী। অন্যান্য রাসায়নিক দ্রব্যের তুলনায় এর ব্যবহার অধিক বলে একে "রাসায়ন রাজ" ও বলা হয়।

ঘনমাত্রার উপর ভিত্তি করে H_2SO_4 ব্যবহার :

H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা	ব্যবহার
10%, (1.1M)	ল্যাবোরেটরীতে বিকারক হিসাবে।
33.53% (4.2M)	লেড-এসিড সঞ্চয়ক ব্যাটারী তৈরীতে।
62.18% (9.6M)	চেম্বার পদ্ধতিতে H_2SO_4 তৈরীতে, সালফার ও ফসফরাস সার তৈরীতে।
73.61% (12.3M)	চেম্বার পদ্ধতিতে H_2SO_4 তৈরীতে গ্লোবার টাওয়ারে।
98% (Approx. 18M)	স্পর্শ পদ্ধতিতে গাঢ় H_2SO_4 , সালফান, ওলিয়াম তৈরীতে, বানিজ্যিক H_2SO_4 হিসাবে।

১.১৬.৭ H_2SO_4 এর ধর্ম

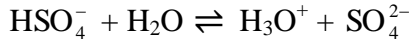
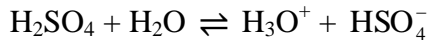
ক। ভৌত ধর্ম : বিশুদ্ধ H_2SO_4 স্বচ্ছ, বর্ণহীন, গন্ধহীন তেলসদৃশ ঘন পদার্থ। গাঢ় H_2SO_4 পানিগ্রাহী পদার্থ। পানির প্রতি এর যথেষ্ট আসক্তি রয়েছে। এটি পানিতে যে কোন মাত্রায় দ্রবণীয়; H_2SO_4 পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার সময়ে প্রচুর তাপ নির্গত হয়। এই কারণে পানিতে ধীরে ধীরে H_2SO_4 ঢেলে লঘু দ্রবণ তৈরী করা হয় কিন্তু H_2SO_4 হটাৎ করে পানি ঢালা যায় না। H_2SO_4 এ আন্তনু হাইড্রোজেন বন্ধন বিদ্যমান থাকে বলে গাঢ় H_2SO_4 (98.7%) এর স্ফুটনাংক $338^\circ C$ ।

খ। রাসায়নিক ধর্ম : H_2SO_4 একটি তীব্র এসিড, জারক, নিরুদক (dehydrating agent) ও সালফোনেটিং বিকারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

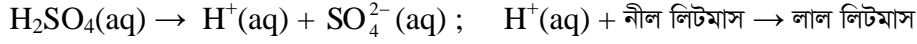
১। দ্রাব্যতা : পানির প্রতি H_2SO_4 এর যথেষ্ট আসক্তি রয়েছে। এটি পানিতে যে কোন মাত্রায় দ্রবণীয়; H_2SO_4 পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার সময়ে প্রচুর তাপ(হাইড্রেশন এনথালপি) নির্গত হয়। এই কারণে পানিতে ধীরে ধীরে H_2SO_4 ঢেলে লঘু দ্রবণ তৈরী করা হয় কিন্তু H_2SO_4 হটাৎ করে পানি ঢালা যায় না।

[**Note :** One should always add the acid to the water rather than the water to the acid, because of the relative densities of these two liquids. Water is less dense than sulfuric acid, and will tend to float on top of it. Thus, if water is added to the concentrated sulfuric acid, it can boil and splatter dangerously.]

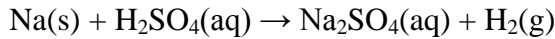
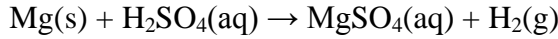
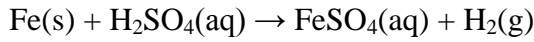
H_2SO_4 পানিতে দ্রবীভূত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন (যা পানিতে হাইড্রোনিয়াম আয়ন হিসাবে বিরাজ করে) এবং বাইসালফেট আয়ন ও সালফেট আয়ন তৈরী করে।



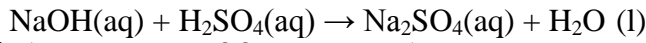
২। H_2SO_4 এর এসিড বা অম্ল ধর্ম : H_2SO_4 একটি তীব্র এসিড। এটি যে কোন ঘনমাত্রায় পানিতে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে H^+ ও SO_4^{2-} আয়ন তৈরী করে। তাই H_2SO_4 নীল লিটমাসকে লাল করে।



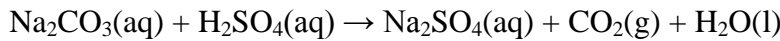
লঘু H_2SO_4 এর হাইড্রোজেন পরমানুকে সক্রিয়তা সিরিজে হাইড্রোজেনের চেয়ে সক্রিয় ধাতু যেমন- Na, Ca, Mg, Al, Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত করলে ধাতব লবণ ও H_2 গ্যাস তৈরী হয়।



H_2SO_4 ক্ষারকে প্রশমিত করে লবণ ও পানি তৈরী করে। যেমন-



ধাতু কার্বনেটের সাথে H_2SO_4 বিক্রিয়া করে সালফেট লবণ, CO_2 গ্যাস ও পানি তৈরী করে। যেমন-



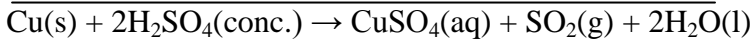
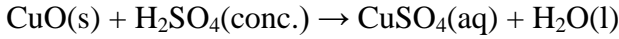
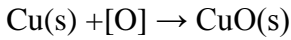
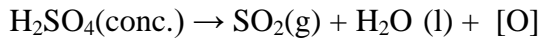
[sulfuric acid + metal \rightarrow metal sulfate + hydrogen gas

sulfuric acid + carbonate \rightarrow metal sulfate + carbon dioxide gas + water

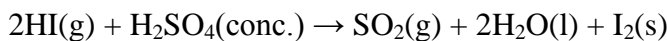
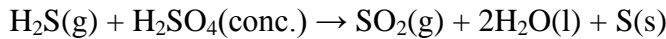
sulfuric acid + base \rightarrow salt + water

sulfuric acid + ammonia \rightarrow ammonium sulfate]

৩। H_2SO_4 এর জারণ ধর্ম : গাঢ় H_2SO_4 উপযুক্ত বিজারক পদার্থের উপস্থিতিতে জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন- সক্রিয়তা সিরিজে হাইড্রোজেনের চেয়ে কম সক্রিয় ধাতু যেমন- Cu, Hg, Ag ইত্যাদি ধাতুকে জারিত করে সালফেট লবণে পরিনত করে এবং পাশাপাশি এসব ধাতু দ্বারা নিজে বিজারিত হয়ে SO_2 গ্যাসে পরিনত হয়।

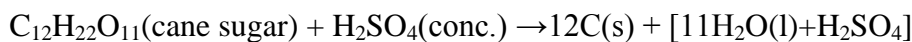


গাঢ় H_2SO_4 বিজারণধর্মী হাইড্রাসিড যেমন- H_2S , HBr , HI কে জারিত করে যথাক্রমে সালফার, ব্রোমিন ও আয়োডিন বিমুক্ত করে।

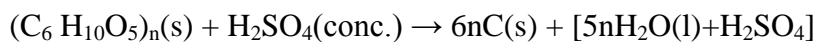


৪। H_2SO_4 এর নিরুদন ধর্ম : গাঢ় H_2SO_4 এর পানির প্রতি প্রবল আসক্তি রয়েছে। তাই গাঢ় H_2SO_4 নিরুদক(Dehydrating agent) হিসাবে ক্রিয়া করে। গাঢ় H_2SO_4 হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল মূলকযুক্ত যৌগের সংস্পর্শে এলে এটি উক্ত যৌগ হতে পানি শোষণ করে নিরুদিত করে। যেমন-

চিনি বা গ্লুকোজের সাথে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে H_2SO_4 চিনির অনু হতে 'H' ও 'OH'-মূলককে পানি হিসাবে শোষণ করে নিরুদিত করে। ফলে মুক্ত কার্বনের সৃষ্টি হয় এবং চিনি পুড়ে কালো হয় ; গাঢ় H_2SO_4 কিছুটা লঘু হয়।

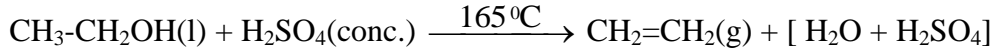


একইভাবে, কাগজ, কাঠ ইত্যাদি সেলুলোজ জাতীয় পদার্থের উপর গাঢ় H_2SO_4 পড়লে H_2SO_4 এদেরকে নিরুদিত করে কালো পোড়া(মুক্ত কার্বনযুক্ত) বস্তুতে পরিনত করে।

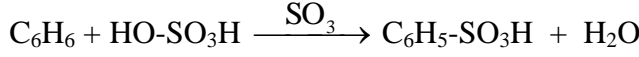


[When concentrated sulfuric acid is spilled on paper; the cellulose reacts to give a burnt appearance, the carbon appears much as soot would in a fire. A more dramatic reaction occurs when H_2SO_4 is added to a tablespoon of white sugar in a beaker; a rigid column of black, porous carbon will quickly emerge. The carbon will smell strongly of caramel.]

ইথানল ও অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 কে $165^{\circ}C$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে H_2SO_4 ইথানলকে নিরুদিত করে ইথিন গ্যাসে পরিনত করে।



৫। H_2SO_4 এর সালফোনেটিং বিকারক হিসাবে ক্রিয়া : ধূমায়মান H_2SO_4 সালফোনেটিং বিকারক ($-SO_3H$ মূলক সরবরাহকারী) হিসাবে ক্রিয়া করে। যেমন- বেনজিন ও ধূমায়মান H_2SO_4 কে উত্তপ্ত করলে বেনজিন বলয়ে ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মাধ্যমে বেনজিন সালফোনিক এসিড তৈরী হয়।

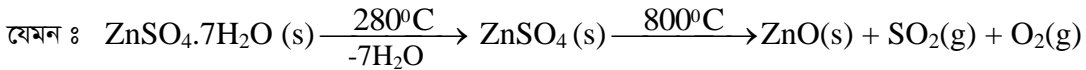


১.১৭.০ সালফেট (SO_4^{2-}) আয়নের গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়া

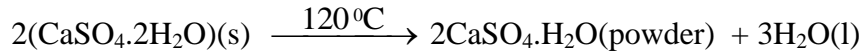
SO_4^{2-} আয়ন প্রধানত আদ্র বা সোদক সালফেট লবণ হিসাবে বিরাজ করে। যেমন-

গ্লবার লবণ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), গ্রীন-ভিট্রিওল($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), হোয়াইটভিট্রিওল($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$),
ব্লু-ভিট্রিওল($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), জিপসাম($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ইপসম লবণ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ইত্যাদি।

১। সোদক সালফেট লবণকে উত্তপ্ত করলে এটি ধীরে ধীরে কেলাস পানিমুক্ত হয়ে অনাদ্র সালফেট লবণে পরিনত হয়। সবশেষে উচ্চ তাপমাত্রায় Na , K ও NH_4^+ -সালফেট লবণ ছাড়া অন্যান্য সালফেট লবণসমূহ তাপবিযোজিত হয়ে ধাতু অক্সাইড, SO_2 গ্যাস ও O_2 গ্যাস তৈরী করে।

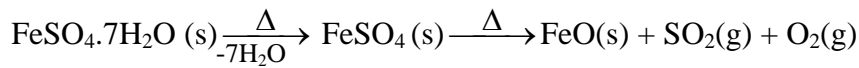


প্যারিস প্লাস্টার বা সাদা সিমেন্টঃ জিপসামকে $120^{\circ}C$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এর প্রতি দুই অনু হতে ৩ অনু পানি অপসারিত হয়ে $2CaSO_4 \cdot H_2O$ এর সাদা পাউডার তৈরী হয়। $2CaSO_4 \cdot H_2O$ এর সাদা পাউডারকে প্যারিস প্লাস্টার বলে।



প্যারিস প্লাস্টার সাদা সিমেন্ট হিসাবে ফ্লোর মোজাইকের কাজে, ভাস্কর্জ নির্মাণে, মোল্ডিং কারখানায় ছাচ নির্মাণে, ভাঙ্গা হাড়ের জোড়া লাগানোর জন্য প্লাস্টার ব্যান্ডেজ করার কাজে ব্যবহৃত হয়।

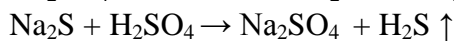
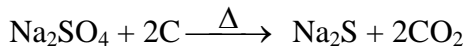
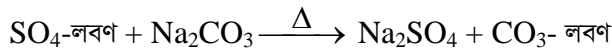
জুয়েলার বর্জ : সবুজ ভিট্রিওলকে উত্তপ্ত করলে তা প্রথমে অনাদ্র $FeSO_4$ তৈরী হয়। পরে তা অধিক উত্তাপে তাপবিযোজিত হয়ে ফেরিক অক্সাইড, সালফারডাই অক্সাইড ও অক্সিজেন তৈরী করে। অনাদ্র ফেরিক অক্সাইডকে 'জুয়েলার বর্জ' বলে।



১.১৭.১ সালফেট লবণ বা SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণ :

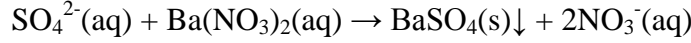
(ক) সালফেট লবণ বা SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণের শুষ্ক পরীক্ষা :

একটি কাঠ কয়লার গর্তে কিছু সালফেট লবণ ও এর দ্বিগুণ পরিমাণ Na_2CO_3 এর মিশ্রণ নিয়ে ২/৩ ফোঁটা পানি দ্বারা শিক্ত করে বুনসেন দীপ শিখার বিজারণ মন্ডলে ফুৎনলের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় এবং প্রাপ্ত অবশেষকে পরীক্ষানলে নিয়ে এর সাথে কয়েক ফোঁটা লঘু H_2SO_4 যোগ করলে পচা ডিমের গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয় যা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ সিক্ত কাগজকে কাল করে।

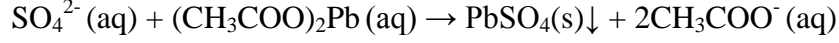


(খ) সালফেট লবণ বা SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণের সিক্ত পরীক্ষা / দ্রবণে SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণঃ

(১) একটি পরীক্ষা নলে সালফেট লবণের দ্রবণ নিয়ে এর সাথে বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ পড়ে যা HCl এসিডে অদ্রবণীয়।

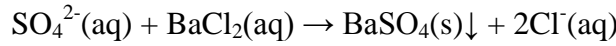


(২) একটি পরীক্ষা নলে সালফেট লবণের দ্রবণ নিয়ে এর সাথে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ করলে লেড সালফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ পড়ে।

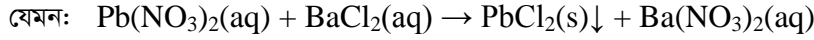


১.১৭.১.১ SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণে $BaCl_2$ ব্যবহারে বিভ্রান্তি :

সালফেট লবণসমূহ দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) দ্রবণের সাথে বেরিয়াম সালফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ দেয় যা HCl এসিডে অদ্রবণীয়।

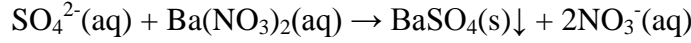


তাই, দ্রবণে SO_4^{2-} আয়নকে $BaCl_2$ দ্রবণ দ্বারাও সনাক্ত করা যায়। তবে $BaCl_2$, লেড, মারকারী, সিলভার ইত্যাদি ধাতুর দ্রবণীয় লবণের দ্রবণের সাথেও সালফেট লবণের অনুরূপ সাদা ভারী অধঃক্ষেপ তৈরী করে।



উক্ত কারণে, SO_4^{2-} আয়নকে $BaCl_2$ দ্রবণ দ্বারা সনাক্ত করতে গেলে লবণটি Pb, Hg বা Ag এর লবণ কিনা তার সন্দেহ বা বিভ্রান্তি থেকে যায়।

অপরদিকে, SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণে $Ba(NO_3)_2$ ব্যবহার করলে $Ba(NO_3)_2$ শুধুমাত্র SO_4^{2-} আয়নের সাথে বেরিয়াম সালফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ দেয়; Pb, Hg বা Ag এর লবণে দ্রবণের সাথে $BaCl_2$ এর মত কোন সাদা ভারী অধঃক্ষেপ দেয় না।



তাই, দ্রবণে সালফেট লবণ বা SO_4^{2-} আয়ন সনাক্তকরণে $BaCl_2$ এর পরিবর্তে $Ba(NO_3)_2$ ব্যবহার করা উত্তম।

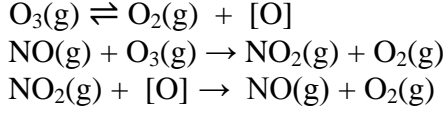
১.১৮.০ পরিবেশের উপর কয়েকটি নাইট্রোজেন ও সালফার যৌগের প্রভাব

সূচনা : মানব সমাজ ও কৃষিক্ষেত্রে নাইট্রোজেন ও সালফার যৌগসমূহের বিশেষকরে নাইট্রোজেন ও সালফার সারসমূহ, নাইট্রিক এসিড, সালফিউরিক এসিডের ব্যবহৃত হিতকর ব্যবহার থাকলেও কতিপয় নাইট্রোজেন ও সালফার যৌগের পরিবেশ দূষণে যতেষ্ট ভূমিকা রয়েছে। বর্তমানে বহুল আলোচিত গ্রীণ হাউজ প্রভাব বিস্তারে গ্রীন হাউজ গ্যাস হিসাবে CO_2, CH_4, CFC এর পাশাপাশি N_2O, NO, NO_2, NH_3 ও SO_2, SO_3, H_2S গ্যাস গুলোরও ভূমিকা রয়েছে। পরিবেশ বিপর্যয় সৃষ্টিকারী এসিড বৃষ্টির মূলে রয়েছে কলকারখানা ও যান্ত্রিক যানবাহনে ব্যবহৃত জীবাশ্ম জ্বালানী(পেট্রোল, ডিজেল, কয়লা) এর দহনে নির্গত NO, NO_2, SO_2, SO_3 ও CO_2 গ্যাস।

১.১৮.১ পরিবেশ দূষণে নাইট্রোজেন যৌগের প্রভাব :

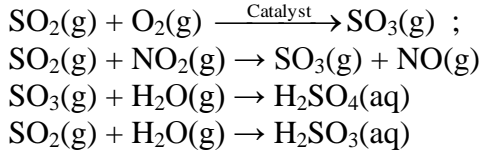
কৃষিক্ষেত্রে উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য মানুষ ব্যাপকহারে নাইট্রোজেন সার যেমন-ইউরিয়া, ডি.এ.পি, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি ব্যবহার করছে। কৃষিকাজে মাত্রারিক্ত পরিমাণে ব্যবহৃত এসব নাইট্রোজেন যৌগ বায়ু মাটি ও জলজ পরিবেশকে ক্ষতিগ্রস্ত করছে। অতিরিক্ত ইউরিয়া সার মাটির হিউমাসকে পঁচিয়ে বিনষ্ট করে দেয়; ফলে মাটি শক্ত ও নিছিন্ন হয়ে পড়ে, মাটির অভ্যন্তরে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন প্রবেশ করতে পারে না, মাটি ক্রমান্বয়ে অনূর্বর হয়। অতিরিক্ত নাইট্রোজেন সার জলজ পরিবেশকেও ক্ষতিগ্রস্ত করে। মাত্রাতিরিক্ত নাইট্রোজেন সার পানিতে মিশে ধুয়ে-মুছে খাল-বিল-নদী-নালায় এসে পড়ে। নাইট্রোজেন সার জলাধারে অধিক পুষ্টি যোগান দেয়ার ফলে জলজ শেওলা ও আগাছা অত্যধিক পরিমাণে বৃদ্ধি পায় ও পরবর্তী সময়ে মূর্তু ঘটবে, ব্যাকটেরিয়া এসব মৃত আগাছা ও শৈবালের পচন ঘটতে অধিক পরিমাণে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করে। যার ফলে পানিতে অক্সিজেনের ঘাটতি দেখা দেয় এবং অক্সিজেনের অভাবে মাছ মারা পড়ে। জলজ পরিবেশের এ ধরনের দূষণকে সুপুষ্টিকরণ (eutrophication) বলে।

বায়ু দূষণে নাইট্রোজেনের উল্লেখযোগ্য যৌগসমূহ হলো N_2O , NO , NO_2 ও NH_3 ; কৃষি কাজে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন সারের কিছু অংশ ও প্রাণীর মলমুত্রে বিদ্যমান ইউরিয়ার বিয়োজনে এবং মৃত জীব-জন্তুর দেহের পচনের ফলে প্রতিনিয়ত বাতাসে NH_3 , ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_x) মিশেছে। ফসল কাটার পর খোলা মাঠে যে বায়োমাস পড়ে থাকে তা পোড়ানোর ফলে CO_2 , CH_4 , N_2O এবং NO_x গ্যাস নিঃসরিত হয়। অনুমান করা হয় যে আমাদের দেশে বছরে বায়োমাস পোড়ানোর ফলে 695.4 Gg কার্বন এবং 9.7Gg নাইট্রোজেন নিঃসরিত হয়। বায়ু দূষণের ফলে মাথা ব্যাথা, শ্বাসতন্ত্রের প্রদাহ, হাপানি ও অন্যান্য স্বাস্থ্য সমস্যা দেখা দেয়। NO_x গ্যাস এসিড বৃষ্টি ঘটানোর একটি কারণ। উর্ধ্বাকাশ বা স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে জেট বিমান চলাচলের সময়ে নির্গত NO গ্যাস বায়োমন্ডলের ওজোন স্তরের ক্ষতি সাধন করে। NO গ্যাস ওজোনের বিয়োজন বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে ত্বরান্বিত করে; ফলে ওজোন স্তর হালকা হয় এবং সূর্যের অতিবেগুনী রশ্মি সহজে পৃথিবীতে পৌছতে পারে।



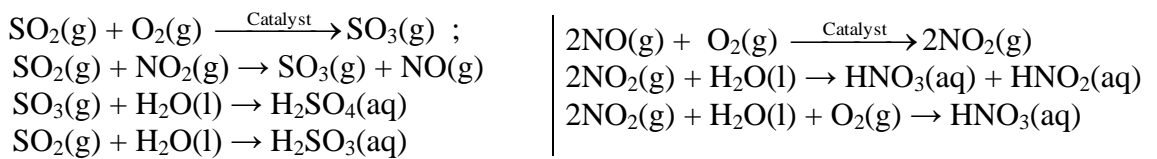
১.১৮.২ পরিবেশ দূষণে সালফার যৌগের প্রভাব :

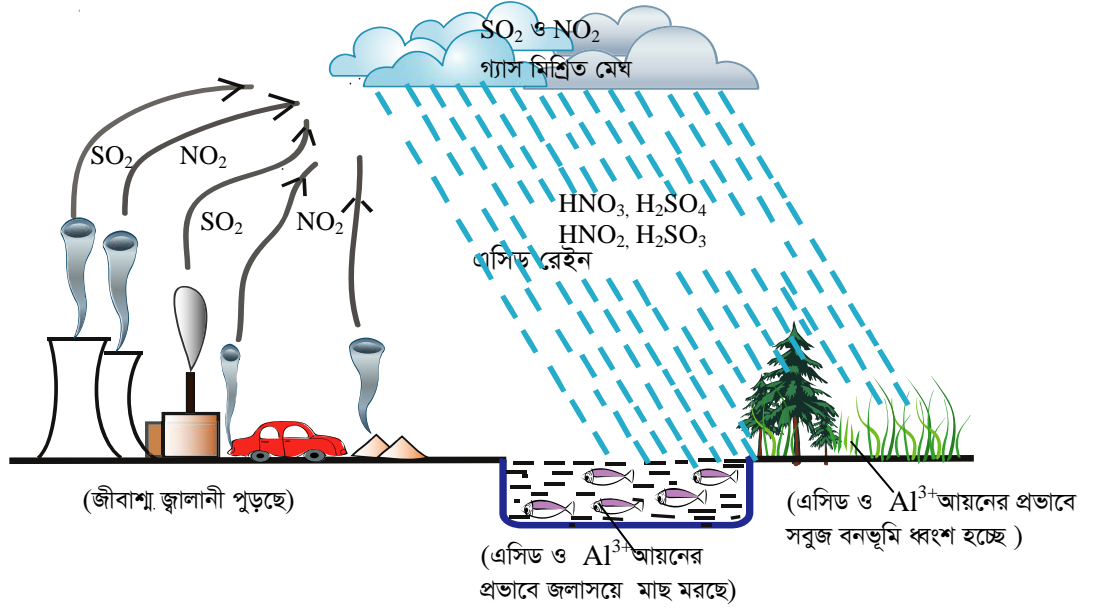
প্রাকৃতিক ও মানব সমাজে সংঘটিত বিভিন্ন কর্মকাণ্ডে বায়ুমন্ডলে সালফারের বিভিন্ন যৌগ বিশেষ করে SO_2 , SO_3 , H_2S গ্যাস প্রতিনিয়ত যুক্ত হচ্ছে। ধারণা করা হয় কলকারখানা ও যানবাহনে জ্বীবাশ্ম জ্বালানী যেমন-প্রাকৃতিক গ্যাস, পেট্রোল, ডিজেল, কেরোসিন, কয়লার ব্যবহার; উন্মুক্ত পদ্ধতিতে খনি থেকে কয়লা ও সালফার আহরণ; পেট্রোলিয়াম রিফাইনারী ও ইটের ভাটার চিমনী দিয়ে নির্গত ফ্লু-গ্যাস; ইস্পাত শিল্প; সালফার ও ধাতু সালফাইড ভিত্তিক শিল্প কারখানার নির্গত ধোয়া ইত্যাদির কারণে প্রতি বৎসর বায়ুমন্ডলে কয়েক লক্ষ ঘনফুট SO_2 গ্যাস জমা হয়। চামড়া প্রক্রিয়াজাত করণের সময় ক্লোরিন, SO_2 , H_2S ও NH_3 গ্যাস নির্গত হয়। কোন কোন সময় কুয়াশার সাথে SO_2 গ্যাস মিশে পরিবেশের বিপর্যয় সৃষ্টিকারী 'smogs' (smoke + fogs = smogs) তৈরী করে। বায়ুমন্ডলে জলীয় বাষ্পের সাথে মিশ্রিত SO_2 গ্যাস অনুঘটকীয় বা আলোক রাসায়নিক ক্রিয়ায় জারিত হয়ে H_2SO_4 এ পরিণত হয় এবং এসিড বৃষ্টিরূপে ভূমিতে পতিত হয়। এসিড বৃষ্টির ফলে ভূ-ভাগের সবুজ গাছ-পালা ও ফসল বলসে যায়; জলাসয়ে মাছ মারা পড়ে এবং টিন ও দালান কোঠার ক্ষয় সাধিত হয়।



১.১৮.৩ এসিড বৃষ্টি ও এর প্রভাব :

নাইট্রোজেন ও সালফারের অক্সিডেশন বিশেষ করে নাইট্রিক ও সালফিউরিক এসিড মিশ্রিত বৃষ্টিপাতকে এসিড বৃষ্টি বলে। এসিড বৃষ্টির পানির pH মাত্রা 3.0 - 6.5 পর্যন্ত হয়ে থাকে। কলকারখানা ও যান্ত্রিক যানবাহনে জ্বীবাশ্ম জ্বালানী যেমন-প্রাকৃতিক গ্যাস, পেট্রোল, ডিজেল, কেরোসিন, কয়লার দহনে নির্গত গ্যাস মিশ্রণ; উন্মুক্ত পদ্ধতিতে খনি থেকে কয়লা ও সালফার আহরণ; পেট্রোলিয়াম রিফাইনারী ও ইটের ভাটার চিমনী দিয়ে নির্গত ফ্লু-গ্যাস; ইস্পাত শিল্প; সালফার ও ধাতু সালফাইড ভিত্তিক শিল্প কারখানার নির্গত ধোয়া ইত্যাদির কারণে প্রতি বৎসর বায়ুমন্ডলে কয়েক লক্ষ ঘনফুট SO_2 গ্যাস জমা হয়। তাছাড়া কৃষিকাজে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন সারের কিছু অংশ ও প্রাণীর মলমুত্রে বিদ্যমান ইউরিয়ার বিয়োজনে এবং মৃত জীব-জন্তুর দেহের পচনের ফলে প্রতিনিয়ত বাতাসে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_x) মিশেছে। ফসল কাটার পর খোলা মাঠে যে বায়োমাস পড়ে থাকে তা পোড়ানোর ফলে CO_2 , CH_4 , N_2O এবং NO_x গ্যাস নিঃসরিত হয়। বায়ু দূষণগ্রস্ত এলাকার বায়ুমন্ডলে জলীয় বাষ্পের সাথে মিশ্রিত SO_2 ও NO_x গ্যাস মিশ্রণ অনুঘটকীয় বা আলোক রাসায়নিক ক্রিয়ায় জারিত হয়ে এবং বৃষ্টির পানিতে শোষিত হয়ে এসিডে পরিণত হয় এবং এসিড বৃষ্টিরূপে ভূমিতে পতিত হয়।





[চিত্র : ১.২০ এসিড বৃষ্টি ও এর প্রভাব]

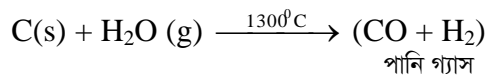
এসিড বৃষ্টির প্রভাব :

এসিড বৃষ্টির ফলে পরিবেশের ব্যাপক ক্ষতি সাধিত হয় । নিম্নে তার কয়েকটি উল্লেখ করা হলো -
এসিড বৃষ্টির ফলে-

- ১। জলাসয়ের পানি অম্লীয়(pH মাত্রা 7 থেকে নেমে 3 পর্যন্ত হয়ে থাকে) হয়ে পড়ে। ফলে জলাসয়ের মাছ ও উদ্ভিদ,প্লাংটন মারা পড়ে।
- ২। মাটিতে বিদ্যমান অদ্রবণীয় Al-যৌগ এসিডে দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণীয় Al-লবণে পরিণত হয় । মুক্ত Al^{3+} আয়ন মাটি ও জলাসয়ে অক্সিজেনের পরিমাণ কমিয়ে দেয় ; ফলে উদ্ভিদ ও মাছের বৃদ্ধি ব্যহত হয়।
- ৩। সবুজ গাছপালার নরম অংশ ও মাঠের ফসলাদি জ্বলসে যায়।
- ৪। দালান কোঠার চূনা ও সিমেন্টের আন্তরণ ক্ষয় প্রাপ্ত হয়।
- ৫। টিনের চালা, ধাতু নির্মিত অবকাঠামো, ব্রীজ ইত্যাদি ক্ষয় প্রাপ্ত হয়।

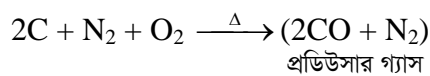
কয়েকটি বিষয় বা গ্লসারি(Glossary)

(১) পানি গ্যাস (Water Gas) : কার্বনমনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসের সমমোলার মিশ্রণকে পানি গ্যাস (Water gas) বলে। লোহিত তপ্ত কোকের (প্রায় $1300^{\circ}C$) সাথে স্টীম চালনা করলে পানি গ্যাস উৎপন্ন হয়।



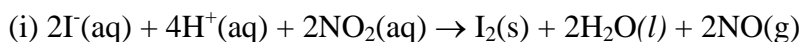
ব্যবহার: মিথানল প্রস্তুতিতে, ধাতু নিষ্কাশনে ও অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে হাইড্রোজেন গ্যাসের উৎস হিসাবে ওয়াটার গ্যাস ব্যবহার করা হয়।

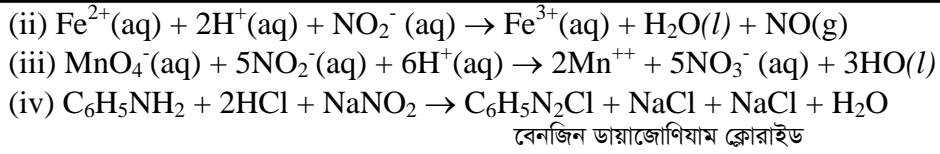
(২) প্রডিউসার গ্যাস : দুই মোল কার্বন মনোক্সাইড ও এক মোল নাইট্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণকে প্রডিউসার গ্যাস বলে। লোহিত তপ্ত কোকের সাথে বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন যুক্ত হয়ে প্রডিউসার গ্যাস উৎপন্ন করে।



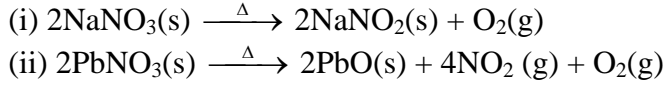
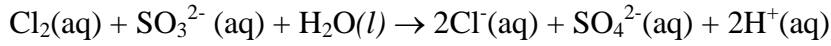
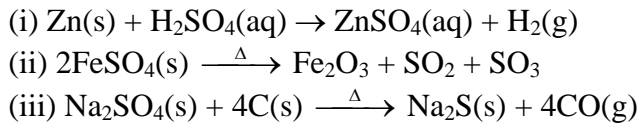
ব্যবহার: অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে নাইট্রোজেন গ্যাসের উৎস হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(৩) NO_2^- , NO_3^- , SO_3^{2-} এবং SO_4^{2-} আয়নসমূহের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া :
 NO_2^- এর বিক্রিয়া :





বেনজিন ডায়াজোশিয়াম ক্লোরাইড

NO₃⁻ এর বিক্রিয়া :**SO₃²⁻ এর বিক্রিয়া :****SO₄²⁻ এর বিক্রিয়া :****(8) কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া**

- i) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- ii) $2\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{HCl}$
- iii) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl} + \text{S}$
- iv) $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CuS}\downarrow + 2\text{H}^+$
- v) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$
- vi) $2\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{HPO}_3$.
- vii) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{S}$
- viii) $\text{C} + \text{HNO}_3(\text{conc.}) \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$
- ix) $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- x) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{conc.}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- xi) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS}\downarrow + 2\text{HNO}_3$
- xii) $2\text{NaX} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 \rightarrow 2\text{NaHSO}_4 + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{X}_2$
- xiii) $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$
- xiv) $\text{Cu}(\text{hot}) + \text{HNO}_3(\text{vap.}) \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$
- xv) $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- xvi) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$.
- xvii) $2\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{HgO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- xviii) $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2$
- xix) $2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{ZnO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- xx) $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{conc.}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$
- xxi) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_4\text{NO}_3$

