



নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

**ECH – 03**

অজৈব রসায়ন-2 ও অজৈব রসায়ন

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

**1**

**S-ব্লক মৌলসমূহ**

একক 1	হাইড্রোজেন	7–54
একক 2	ক্ষার ও ধাতুসমূহ	55–84
একক 3	ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহ	85–112

পর্যায়

**2**

**p-ব্লক মৌলসমূহ-I**

একক 4	13 শ্রেণির মৌলসমূহ	115–186
একক 5	14 শ্রেণির মৌলসমূহ	187–253
একক 6	15 শ্রেণির মৌলসমূহ	254–337

# পরিচিতি

বিষয় : রসায়ন

সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম : ECH 03 পর্যায় : 1 & 2

পর্যায় 1	রচনা	সম্পাদনা
একক 1	অধ্যাপিকা মুক্তা রায়	ড. মুকুল চন্দ্র দাস
একক 2	ঐ	ঐ
একক 3	ঐ	ঐ
পর্যায় 2		
একক 4	ড. মনোতোষ দাশগুপ্ত	ড. গুবুচরণ মুখার্জি
একক 5	ঐ	ঐ
একক 6	ঐ	ঐ

## প্রস্তরপন

এই পাঠ-সংকলনের সমুদয় স্বত্ব নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের দ্বারা সংরক্ষিত। বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃপক্ষের লিখিত অনুমতি ছাড়া এর কোনো অংশের পুনর্মুদ্রণ বা কোনোভাবে উদ্ভৃতি সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ।

অধ্যাপক (ড.) দেবেশ রায়  
নিবন্ধক

চতুর্থ পুনর্মুদ্রণ : নভেম্বর, 2015

---

বিশ্ববিদ্যালয় মঞ্জুরি কমিশনের দূরশিক্ষা ব্যুরোর বিধি অনুযায়ী এবং অর্থানুকূলে মুদ্রিত।  
Printed in accordance with the regulations and financial assistance of  
the Distance Education Bureau of the University Grants Commission.

## প্রাক্কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক শ্রেণির জন্য যে পাঠক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হ'ল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমতো কোনও বিষয়ে সাম্মানিক (honours) স্তরে শিক্ষাগ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে সাম্মানিক মানের পাঠ-উপকরণ রচিত হয়েছে ও হচ্ছে — যার মূল কাঠামো স্থিরীকৃত হয়েছে একটি সুচিন্তিত পাঠক্রমের ভিত্তিতে। কেন্দ্র ও রাজ্যের অগ্রগণ্য বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের পাঠক্রম অনুসরণ করে তার আদর্শ উপকরণগুলির সমন্বয়ে রচিত হয়েছে এই পাঠক্রম। সেই সঙ্গে যুক্ত হয়েছে অধ্যাতব্য বিষয়ে নতুন তথ্য, মনন ও বিশ্লেষণের সমাবেশ।

দূর-সঞ্চারী শিক্ষাদানের স্বীকৃত পদ্ধতি অনুসরণ করেই এই সব পাঠ-উপকরণ লেখার কাজ চলছে। বিভিন্ন বিষয়ের অভিজ্ঞ পণ্ডিতমণ্ডলীর সাহায্য এ কাজে অপরিহার্য এবং যাঁদের নিরলস পরিশ্রমে লেখা, সম্পাদনা তথা বিন্যাসকর্ম সুসম্পন্ন হচ্ছে তাঁরা সকলেই ধন্যবাদের পাত্র। আসলে, এঁরা সকলেই অলক্ষ্যে থেকে দূরসঞ্চারী শিক্ষাদানের কার্যক্রমে অংশ নিচ্ছেন; যখনই কোনো শিক্ষার্থী এই পাঠ্যবস্তুনিচয়ের সাহায্য নেবেন, তখনই তিনি কার্যত একাধিক শিক্ষকমণ্ডলীর পরোক্ষ অধ্যাপনার তাবৎ সুবিধা পেয়ে যাচ্ছেন।

এইসব পাঠ-উপকরণের চর্চা ও অনুশীলনে যতটা মনোনিবেশ করবেন কোনো শিক্ষার্থী, বিষয়ের গভীরে যাওয়া তাঁর পক্ষে ততই সহজ হবে। বিষয়বস্তু যাতে নিজের চেষ্টায় অধিগত হয়, পাঠ-উপকরণের ভাষা ও উপস্থাপনা তার উপযোগী করার দিকে সর্বস্তরে নজর রাখা হয়েছে। এরপর যেখানে যতটুকু অস্পষ্টতা দেখা দেবে, বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন পাঠকেন্দ্রে নিযুক্ত শিক্ষা-সহায়কগণের পরামর্শে তার নিরসন অবশ্যই হ'তে পারবে। তার ওপর প্রতি পর্যায়ে শেষে প্রদত্ত অনুশীলনী ও অতিরিক্ত জ্ঞান অর্জনের জন্য গ্রন্থ-নির্দেশ শিক্ষার্থীর গ্রহণ-ক্ষমতা ও চিন্তাশীলতা বৃদ্ধির সহায়ক হবে।

এই অভিনব আয়োজনের বেশ কিছু প্রয়াসই এখনও পরীক্ষামূলক — অনেক ক্ষেত্রে একেবারে প্রথম পদক্ষেপ। স্বভাবতই ত্রুটি-বিচ্যুতি কিছু কিছু থাকতে পারে, যা অবশ্যই সংশোধন ও পরিমার্জনার অপেক্ষা রাখে। সাধারণভাবে আশা করা যায়, ব্যাপকতর ব্যবহারের মধ্য দিয়ে পাঠ-উপকরণগুলি সর্বত্র সমাদৃত হবে।

অধ্যাপক (ড.) শুভ শঙ্কর সরকার

উপাচার্য

---

## একক 1 □ হাইড্রোজেন

---

গঠন

1.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

1.2 পর্যায়সারণীতে অবস্থান

1.2.1 ক্ষারধাতুর সঙ্গে তুলনা

1.2.2 হ্যালোজেনের সঙ্গে তুলনা

1.3 হাইড্রোজেনের সমস্থানিক

1.4 হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

1.4.1 হাইড্রোজেন প্রস্তুতির শিল্পপদ্ধতি

1.4.1.1 লেন পদ্ধতি

1.4.1.2 ওয়াটার গ্যাস থেকে প্রস্তুতি

1.4.1.3 প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে সংগ্রহ

1.5 হাইড্রোজেনের ধর্ম

1.6 হাইড্রোজেনের প্রকারভেদ ও বিভিন্ন অবস্থা

1.6.1 জায়মান হাইড্রোজেন

1.6.2 পারমাণবিক হাইড্রোজেন

1.7 হাইড্রোজেনের বহুরূপতা—অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন

1.7.1 অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত

1.7.2 প্যারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

1.7.3 অর্থো হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

1.7.4 অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের ধর্মাবলী

1.8 হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব

## 1.9 হাইড্রাইড

1.9.1 লাবণিক বা আয়নীয় হাইড্রাইড

1.9.2 সমযোজী হাইড্রাইড

1.9.3 ইন্টারস্টিশিয়াল হাইড্রাইড

1.9.4 সংযুক্ত বা সংগুণিত হাইড্রাইড

## 1.10 হাইড্রোজেন বন্ধন

1.10.1 হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের শর্ত

1.10.2 হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের প্রকারভেদ

## 1.11 সারাংশ

## 1.12 সর্বশেষ প্রণাবলী

## 1.13 উত্তরমালা

---

## 1.1 প্রস্তাবনা

---

লোহাচুর ও লঘু খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা 1660 খ্রিস্টাব্দে রবার্ট বয়েল প্রথম হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করেন। কিন্তু এই গ্যাসের ধর্মাবলী অনুসন্ধান করেন স্যার হেনরী ক্যাভেন্ডিশ। 1766 খ্রিস্টাব্দে তিনি এই গ্যাসের নাম দেন “জ্বলন্ত বায়ু” (inflammable air)। তিনি প্রমাণ করেন হাইড্রোজেন জলের একটি অংশ। ল্যাভয়সিয়ের 1783 খ্রিস্টাব্দে এর নাম দেন হাইড্রোজেন অর্থাৎ ‘জল উৎপাদক’।

বাতাসে হাইড্রোজেনের পরিমাণ সামান্য। আয়তনে প্রায় 1 ppm। মুক্ত অবস্থায় বাতাস ছাড়া প্রাকৃতিক গ্যাসে, কিছু আগ্নেয়গিরির গ্যাসে, সূর্যের উপরের অংশে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। যৌগ অবস্থায় জল, কয়লা, কাঠ, প্লেটোলিয়াম, তৈল, চর্বি ইত্যাদির মধ্যে হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকে। অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রয়োজনীয় উপাদান হল হাইড্রোজেন)।

এই হাইড্রোজেন সকল মৌলের মধ্যে হালকা এবং যোজ্যতা কক্ষে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রন বর্তমান। সুতরাং হাইড্রোজেন মৌলগুলির মধ্যে একটি বিশিষ্ট স্থান অধিকার করে।

হাইড্রোজেনের ধর্ম ও প্রকৃতির বিশেষত্বের জন্যই এই গ্যাসকে আলাদাভাবে উল্লেখ করার প্রয়োজনীয়তা আছে। তাই এই মৌলটির রসায়নকে আমরা এখন আলোচনা করবো।

## 1.2 উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করার পর আপনি হাইড্রোজেন সম্বন্ধে যেসব তথ্য জানতে পারবেন এবং প্রয়োগ করতে সক্ষম হবেন সেগুলি হল—

- পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান।
- পরীক্ষাগারে ও শিল্পে হাইড্রোজেন কীভাবে প্রস্তুত করা যায়।
- বিজারক হিসাবে এই গ্যাসটির ব্যবহার কি
- শিল্পে এই গ্যাসটির প্রয়োজনীয়তা কতখানি
- জায়মান হাইড্রোজেন বলতে কী বোঝায় এবং জায়মান হাইড্রোজেন ও সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে ধর্মের পার্থক্য কীভাবে বোঝা যায়।
- হাইড্রোজেনের বহুরূপতা ও অন্তর্ঘৃতি কী
- হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রকৃতি ও ব্যাখ্যা এবং রসায়ন শাস্ত্রে এর গুরুত্ব কতখানি

## 1.2 পর্যায়সারণীতে অবস্থান

হাইড্রোজেনের ইলেকট্রনবিন্যাস  $1s^1$  ( $Z = 1$ )। প্রথম কক্ষে ইলেকট্রন ধারণক্ষমতা দুই হওয়ায় প্রথম পর্যায় কেবলমাত্র দুইটি মৌল পাওয়া যায়—একটি  $H(1s^1)$  অপরটি  $He(1s^2)$ । হিলিয়াম (He) নিষ্ক্রিয় গ্যাস হওয়ায় 'O' শ্রেণীর অন্তর্গত। কিন্তু হাইড্রোজেন (H)-এর অবস্থান ধর্ম ও তার ইলেকট্রনবিন্যাসের উপর ভিত্তি করে দুটি শ্রেণীতে হওয়া সম্ভব।

- (a) IA অর্থাৎ ক্ষারধাতু শ্রেণী, যাদের ইলেকট্রনবিন্যাস  $ns^1$ ।
- (b) VIIB অর্থাৎ হ্যালোজেন শ্রেণী, যাদের ইলেকট্রনবিন্যাসে অষ্টক অপেক্ষা একটি কম ইলেকট্রন বর্তমান  $ns^2np^5$ ।

প্রকৃতপক্ষে হাইড্রোজেন এই দুই শ্রেণীর মৌলের সঙ্গেই আংশিক সাদৃশ্য দেখায়

### 1.2.1. ক্ষারধাতুর সঙ্গে তুলনা :

হাইড্রোজেন ও ক্ষারধাতুর সঙ্গে কিছু সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। যেমন,

হাইড্রোজেন	ক্ষারধাতু
<p>(1) হাইড্রোজেনের যোজ্যতা এক। ইলেকট্রন বর্জনের ফলে পরাতড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন,</p> $H \longrightarrow H^{\oplus} + e$ <p>অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় <math>H^{\oplus}</math> ক্যাথোডে প্রশমিত হয়।</p>	<p>(1) ক্ষারধাতুগুলি (Li, Na, K, Rb, Cs ইত্যাদি) একটি ইলেকট্রন বর্জনের ফলে পরাতড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন করে।</p> <p>যেমন, <math>Li \longrightarrow Li^{\oplus} + e</math></p> $Na \longrightarrow Na^{\oplus} + e$ ইত্যাদি <p>গলিত LiCl, NaCl ইত্যাদির তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ধাতু ক্যাথোডে মুক্ত হয়।</p>
<p>(2) হাইড্রোজেন একটি বিজারক।</p>	<p>(2) ক্ষারধাতুগুলিও বিজারক।</p>
<p>(3) স্থায়ী অক্সাইড উৎপন্ন করে। যেমন—</p> $2H_2 + O_2 = H_2O$	<p>(3) স্থায়ী অক্সাইড উৎপন্ন করে। যেমন,</p> $4Na + O_2 = 2Na_2O$
<p>(4) ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। যেমন—NaH, CaH<sub>2</sub> ইত্যাদি।</p>	<p>(4) অন্য ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে সংকর ধাতু উৎপন্ন করে। সোডিয়াম অ্যামালগাম (Na, Hg)।</p>

উপরে উল্লিখিত সাদৃশ্য থাকা সত্ত্বেও হাইড্রোজেন ও ক্ষারধাতুর মধ্যে অনেক বৈসাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়।

- হাইড্রোজেন একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাস। কিন্তু ক্ষারধাতুগুলি কঠিন ; গ্যাসীয় অবস্থায় একপরমাণুক।
- ক্ষারধাতুগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হাইড্রোজেনের তুলনায় অনেক বেশি। সাধারণ তাপমাত্রায় ক্ষারধাতুগুলি হাইড্রোজেন অপেক্ষা তীব্র বিক্রিয়াশীল।
- ক্ষারধাতুগুলির আয়নন শক্তি (Ionisation energy) হাইড্রোজেনের আয়নন শক্তি অপেক্ষা অনেক কম। (Li থেকে Cs-এর জন্য 520 থেকে 375 KJ mol<sup>-1</sup>, যেখানে হাইড্রোজেনের আয়নন শক্তি 1310 KJ mol<sup>-1</sup>)। আবার ক্ষার ধাতুগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যেখানে ≈ 0.8, হাইড্রোজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সেখানে 1.6।
- কোন যৌগে  $H^{\oplus}$  আয়নরূপে পাওয়া যায় না ; কিন্তু ক্ষারধাতুর যৌগসমূহে  $M^{\oplus}$  আয়ন সহজেই পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন যৌগগুলি হয় সমযোজী নচেৎ দ্রাবকায়িত (Solvated) আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন, H-CH<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>O<sup>⊕</sup>, NH<sub>4</sub><sup>⊕</sup> ইত্যাদি।



### 1.2.2. হ্যালোজেনের সঙ্গে তুলনা :

একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রোজেন পরমাণু  $1s^2$  ইলেকট্রনবিন্যাস বিশিষ্ট হাইড্রাইড,  $H^-$  আয়নে পর্যবসিত হয়।  $H^-$ -এর ইলেকট্রন আসক্তি ধনাত্মক ( $73 \text{ KJ mol}^{-1}$ ) সুতরাং হাইড্রোজেন, হ্যালোজেনের ( $ns^2 np^5$ ) সঙ্গে সাদৃশ্য দেখায় কারণ হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তি ধনাত্মক এবং স্থায়ী হ্যালাইড আনায়ন গঠন করতে সক্ষম হয়। নিচে উভয়ের সাদৃশ্য উল্লেখ করা হল।

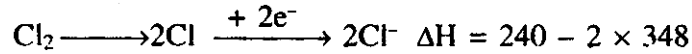
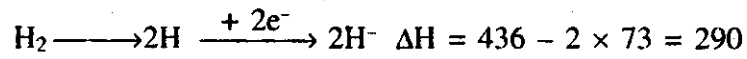
- গলিত  $NaX$  ( $X = H, Cl, Br, I$ ) তড়িৎবিশ্লেষিত করলে আনোডে অধাতু মুক্ত করে।
- ধাতব হাইড্রাইড ও ধাতব হ্যালাইডের মধ্যে সাদৃশ্য দেখা যায়।  $SiH_4$  এবং  $SiCl_4$ ,  $CH_4$  এবং  $CCl_4$ ,  $AsH_3$  এবং  $AsCl_3$  ইত্যাদি।  
প্রকৃতপক্ষে হ্যালোজেন হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। আবার সমযোজী হ্যালাইডকে  $LiAlH_4$  দ্বারা বিক্রিয়া করলে সমযোজী হাইড্রাইডে পরিণত হয়।
- মৌলবস্থায় উভয়েই দ্বিপরমাণুক অণু গঠন করে  $H_2$  এবং  $F_2, Cl_2, Br_2$  এবং  $I_2$ ।
- হাইড্রোজেন হ্যালাইডসমূহ আন্তঃহ্যালোজেন যৌগগুলির সদৃশ। উদাহরণ

$HCl$ -এর ধর্মাবলী  $H_2$  এবং  $Cl_2$ -এর ভৌতধর্মগুলির গড় ধর্মের সঙ্গে তুলনীয়।

যেমন,  $ICl$ -এর ধর্মাবলী  $I_2$  এবং  $Cl_2$ -এর গড় ধর্মের সঙ্গে সাদৃশ্য দেখায়।

হাইড্রোজেন এবং হ্যালোজেনের মূল বৈসাদৃশ্যগুলি নিচে উল্লেখ করা হল।

- সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন একটি গ্যাস। কিন্তু যদিও  $F_2$  ও  $Cl_2$  গ্যাস  $Br_2$  তরল এবং  $I_2$  কঠিন।  $H_2$ -এর বন্ধনবিভাজন শক্তি ( $436 \text{ KJ mol}^{-1}$ ) অত্যন্ত বেশি ( $Cl_2 = 240$ ,  $F_2 = 155 \text{ KJ mol}^{-1}$ ) ইলেকট্রন আসক্তি অত্যন্ত কম ( $H = 73$ ,  $F = 322$ ,  $Cl = 348 \text{ KJ mol}^{-1}$ ) সুতরাং  $H_2$  থেকে  $H^-$  প্রস্তুতি তাপগ্রাহী বিক্রিয়া



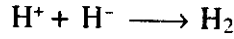
$$= - 456 \text{ (KJ mol}^{-1}\text{)}$$

এই কারণে হ্যালোজেন মৌলগুলি অত্যন্ত সক্রিয় কিন্তু হাইড্রোজেন সাধারণ তাপমাত্রায় নিষ্ক্রিয়।

- $H^-$  আয়নের ( $z = 1$ ) আয়ন ব্যাসার্ধ ( $210 \text{ pm}$ ) অত্যন্ত বেশি ( $Br^- = 196 \text{ pm}$ ,  $I^- = 216 \text{ pm}$ )। প্রথম কক্ষে আন্তঃইলেকট্রন বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় এবং নিউক্লীয় আধান কেবলমাত্র

+I একক হওয়ায় ইলেকট্রন জোড়কে তীব্রভাবে আকর্ষণ করতে পারে না ফলে H<sup>-</sup> আয়নে সহজেই প্রবায়িত হয়। হ্যালাইড আয়ন বিশেষত F<sup>-</sup> আয়ন প্রায় অপ্রবায়িত।

- (c) H<sup>-</sup>-এর আয়নীয় ব্যাসার্ধ LiH-এ 126 pm থেকে CSH-এ 154 pm পর্যন্ত পরিবর্তিত হয়। এই মান 210 pm অপেক্ষা বহুলাংশেই কম। এই ধরনের বিচ্যুতি আর অন্য কোন আয়নের ক্ষেত্রে লক্ষ্য করা যায় না।
- (d) বহু নিউক্লীয় জটিল যৌগে (Polynuclear complexes) হ্যালাইড আয়ন সেতুলিগান্ডের ক্রিয়া করতে সক্ষম হলেও H<sup>-</sup> সেতুলিগান্ড হয় না। আবার হ্যালোজেন হাইড্রোজেন বন্ধনের ন্যায় কোন বন্ধন গঠন করে না।
- (e) হ্যালোজেন একাধিক জারণ স্তর দেখায় ± I, III, V, VII হাইড্রোজেনের জারণ স্তর ± I।
- (f) H<sup>-</sup>-এর ক্ষেত্রে সর্বাধিক সর্বগীয় সংখ্যা দুই (হাইড্রোজেন বন্ধনের ক্ষেত্রে) কিন্তু হ্যালোজেনের ক্ষেত্রে তা সর্বাধিক সাত হতে পারে। যেমন, IF<sub>7</sub>।
- (g) হাইড্রাইড আয়ন তীব্র ব্রনস্টেড লাউরি ক্ষার



কিন্তু হ্যালাইড আয়ন অতি মৃদু ব্রনস্টেড লাউরি ক্ষার (HX জলীয় মাধ্যমে তীব্র অম্ল)।

### অনুশীলনী—1 :

(a) শূন্যস্থান পূরণ করুন :

(i) 1766 খ্রিস্টাব্দে ক্যাভেন্ডিস হাইড্রোজেন গ্যাসের নাম দিয়েছিলেন.....।

(ii) 1783 খ্রিস্টাব্দে..... এই গ্যাসের নাম দেন হাইড্রোজেন।

(iii) হাইড্রোজেনের.....এবং.....বিশেষত্বের জন্যই এটিকে আলাদা করে উল্লেখ করার প্রয়োজনীয়তা আছে।

(b) “ক্ষারধাতু এবং হ্যালোজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেনের অনেক মিল লক্ষ্য করা যায়” প্রত্যেক ক্ষেত্রে দুটি করে উদাহরণের সাহায্যে এই উক্তির সত্যতা প্রমাণ করুন।

## 1.3 হাইড্রোজেনের সমস্থানিক

হাইড্রোজেনের তিনটি সমস্থানিক বর্তমান। যথাক্রমে

- (i) সাধারণ হাইড্রোজেন  $^1_1H$
- (ii) ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়টেরিয়াম  $^2_1H$  বা D ;
- (iii) ট্রিটিয়াম  $^3_1H$  বা T।

প্রাকৃতিক হাইড্রোজেনে সমস্থানিকগুলির আপেক্ষিক প্রাপ্তির পরিমাণ—

$$H = 99.9844\%$$

$$O = 0.0156\%$$

T = অতি অল্প ;  $10^{17}$  থেকে  $10^{18}$  ভাগের 1 ভাগ। পারমাণবিক গঠনে সমস্থানিক তিনটির প্রভেদ কেবল নিউক্লিয়াসে অবস্থিত নিউট্রন সংখ্যার।

সাধারণ হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসে কেবল একটি প্রোটন আছে, নিউট্রন নেই।

পক্ষান্তরে, ডয়টেরিয়াম ও ট্রিটিয়ামে একটি প্রোটন ছাড়াও যথাক্রমে একটি ও দুইটি নিউট্রন বর্তমান।

প্রতিক্ষেত্রেই নিউক্লিয়াসটির চতুর্দিকে 1s কক্ষপথে একটি ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান।

ভরবর্ণালী বিশ্লেষণ পরীক্ষা ও নির্ভুল রাসায়নিক পরীক্ষায় হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে যে সামান্য পার্থক্য দেখা যায় তার সূত্র ধরে বিজ্ঞানী বার্জ 1931 খ্রিস্টাব্দে সিদ্ধান্ত করেন যে, সাধারণ হাইড্রোজেনে অতি অল্প পরিমাণে অপেক্ষাকৃত ভারী সমস্থানিক বর্তমান থাকে। এই বক্তব্যে অনুপ্রাণিত হয়ে বিজ্ঞানী ইউরে অধিক পরিমাণে তরল হাইড্রোজেন পাতিত করে যে অবশেষ পেলন তার ভর বর্ণালী পরীক্ষা করে এমন এক মৌলের সন্ধান পাওয়া গেল যার পারমাণবিক ভর সাধারণ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভরের দ্বিগুণ। এর কিছুদিনের মধ্যে ওয়াশবার্ন ও ইউরে (Washburn and Urey, 1932) লক্ষ্য করেন যে, জলের দীর্ঘায়িত তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে প্রাপ্ত তরল অবশেষের মধ্যে এই গুরুভার সমস্থানিকের মাত্রা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। 1933 খ্রিস্টাব্দে জি. এন. লুইস ও ম্যাকডোনাল্ড এইরূপে কয়েক মিলিলিটার বিশুদ্ধ ভারী জল বা ভারী হাইড্রোজেনের অক্সাইড সংগ্রহ করেন।

বর্তমানে গ্যাসীয় ডয়টেরিয়াম প্রধানত ভারী জলকে বিয়োজিত করে প্রস্তুত করা হয়। এই বিয়োজন ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় ধাতব সোডিয়াম বা লোহিত তপ্ত আয়রন বা টাংস্টেন ধাতুর সাথে ভারী জলের বিক্রিয়ায় বা ভারী জলের সোডিয়াম কার্বোনেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে এবং বিনিময় বিক্রিয়া দ্বারাও ডয়টেরিয়াম পাওয়া যায়।

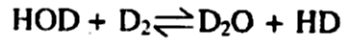
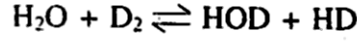
#### (1) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :

হাইড্রোজেন আয়ন ( $H^+$ ), ডয়টেরিয়াম অপেক্ষা ছয়গুণ শীঘ্র মুক্ত হয়। 0.5 (N) NaOH দ্রবণকে নিকেল তড়িৎদ্বারের উপস্থিতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে  $1/6$ th আয়তনে হ্রাস করা হয়। স্ফারটিকে  $CO_2$  দ্বারা প্রশমিত করে পাতিত করে জল সংগ্রহ করা হয়। দ্বিতীয় তড়িৎকোষে এই দ্রবণটি পুনরায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। একই প্রক্রিয়ায় অন্তত ছয়বার পুনঃপুনঃ বিশ্লেষিত করলে অবশেষে 99%  $D_2O$  পাওয়া যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের তৃতীয় বার থেকে প্রাপ্ত হাইড্রোজেনকে দহন করে যে জল পাওয়া যায় তা অবশিষ্ট তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়।

পদ্ধতিটির কার্যকারিতা বা পৃথকীকরণ গুণক (Separation factor) তড়িৎদ্বারের উপর নির্ভরশীল—  
 $Pb > Fe > Pt > Cu$

(2) বিনিময় বিক্রিয়া : হাইড্রোজেন ও ডয়টেরিয়ামের সমস্থানিক বিনিময় বিক্রিয়া দুই প্রকারের হয়।

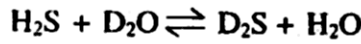
(a) অনুঘটকের পৃষ্ঠতলের উপর



(b) দ্রবণে



ক্ষারীয় দ্রবণে

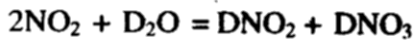
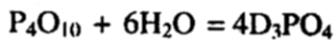
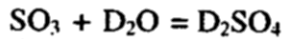
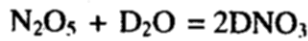


$$(K = 1.01, 373K)$$

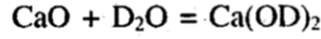
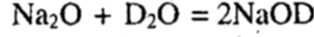
স্পেভাক পদ্ধতিতে  $H_2S$ -এ ডয়টেরিয়াম-এর ভাগ বাড়তে থাকে যখন  $H_2S$ -কে ফুটন্ত জলের মধ্যে চালনা করা হয়। কিন্তু 273K তাপমাত্রায় বিক্রিয়া বিপরীত মুখে ঘটে থাকে। তাই  $H_2S$ -কে প্রথমে বরফ-শীতল জল ও পরে ফুটন্ত জলের মধ্যে চালনা করে শতকরা 2 ভাগ  $D_2O$  সংগ্রহ করা হয়।

ভারী জলের ধর্ম : ভারী জল একটি বর্ণহীন তরল। ডয়টেরিয়াম জাত যৌগ অর্থাৎ যেখানে হাইড্রোজেন পরমাণু ডয়টেরিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় সেগুলি  $D_2O$  দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। ভারী জল থেকে ডয়টেরিয়াম জাত যৌগ সংশ্লেষিত হয়। ভারী জলের বিক্রিয়া সাধারণ জলের বিক্রিয়ার অনুরূপ। কিছু বিক্রিয়া নিচে উল্লেখ করা হল।

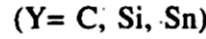
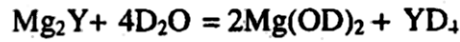
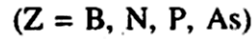
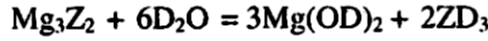
(a) অ্যাম্লিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডয়টেরিয়াম অম্ল উৎপন্ন হয়। যেমন,



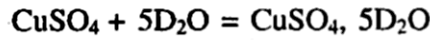
আবার ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডয়েটেরিয়াম দ্কার তৈরি হয়।



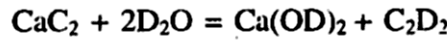
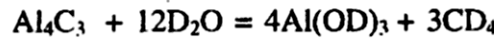
(b) ম্যাগনেসিয়াম-অধাতুদ্বিযোগ (binary compound) থেকে ডয়েটেরিয়াম বিশ্লেষণ (deuterolysis) দ্বারা ডয়েটেরেটেড অধাতব যৌগ গঠিত হয়।



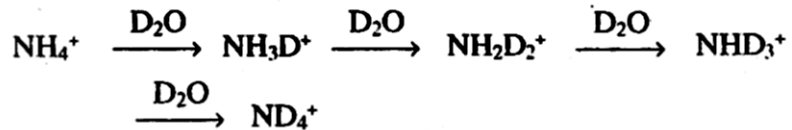
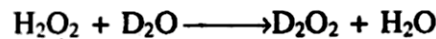
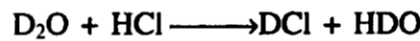
(c) অনার্দ্র লবণের সঙ্গে যুত যৌগ গঠন করে (জলের ন্যায়) কেলাস উৎপন্ন করে।



(d) অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে ভারী জলের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে মিথেন ও অ্যাসিটিলিনের অনুরূপ যৌগ ডয়েটেরো মিথেন ও ডয়েটেরো অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।



ভারী জলের একটি প্রধান ধর্ম উহার প্রতিস্থাপন বা বিনিময় বিক্রিয়া (Exchange reactions)। যে সকল যৌগে আয়নীয় হাইড্রোজেন বর্তমান, সেগুলিকে ভারী জলের সঙ্গে মিশালে স্বাভাবিক তাপমাত্রার ঐ সকল যৌগে হাইড্রোজেন পরমাণু ডয়েটেরিয়াম পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।



কার্বন পরমাণুর সঙ্গে আবদ্ধ H পরমাণুর উপরোক্ত বিনিময় স্বাভাবিক অবস্থায় সংঘটিত হয় না। সুতরাং  $\text{CH}_4$  বা  $\text{C}_2\text{H}_2$ -এর সাথে  $\text{D}_2\text{O}$ -এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পরমাণু ডয়েটেরিয়াম পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না। গ্লুকোজ অণুর কেবলমাত্র হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণুই ডয়েটেরিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যাসিটোন অণুর H পরমাণু D দ্বারা আংশিক প্রতিস্থাপিত হয়; ইহার কারণ অ্যাসিটোনের অণুর সামান্য

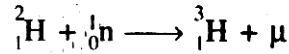
অংশ হাইড্রক্সি যৌগ ইনল (Enol) রূপে অবস্থান করে ডয়েটেরিয়াম ঘটিত যৌগসমূহ, অনুরূপ হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগের মতই আচরণ করে। কিন্তু এরা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী ও অধিকতর ঘনত্ববিশিষ্ট। HDO যৌগ, D<sub>2</sub>O ও H<sub>2</sub>O যৌগদ্বয়ের মধ্যবর্তী একটি যৌগ ; সুতরাং উহা প্রকৃতি ও ধর্মে উক্ত যৌগ দুইটির মাঝামাঝি। উচ্চ তাপমাত্রায় H<sub>2</sub>O + D<sub>2</sub>O ⇌ 2HDO বিনিময় বিক্রিয়ায় উহা প্রস্তুত করা যায়।

ব্যবহার : রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল বুঝতে ও জীবদেহের জৈবিক ক্রিয়ার প্রকৃতি অনুসন্ধানের ভারী জল ব্যবহৃত হয়। পরমাণু চুল্লীতে আঘাতকারী নিউট্রন কণিকার বেগ মন্দীভূত করতে ভারী জল মডারেটর (moderator) হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

সামান্য পরিমাণে শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয় হলেও বিশুদ্ধ D<sub>2</sub>O বিষাক্ত। D<sub>2</sub>O-র উপস্থিতিতে অঙ্কুরোদগম বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং কিছু সামুদ্রিক প্রাণী ভারী জলে জীবনধারণ করতে পারে না।

ট্রিটিয়াম :

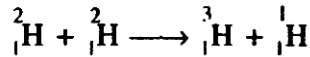
হাইড্রোজেনের তৃতীয় সমস্থানিক ট্রিটিয়াম (<sup>3</sup>H বা T) কৃত্রিম পারমাণবিক বিভঞ্নের সাহায্যে উৎপন্ন হয়।



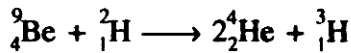
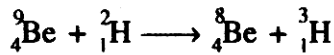
বায়ুমণ্ডলের উপস্থিত অংশে কসমিক রশ্মি প্রভাবিত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন হয় ; কিন্তু পরিমাণে উহা অতি অল্প। সমগ্র বায়ুমণ্ডলে প্রায় 1 মোল ট্রিটিয়াম বর্তমান।

নিম্নোক্ত পদ্ধতিতেও ট্রিটিয়াম প্রস্তুত করা যেতে পারে।

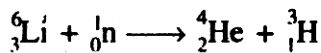
(i) D<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> বা (ND<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-কে ডয়েটেরিয়াম দ্বারা আঘাত করে



(ii) Be-কে সাইক্লোট্রোন যন্ত্রে উৎপন্ন ডয়েটেরিয়াম দ্বারা আঘাত করলে

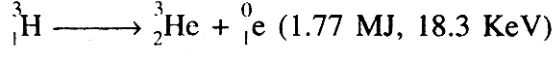


(iii) Li বা Li লবণকে মন্দগতিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে



ধর্ম : ট্রিটিয়াম অস্থায়ী।

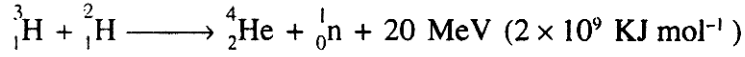
এটি  $\beta$ -কণা বিকিরণ করে সহজে  ${}^3_2\text{He}$  উৎপন্ন করে।



অর্ধায়ু = 12.26 বৎসর

গ্যাসীয় ট্রিটিয়াম ( $T_2$ )-র স্ফুটনাংক 25K এটির ত্রৈধবিন্দু 20.6K।

উদ্বায়ী তাপ 20.6k তাপমাত্রায়  $1.64 \text{ KJ mol}^{-1}$ -এর মান অন্যান্য সমস্থানিকের থেকে বেশি। নিউক্লিয়ফিউশন বিক্রিয়ার সাপেক্ষে ট্রিটিয়াম উল্লেখযোগ্য এবং হাইড্রোজেন বোমার বিক্রিয়ায় এর উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়।



নিচে হাইড্রোজেন ও ডয়েটেরিয়াম এবং জল ও ভারীজলের ভৌত-রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করা হল।

### হাইড্রোজেন ও ডয়েটেরিয়ামের ভৌত-রাসায়নিক ধর্মাবলী

ধর্ম	হাইড্রোজেন	ডয়েটেরিয়াম
গলনাঙ্ক (K)	13.95	18.7
স্ফুটনাঙ্ক (K)	20.39	23.7
ক্রান্তীয় তাপমাত্রা (K)	33.24	38.35
গলন তাপ ( $\text{J mol}^{-1}$ )	117	217
উদ্বায়ী তাপ (13.9 K)	1027	1424
বাষ্পীভবন তাপ (18.6 K)	914	1065
ঘনত্ব 273K ( $\text{Kgm}^{-3}$ )	89.9	359
শূন্যবিন্দু শক্তি ( $\text{KJ mol}^{-1}$ )	25.84	18.4
বিভাজন শক্তি ( $\text{KJ mol}^{-1}$ )	436	438

জল (H<sub>2</sub>O) ও ভারী জলের (D<sub>2</sub>O)-এর ভৌত-রাসায়নিক ধর্মাবলী

ধর্ম	জল	ভারীজল
গলনাঙ্ক	273.15	276.6
স্ফুটনাঙ্ক (k) 101.3 kPa	373.2	374.5
সর্বাধিক ঘনত্বের তাপমাত্রা	277.2	284.4
আপেক্ষিক ঘনত্ব 293K	0.9982	1.1059
তুলনামূলক ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক	80.5	82
সান্দ্রতা 293K (mP)	10.8	14.2
পৃষ্ঠটান (293K), ডাইন সেমি <sup>-1</sup>	72.7	67.8
আপেক্ষিক তাপ	1.0000	1.018
প্রতিসরণাঙ্ক সোডিয়াম D রেখা, সাপেক্ষে 293K	1.3330	1.32844
আয়ন গুণফল 293K ( $\times 10^{14}$ )	1.02	0.3

অনুশীলনী—2 :

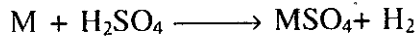
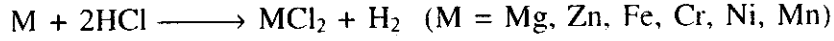
- (a) হাইড্রোজেনের সমস্থানিকগুলির নাম, ভরসংখ্যা, পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক এবং প্রাকৃতিক হাইড্রোজেনে এই সমস্থানিকগুলির প্রাপ্তির পরিমাণ কত উল্লেখ করুন।
- (b) ভুল কি নির্ভুল বলুন। যদি ভুল হয় তবে সঠিক উত্তর লিখুন। প্রয়োজনে রাসায়নিক সমীকরণ দিন।
- ওয়াশবার্ন ও ইউরের নাম ট্রিটিয়াম আবিষ্কারের সঙ্গে যুক্ত।
  - আয়রণ ধাতুর সঙ্গে ভারী জলের বিক্রিয়ায় ডয়টেরিয়াম পাওয়া যায়।
  - নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ভারী জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কেবলমাত্র ডয়টেরিয়াম নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।
- (c) ভারী জলের দুটি ব্যবহার উল্লেখ করুন।



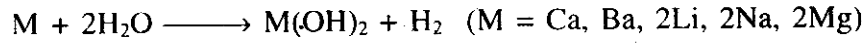
## 1.4 হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি

হাইড্রোজেন গ্যাস নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় :

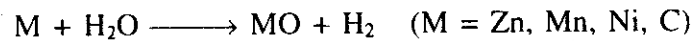
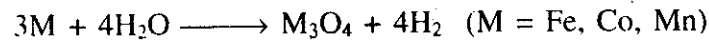
(i) সক্রিয় ধাতুর সঙ্গে লঘু অজৈব অম্লের বিক্রিয়া



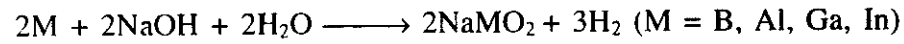
(ii) ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃৎতিকা মৌলের সাথে শীতল জলের বিক্রিয়া



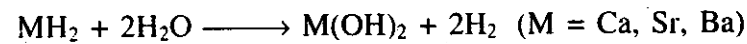
(iii) উত্তপ্ত Fe, Ni, Co, Mn, Zn অথবা Mg (ফুটন্ত জল)



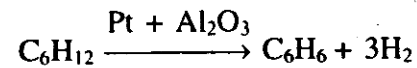
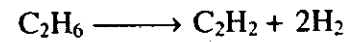
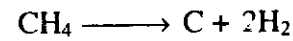
(iv) ধাতুকল্প ও উভধর্মী ধাতুর সাথে ক্ষারের বিক্রিয়া



(v) আয়নীয় হাইড্রাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে H<sub>2</sub> মুক্ত হয়।

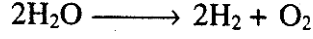


(2) হাইড্রোকার্বনের ক্র্যাকিং



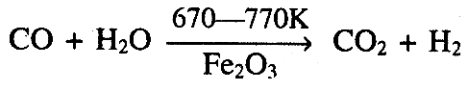
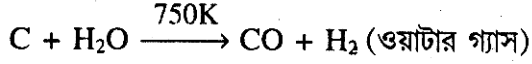
হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে করা হয়।

(i) Ni অথবা Fe তড়িৎদ্বারের সাহায্যে NaOH দ্রবণের তড়িৎবিচ্ছেদ দ্বারা

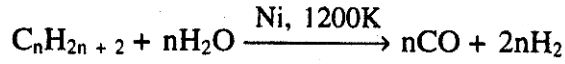


(ii) অনুঘটকের উপস্থিতিতে কোক দ্বারা বাষ্পের বিজারণ :

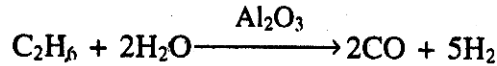
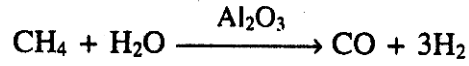
অথবা  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  অনুঘটকের উপস্থিতিতে CO দ্বারা বিজারণ (বশ পদ্ধতি)।



(3) Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে 1200K-এ বাষ্প দ্বারা হাইড্রোকার্বনের জারণ এবং পরবর্তী ধাপে CO-কে বাষ্প দ্বারা 670K-এ  $\text{CO}_2$  জারিত করা হয়।



প্রাকৃতিক গ্যাস  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{H}_2$ -র মিশ্রণ। অ্যালকেনকে অ্যালুমিনা অনুঘটকের উপস্থিতিতে বাষ্প দ্বারা জারিত করলে CO গ্যাস পাওয়া যায়। এটিকে সংশ্লেষিত জ্বালানী গ্যাস (Synthetic fuel gas) বলা যায়। পরবর্তী ধাপে CO-কে  $\text{CO}_2$ -এ জারিত করা হয়।



(4) পেট্রোলিয়ামকে তাপভাঙ্গন করলে উচ্চ আণবিক ওজন সম্পন্ন অ্যালকেন এবং সাইক্লো-অ্যালকেন নিম্ন আণবিক ওজন সম্পন্ন হাইড্রোকার্বন ও অ্যারোম্যাটিক যৌগে পরিণত হয় ও সেই ধাপে  $\text{H}_2$  মুক্ত হয়।

(প্রস্তুতির 2নং বিক্রিয়া দেখুন)

(5) NaOH বা  $\text{Cl}_2$  ইত্যাদির শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির উপজাত দ্রব্য (byproduct) হিসাবে  $\text{H}_2$  পাওয়া যায়।

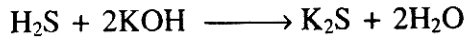
বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

বিশুদ্ধ  $\text{H}_2$  নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়।

(i) বিশুদ্ধ লঘু  $\text{HNO}_3$ -এ বিশুদ্ধ Mg ধাতু দ্রবীভূত করা হলে

(ii) উষ্ণ Ba(OH)<sub>2</sub> দ্রবণ Ni তড়িৎদ্বারের সাহায্যে U-নলে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হলে বাণিজ্যিক হাইড্রোজেনে H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> অশুদ্ধি রূপে বর্তমান থাকে। ফলে তা নিম্নোক্ত ধাপে বিশুদ্ধ করা হয়।

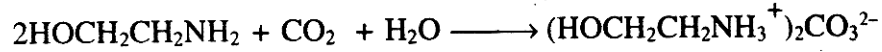
(a) KOH দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে H<sub>2</sub>S দ্রবীভূত হয় এবং অন্যান্য সালফারজাত যৌগ অপসারিত হয়।



(b) অ্যামোনিয়া যুক্ত কপার ফরমেট দ্বারা CO অপসারিত হয়।

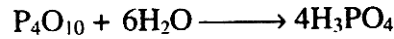


(c) উচ্চচাপে জল দ্বারা CO<sub>2</sub>-কে দ্রবীভূত করে অপসারিত করা হয়। অবশিষ্ট CO<sub>2</sub> জলীয় ইথানল্যামিন দ্বারা অপসারিত হয়।



(d) উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামযুক্ত অ্যাসবেসটসের উপর চালনা করলে O<sub>2</sub> দ্রবীভূত হয়। সামান্য পরিমাণ H<sub>2</sub>-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে তা H<sub>2</sub>O গঠন করে।

(e) গ্যাসটিকে নিরূদিত করার জন্য কঠিন KOH বা P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>-এর উপর চালনা করা হয়।



(f) শেষধাপে H<sub>2</sub>-কে Pd কর্তৃক অসুস্থিতি দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় এক ভাগ ধাতু প্রায় 700 ভাগ H<sub>2</sub>-কে শোষণ করে। অশুদ্ধিগুলি পাম্প দ্বারা সরানো হয়। নিম্নচাপে উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ H<sub>2</sub> নির্গত হয়।

### অনুশীলনী—3 :

(a) নিচের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখুন। উল্লেখযোগ্য কোনও ভৌত পরিবর্তন ঘটে থাকলে তা উল্লেখ করুন।

(i) দস্তার গুঁড়া জলের সঙ্গে ফুটান হল।

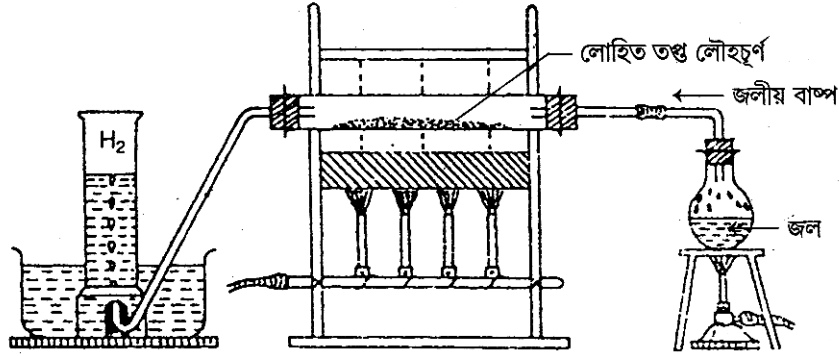
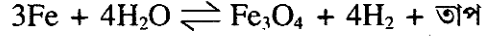
(ii) অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

(iii) অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত কোকের সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়া ঘটান হল।

(iv) অনেকদিন পূর্বে প্রস্তুত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে একটি পরিষ্কার ম্যাগনেসিয়াম ফিতা ডোবান হল।

### 1.4.1 হাইড্রোজেন প্রস্তুতির শিল্পপদ্ধতি :

লেন পদ্ধতি : নীতি : লোহিত তপ্ত আয়রণ চূর্ণের উপর দিয়ে স্টীম চালনা করলে, লোহিত তপ্ত আয়রণ  $H_2O$ -কে বিজারিত করে  $H_2$  উৎপন্ন করে এবং আয়রণ জারিত হয়ে ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



চিত্র 1.1

ভৌত-রাসায়নিক তত্ত্ব : বিক্রিয়াটি (i) উভমুখী (ii) সম্মুখ বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক (iii) বিক্রিয়াশীল গ্যাসের (স্টীম) মোলসংখ্যা বিক্রিয়াজাত গ্যাসের ( $H_2$ ) মোলসংখ্যার সমান। সুতরাং বিক্রিয়াটিতে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

(i) তাপের প্রভাব : (a) এই উভমুখী বিক্রিয়ায় যেহেতু সম্মুখ বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক, সুতরাং বিপরীত বিক্রিয়াটি তাপশোষক। তাই এই বিক্রিয়ায় উষ্ণতা বাড়ালে শাতেলিয়ালের নীতি অনুসারে বিক্রিয়াটি এম্নদিকে ঘটে, যদিকে হলে বাড়তি তাপ প্রশমিত হবে। যেহেতু বিপরীত বিক্রিয়াটি তাপশোষক তাই বাড়তি তাপ প্রশমিত করার জন্য বিপরীত দিকে বিক্রিয়া ঘটে, ফলে  $H_2$ -এর উৎপাদন কমে যায়।

(b) কম উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি ঘটলে বিক্রিয়াটি এম্নদিকে হবে যদিকে হলে ঘটিত তাপ পূরণ হবে। যেহেতু সম্মুখ বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক তাই এক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়া ঘটে। এর ফলে  $H_2$ -এর উৎপাদন বাড়ে। কিন্তু কম উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি ঘটলে বিক্রিয়ার হার খুব মন্থর হয়ে যায়। দেখা গেছে বিক্রিয়াটিকে  $873-1073K$  উষ্ণতায় ঘটালে বিক্রিয়ার হার এবং  $H_2$ -এর উৎপাদন সন্তোষজনক হয়, তাই ঐ উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি হয়। সুতরাং বিক্রিয়াটির অপটিমাম উষ্ণতা  $1073K$ ।

(ii) চাপের প্রভাব : যেহেতু এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না; তাই বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার উপর চাপের কোন প্রভাব নাই। তাই সাধারণ চাপেই বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

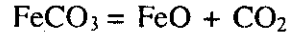
(iii) বিক্রিয়কের গাঢ়ত্বের প্রভাব : Fe এবং Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> কঠিন অবস্থায় থাকে, তাই সম্মুখ বিক্রিয়াটির সাম্যপ্রবন্ধ হল

$$K_p = \frac{(P_{H_2})^4}{(P_{H_2O})^4} \text{। এখন বিক্রিয়ার উষ্ণতায় } K_p \text{ স্থির।}$$

তাই এই বিক্রিয়ায় স্টীমের গাঢ়ত্ব বাড়ালে অর্থাৎ অতিরিক্ত স্টীম ব্যবহার করলে K<sub>p</sub>-এর মান স্থির রাখার জন্য সম্মুখদিকে বিক্রিয়া ঘটে ফলে H<sub>2</sub>-এর উৎপাদন বাড়বে।

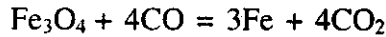
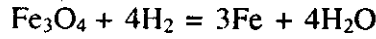
(iv) বিক্রিয়াজাত পদার্থের প্রভাব : সম্মুখ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন H<sub>2</sub>-কে বিক্রিয়ার পরিবেশ থেকে বের করে নিলে K<sub>p</sub>-এর মান স্থির রাখার জন্য সম্মুখ বিক্রিয়ার হার বাড়বে ফলে H<sub>2</sub>-এর উৎপাদন বাড়বে।

পদ্ধতি : প্রথমে স্প্যাথিক আয়রন আকরিককে উত্তপ্ত করে FeO উৎপন্ন করা হয়।



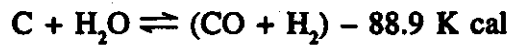
উৎপন্ন FeO-কে বিজারিত করে স্পঞ্জের মত ঝাঁঝরা বিশিষ্ট আয়রন উৎপন্ন করা হয়। কতকগুলি লোহার তৈরি চোঙের মধ্যে এই স্পঞ্জী আয়রন রেখে চোঙগুলিকে খাড়াখাড়া পরপর সাজিয়ে রেখে 1023K উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং সেইসঙ্গে চোঙগুলির মধ্যে স্টীম চালনা করা হয়। এইভাবে লৌহিত তপ্ত আয়রনের উপর দিয়ে স্টীম চালনার ফলে H<sub>2</sub> গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন H<sub>2</sub>-কে নির্গমনলের মধ্য দিয়ে বের করে গ্যাস হোল্ডারের মধ্যে সংগ্রহ করা হয়।

আয়রনের পুনরুদ্ধার : উৎপন্ন ফেরোসোফেরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত অবস্থার ওয়াটার গ্যাস চালনা করে আবার আয়রনে বিজারিত করে ব্যবহার করা যায়।



স্টীম চালনা এবং ওয়াটার গ্যাস চালনা করে উৎপন্ন Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-কে বিজারণ করা, পর্যায়ক্রমে চলতে থাকে। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত হাইড্রোজেন 98.5 – 99% বিশুদ্ধ।

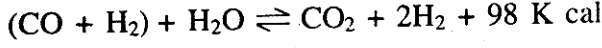
ওয়াটার গ্যাস থেকে—বশের পদ্ধতি : (i) শ্বेत তপ্ত কোকের (1673K) উপর দিয়ে স্টীম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত হয়। ওয়াটার গ্যাস হল H<sub>2</sub> এবং CO-এর সম-আয়তন মিশ্রণ। বিক্রিয়াটি তাপশোষক। যেহেতু সম্মুখ বিক্রিয়াটি তাপশোষক তাই উচ্চ উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়, ফলে সম্মুখ বিক্রিয়া ঘটে।



ওয়াটার গ্যাস

#### 1.4.1.2 ওয়াটার গ্যাস থেকে :

উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাসের এক আয়তনের সঙ্গে তিন আয়তন স্টীম মিশিয়ে 673 K উষ্ণতায় উত্তপ্ত  $Fe_2O_3$  (অনুঘটক) এবং  $Cr_2O_3$  (উদ্দীপক) এর উপর দিয়ে চালনা করলে  $CO$ ,  $CO_2$  পরিণত হয়।



চাপের প্রভাব : বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক হওয়ার কম উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি ঘটালে সম্মুখ বিক্রিয়া ঘটে  $H_2$ -এর উৎপাদন বাড়ে, কিন্তু কম উষ্ণতায় সম্মুখ বিক্রিয়ার হার খুব কমে যায়। দেখা গেছে বিক্রিয়াটি 723-773K উষ্ণতায় ঘটালে বিক্রিয়ার হার এবং  $H_2$ -এর উৎপাদন সন্তোষজনক হয়। তাই বিক্রিয়াটি 723K উষ্ণতায় ঘটানো হয়। বিক্রিয়াটি আরম্ভ করার সময় বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 723K করা হয়। বিক্রিয়াটি একবার আরম্ভ হলে বাইরে থেকে তাপ দেবার দরকার থাকে না।

চাপের প্রভাব সম্মুখ বিক্রিয়ায় আয়তনের কোন পরিবর্তন না হওয়ায় বিক্রিয়াটির উপর চাপের কোন প্রভাব নেই। সাধারণ চাপেই বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

বিক্রিয়কের গাঢ়ত্বের প্রভাব : সম্মুখ বিক্রিয়াটির সাম্য

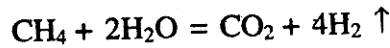
$$K_p = \frac{P_{CO_2} \times P_{H_2}}{P_{CO} \times P_{H_2O}}$$

723K উষ্ণতায়  $K_p$ -র মান স্থির তাই স্টীমের পরিমাণ বেশি থাকলে বিক্রিয়ার গতি ডানদিকে হয় ফলে  $CO$  সম্পূর্ণভাবে  $CO_2$ -তে পরিণত হয়।

এইভাবে উৎপন্ন  $CO_2$  এবং  $H_2$ -এর মিশ্রণকে 20-30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে প্রথমে জলের ভিতর দিয়ে চালনা করে, পরে কস্টিক সোডার মধ্য দিয়ে চালনা করে  $CO_2$  দূরীভূত করা হয়। সামান্য  $CO$  বর্তমান থাকলে অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের মধ্য দিয়ে চালনা করে অপসারিত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাসকে গ্যাস হোল্ডারে সংগ্রহ করা হয়। এই পদ্ধতি বশ পদ্ধতি নামে পরিচিত।

#### 1.4.1.3 প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে :

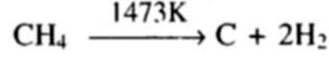
প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে প্রধানত মিথেন গ্যাস থাকে প্রায় 90%। প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে স্টীম মিশিয়ে 1073K উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে মিথেন জারিত হয়ে  $H_2$  উৎপন্ন করে।



$CO_2$ -কে (20-30) বায়ুমণ্ডলের চাপে জলের মধ্যে শোষিত করা হয়।

আমাদের প্রতিবেশী রাষ্ট্র বাংলাদেশে প্রচুর পরিমাণে প্রাকৃতিক গ্যাসের সন্ধান পাওয়া গেছে। আমেরিকাতেও সুলভে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায়।

প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি উপরে উল্লেখ করা হয়েছে। নিচে আরও একটি পদ্ধতি উল্লেখ করা হল।



উৎপন্ন হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। (কার্বন অত্যন্ত মিহি অবস্থায় থাকে এবং এটি ছাপার কালি তৈরির জন্য ব্যবহৃত হয়।)

সাম্প্রতিককালে ভারতবর্ষে উল্লেখ করার মত প্রাকৃতিক গ্যাসের সন্টার আবিষ্কৃত হয়েছে—যেমন, বম্বে হাই অঞ্চলের বেসাইন গ্যাসক্ষেত্র (ভারতের বৃহত্তম) এবং ত্রিপুরার বারামুড়া এলাকার গ্যাসক্ষেত্র। তাই এই পদ্ধতি আমাদের দেশেও প্রয়োগ করা যেতে পারে।

**অনুশীলনী-4 :**

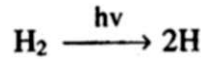
- ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস এবং প্রাকৃতিক গ্যাস বলতে কী বুঝেন? প্রত্যেকটি গ্যাসের দুটি করে ব্যবহার উল্লেখ করুন।
- জায়মান হাইড্রোজেন বলতে আমরা কী বুঝি? একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে সাধারণ হাইড্রোজেন (হাইড্রোজেন গ্যাস) ও জায়মান হাইড্রোজেনের মধ্যে পার্থক্য বুঝিয়ে দিন। বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

## 1.5 হাইড্রোজেনের ধর্ম

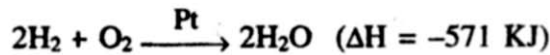
হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। এটি জলে সামান্য দ্রবীভূত হয় (2% আয়তনভিত্তিক 273K)। সমস্ত জানা মৌলের মধ্যে হালকা। আগেই কিছু ভৌত-রাসায়নিক ধর্মাবলী উল্লেখ করা হয়েছে।

যেহেতু হাইড্রোজেন ইলেকট্রন জোড় দান, গ্রহণ বা উভয় ব্যবহার (share) করতে পারে না এবং উচ্চ স্থায়িত্ব সম্পন্ন (436 KJ mol<sup>-1</sup>) সেহেতু সাধারণ তাপমাত্রায় অনুঘটকের অনুপস্থিতিতে এটি নিষ্ক্রিয়। উচ্চ তাপমাত্রায় এটি বিভিন্ন মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। হাইড্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নোক্ত প্রকার হয়।

- বিয়োজন :** H<sub>2</sub> অত্যন্ত স্থায়ী এবং 4000K বা অতিবেগুনী রশ্মি দ্বারা বিল্লিষ্ট হয়ে পরমাণু উৎপন্ন করে।

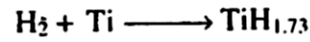
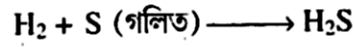
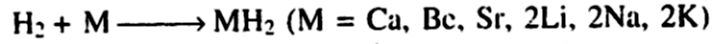


- দহন :** H<sub>2</sub> দহনে সাহায্য করে না কিন্তু O<sub>2</sub>-এর সাথে মিশ্রিত করলে বিস্ফোরণ ঘটে। বিক্রিয়াটি অত্যন্ত তীব্র এবং অনুঘটক দ্বারা প্রভাবিত।

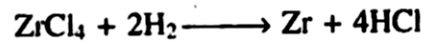
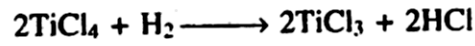
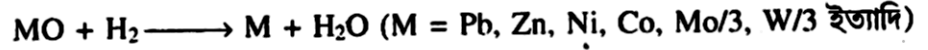


(3) অন্যান্য মৌলের সাথে বিক্রিয়া : উচ্চ তাপমাত্রা বা অতিবেগুনী রশ্মির প্রভাবে হাইড্রোজেন বহু মৌলের সাথে বিক্রিয়া করে দ্বিমৌলবিশিষ্ট যৌগ গঠন করে।

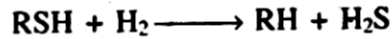
ক্ষার এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলের সাথে আয়নীয় হাইড্রাইড তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সাথে (হ্যালোজেন O<sub>2</sub>, S, N<sub>2</sub> ইত্যাদি) সমযোজী হাইড্রাইড ও সন্ধিগত মৌলের সাথে ধাতব বা ইন্টারস্টিশিয়াল (interstitial) হাইড্রাইড গঠন করে।



(4) বিজারণ ধর্ম : উদ্ভূত ধাতব অক্সাইড এবং হ্যালাইডকে বিজারিত করে ধাতু বা ঐ ধাতুর নিম্নতর জারণস্তরে পরিণত হয়।

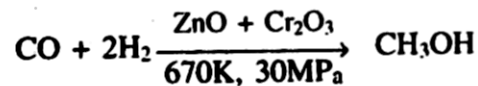


জৈব সালফার যৌগ থেকে সালফার মুক্ত করে H<sub>2</sub>S গঠন করে।



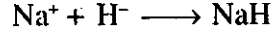
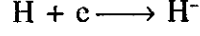
(5) হাইড্রোজেন যুক্তকরণ (Hydrogenation) : তেল, চর্বি ইত্যাদি অসম্পৃক্ত পদার্থগুলিকে Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে H<sub>2</sub> যুক্ত করে। এইভাবে C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> থেকে CH<sub>4</sub> এবং C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> পাওয়া যায়।

CO এবং H<sub>2</sub>-এর মিশ্রণকে ZnO + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> অনুঘটকের উপর 670K তাপমাত্রায় 30 MPa চাপ চালনা করলে মিথানল উৎপন্ন হয়।





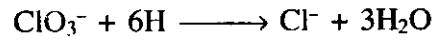
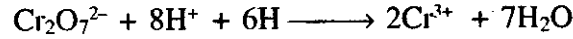
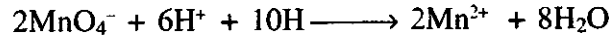
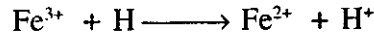
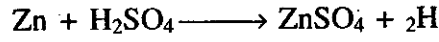
জারণ ধর্ম : তীর ভড়িৎধর্মী ধাতুগুলির সঙ্গে (Na, K, Ca) হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করে হাইড্রাইড উৎপন্ন করে।



## 1.6 হাইড্রোজেনের প্রকারভেদ ও বিভিন্ন অবস্থা

### 1.6.1. জায়মান হাইড্রোজেন :

ফেরিক (হলুদ), পারম্যাঙ্গানেট (বেগুনী), ডাইক্রোমেট (কমলা) বা ক্লোরেট (বর্ণহীন) লবণের আয়নিক দ্রবণের মধ্য দিয়ে সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে সেগুলি বিজারিত হয় না। কিন্তু ঐ দ্রবণে যদি কয়েক দানা জিঙ্ক মেশানো যায় তবে ঐ আয়নগুলি যথাক্রমে ফেরাস (বর্ণহীন), ম্যাঙ্গানাস (বর্ণহীন), ক্রোমিক (সবুজ) ও ক্লোরাইড (বর্ণহীন) লবণে পরিণত হয়।



এইভাবে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হবার মুহূর্তে হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলে। অর্থাৎ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন অণু গঠিত হবার পূর্বেই এক্ষেত্রে বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। ফলে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা এটি অধিকতর শক্তিশালী বিজারণ ক্ষমতা দেখায়।

জায়মান হাইড্রোজেনের অধিকতর সক্রিয়তার কারণ হিসাবে বিভিন্ন তত্ত্ব দেওয়া হয়েছে। যেমন—

(1) পারমাণবিক তত্ত্ব হাইড্রোজেন অণু গঠনের প্রাকমুহূর্তে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এবং এই পারমাণবিক অবস্থাই তার অধিক সক্রিয়তার কারণ হিসাবে একসময় গণ্য করা হত। কিন্তু পারমাণবিক অবস্থাই যদি তার অধিক সক্রিয়তার কারণ হয় তবে বিভিন্ন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ

ক্ষমতা বিভিন্ন হওয়া উচিত নয়। কিন্তু আমরা জানি বিভিন্ন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা বিভিন্ন। দৃষ্টান্ত :

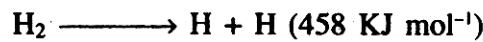
Zn ও লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন ক্লোরাইড লবণকে ক্লোরাইডে বিজারিত করে, কিন্তু সোডিয়াম পারদ সংকরের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন এই বিজারণ ঘটাতে পারে না আবার আলীকৃত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সাথে তুল্যাক্ষ পরিমাণ বিভিন্ন ধাতু মেশালে যে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাতে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয়। পরীক্ষায় এও দেখা গেছে যে, ক্যাথোডরূপে বিভিন্ন ধাতু ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাদেরও বিজারণ ক্ষমতা বিভিন্ন। পরমাণু অপরিবর্তনশীল হওয়ায় পারমাণবিক অবস্থার কোন বৈচিত্র্য থাকতে পারে না, তাই সক্রিয়তার কারণে যে পারমাণবিক অবস্থা এমন সিদ্ধান্ত সঠিক নয়।

**শক্তি সংযোজন তত্ত্ব :** হাইড্রোজেন উৎপাদনের সময় বিভিন্ন বিক্রিয়ায় বিভিন্ন পরিমাণ শক্তির উদ্ভব হয় এবং উদ্ভূত শক্তির তারতম্যের জন্যই জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা বিভিন্ন হয়। কোন এক বিশেষ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্নের সময় যে পরিমাণ শক্তির উদ্ভব হয় তা হয়তো কোন বিশেষ ক্ষেত্রে বিজারণ ঘটাতে সক্ষম হয় না সেইজন্য সেইক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন প্রয়োজনমতো সক্রিয় নয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ক্যাথোডে বিভিন্ন ধাতু ব্যবহার করে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় সেগুলির বিজারণ ক্ষমতার পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। সাধারণত দেখা গেছে যে, ক্যাথোড হাইড্রোজেন মুক্ত করতে যত বেশি ভোল্টেজ প্রয়োজন হয় ততই জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। এখানে শক্তিভিত্তিক তত্ত্বের সার্থক প্রয়োগ লক্ষ্য করা যায়।

**আভ্যন্তরীণ তত্ত্ব :** বিজ্ঞানী ইপাটেভ লক্ষ্য করেন যে, সাধারণ হাইড্রোজেনের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে তার বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। এই পরীক্ষার ভিত্তিতে বলা যায় যে, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের বদ্বুদের আকার ও তার মধ্যস্থ চাপের বিভিন্নতা জায়মান হাইড্রোজেনের অধিক সক্রিয়তার কারণ হতে পারে। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আকার যত ছোট হবে তার বিজারণ ক্ষমতা তত বেশি হবে। কারণ আকার যত ছোট হবে বদ্বুদে অন্তর্নিহিত চাপ তত বেশি হবে এবং সক্রিয়তাও বৃদ্ধি পাবে। তবে উপরোক্ত কোন মতবাদই সম্পূর্ণ নয় এবং জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা ও আচরণ আংশিকভাবে বোঝাতে সমর্থ হয়।

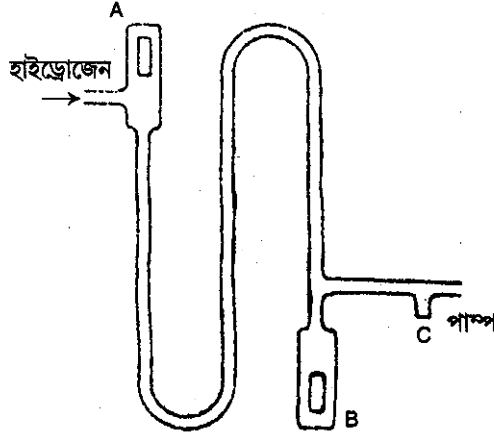
### 1.6.2. পারমাণবিক হাইড্রোজেন :

হাইড্রোজেন অণুকে বিভাজিত করে দুটি পরমাণুতে পরিণত করার সময় প্রচুর তাপ শোষিত হয়। তাই উচ্চ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন অণুর মধ্যস্থ পরমাণু দুটিকে বিচ্ছিন্ন করা যায়।



সুতরাং উচ্চ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাসকে উত্তপ্ত করলে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। নিম্নোক্ত পদ্ধতি দ্বারা পারমাণবিক হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যেতে পারে।

হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্য দিয়ে তড়িৎমোক্ষণ করা হলে : বিজ্ঞানী উড (1922) সাধারণ হাইড্রোজেনের মধ্য দিয়ে নিম্নচাপে তড়িৎমোক্ষণ করে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেন এই যন্ত্রে S আকৃতিবিশিষ্ট একটি তড়িৎমোক্ষণ নল আছে। এটিকে জল দ্বারা শীতলীকৃত অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎদ্বার A ও B সাথে যুক্ত করা আছে। তড়িৎমোক্ষণ নলটি 2 সেমি. ব্যাসবিশিষ্ট ও দেড় মিটার লম্বা (1 মিমি. বা তার কম), এর মধ্যে নিম্নচাপে H<sub>2</sub> গ্যাস চালনা করা হয়। A ও B তড়িৎদ্বারের মধ্য দিয়ে তড়িৎমোক্ষণ করা হলে কিছু অণু পরমাণুতে বিপ্লিষ্ট হয়। যন্ত্রটির C অংশে গ্যাসপ্রবাহের নিকটে অন্যান্য মৌল রেখে পারমাণবিক হাইড্রোজেন প্রকৃতি পরীক্ষা করা যায়।



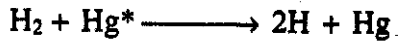
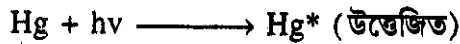
চিত্র 1.2

ল্যাংমুরের তড়িৎ আর্ক পদ্ধতি :

দুটি টাংস্টেন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎফুলিজ (2000°C) সৃষ্টি করে সাধারণ H<sub>2</sub>-কে সরু ধারায় বায়ুচাপে প্রবাহিত করলে হাইড্রোজেন অণু বেশি পরিমাণ শক্তি শোষণ করে ভেঙ্গে H পরমাণু উৎপন্ন করে।

আলোক রাসায়নিক পদ্ধতি :

বীক্ষণনলে হাইড্রোজেন ও পারদ বাষ্পের মিশ্রণের মধ্যে দিয়ে পারদ বাষ্প আর্ক থেকে উদ্ভূত ফুলিজ দ্বারা বিক্রিয়া করলে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। প্রথম ধাপে পারদ বাষ্প শক্তি শোষণ করে এবং পরে তা হাইড্রোজেন অণুকে প্রদান করলে সেটি বিভাজিত হয়ে হাইড্রোজেন পরমাণু উৎপন্ন করে।



ধর্ম : এটি অস্থায়ী ও সক্রিয়। পারমাণবিক H-এর জীবনকাল খুব ছোট মাত্র 1/3 সেকেন্ড। কতকগুলি অবস্থায় বিশেষত নিম্নচাপে এর জীবনকাল 10 সেকেন্ড পর্যন্ত হতে পারে। এই পরমাণুগুলি যুক্ত হয়ে অণু গঠন করলে প্রভূত পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে।

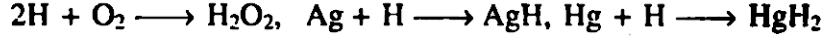


Pt, Mo, W ইত্যাদি ধাতুর উপস্থিতিতে এ বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয়।

আবার এই কারণেই পারমাণবিক হাইড্রোজেন অত্যন্ত সক্রিয় হয়।

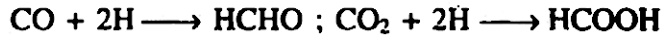
পারমাণবিক হাইড্রোজেন খুব সক্রিয়—

- (i) সাধারণ উষ্ণতায় অনেক ধাতু এবং অধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রাইড গঠন করে। নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়াহীন অক্সিজেনের সঙ্গে পারক্সাইড গঠন করে।

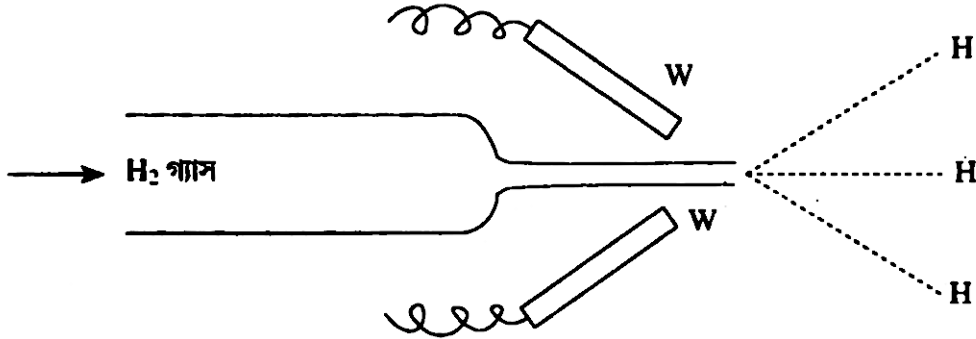


- (ii)  $AgNO_3$ ,  $Cu(NO_3)_2$ ,  $HgCl_2$  প্রভৃতির দ্রবণকে বিজারিত করে ধাতু উৎপন্ন করে।  
(iii) কমলা রং-এর অ্যাসিডযুক্ত  $K_2Cr_2O_7$  দ্রবণকে সহজেই বিজারিত করে ক্রমিক লবণের সবুজ দ্রবণ উৎপন্ন করে।  
(iv) বেগুনী বর্ণের অ্যাসিডযুক্ত  $KMnO_4$ -কে বিজারিত করে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণ উৎপন্ন করে। তাই দ্রবণটি বর্ণহীন হয়।

- (v)  $CO$ -কে  $HCHO$ -এ বিজারিত করে এবং  $CO_2$  কে  $HCOOH$  এ বিজারিত করে



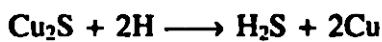
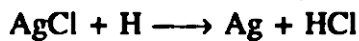
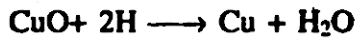
\* হাইড্রোজেন অণু ভেঙ্গে যে পরমাণুগুলির সৃষ্টি হয় সেগুলি ধাতুর সংস্পর্শে এলে হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয় এবং প্রচণ্ড তাপ ( $4100K^\circ$ – $5100K^\circ$ ) সৃষ্টি করে। একেই হাইড্রোজেন টর্চ বলে। ধাতু বাল্বাই এর কাজে এর ব্যবহার আছে।



চিত্র 1.3 : হাইড্রোজেন টর্চ

- (vi) তীব্র বিজারক :

ধাতব অক্সাইড, ক্লোরাইড ও সালফাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে।

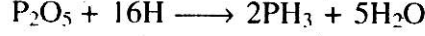


BaSO<sub>4</sub>-কে BaS-এ বিজারিত করে



Al, Mg, Cr, Zn-এর অক্সাইডসমূহ অধিক স্থায়ী হওয়ায় এগুলি বিজারিত হয় না।

(vii) অধাতব অক্সাইড P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-কে ফসফিনে বিজারিত করে।



(viii) ক্ষারধাতু লবণ যেমন নাইট্রেট, অ্যামাইড, সায়নাইড ইত্যাদি ধাতুতে বিজারিত হয়।



কিন্তু ধাতব সালফেট ও হ্যালাইডগুলির উপর পারমাণবিক হাইড্রোজেন ক্রিয়াহীন।

## 1.7 হাইড্রোজেনের বহুরূপতা : অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেনের অণু দুটি পরমাণুর দ্বারা গঠিত। ইলেকট্রনের যেমন ঘূর্ণন আছে সেইরকম নিউক্লিয়াস স্বীয় অক্ষের উপর লাটিমের মত ঘূর্ণায়মান। ফলে হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণনের বিভিন্নতা সম্ভব। নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণনের সম্ভাব্য বিভিন্নতার পরিপ্রেক্ষিতে বিজ্ঞানী হাইসেনবার্গ ও হুন্ড (1927) ভবিষ্যদ্বাণী করেন যে, দুইরকম হাইড্রোজেন অণুর অবস্থিতি সম্ভবপর ; একপ্রকার অণুতে নিউক্লিয়াসদুটির ঘূর্ণন সমমুখী হবে অন্যপ্রকার অণুতে এই ঘূর্ণন বিপরীতমুখী হবে। এই ধরনের প্রকারভেদ কেবল যে হাইড্রোজেন অণুর ক্ষেত্রেই সম্ভবপর তা নয়, D<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>; Cl<sub>2</sub> ইত্যাদি জাতীয় যে সকল দ্বিপারমাণুক অণুর উপাদান পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণন বেগ বর্তমান, সেই সকল ক্ষেত্রেই এরূপ প্রকারভেদ দেখা যাবে।

নিউক্লিয়াসে বর্তমান সকল কণার ঘূর্ণনের সমষ্টি দ্বারাই যে মোট ঘূর্ণন সৃষ্টি হয় তাকেই নিউক্লিয়ার ঘূর্ণন বলা হয়। এটিকে I দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। প্রতিটি নিউক্লিয়ার কণা (নিউট্রন বা প্রোটন)-এর ঘূর্ণনের মান 1/2। যেহেতু হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কেবলমাত্র একটি কণা অর্থাৎ প্রোটন উপস্থিত তাই সেটির নিউক্লিয়ার ঘূর্ণন হবে 1/2। যেহেতু হাইড্রোজেন অণুর মধ্যে দুটি পরমাণু বর্তমান সেহেতু ওই পরমাণুস্থিত নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণন হবে 1/2।

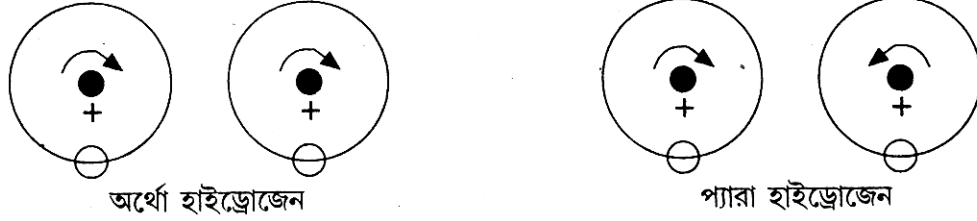
এই নিউক্লিয়াসদুটির ঘূর্ণন সমমুখী (same direction) বা বিপরীতমুখী (opposite direction) হতে পারে।

যদি হাইড্রোজেন অণুস্থিত দুটি নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণন সমমুখী হয় অর্থাৎ একই দিকে ঘটে তবে মোট ঘূর্ণনের মান হবে  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$ .

এই ধরনের হাইড্রোজেন অণু যেখানে মোট নিউক্লিয় ঘূর্ণনের মান 1 তাকে অর্থো হাইড্রোজেন বলে।

যদি হাইড্রোজেনের অণুস্থিত দুটি নিউক্লিয়াসের ঘূর্ণন বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ বিপরীত দিকে ঘটে তবে মোট ঘূর্ণনের মান হবে  $\frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$ .

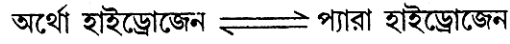
এই ধরনের হাইড্রোজেন অণু যেখানে মোট নিউক্লিয় ঘূর্ণনের মান '0' অর্থাৎ শূন্য তাকে প্যারা হাইড্রোজেন বলে।



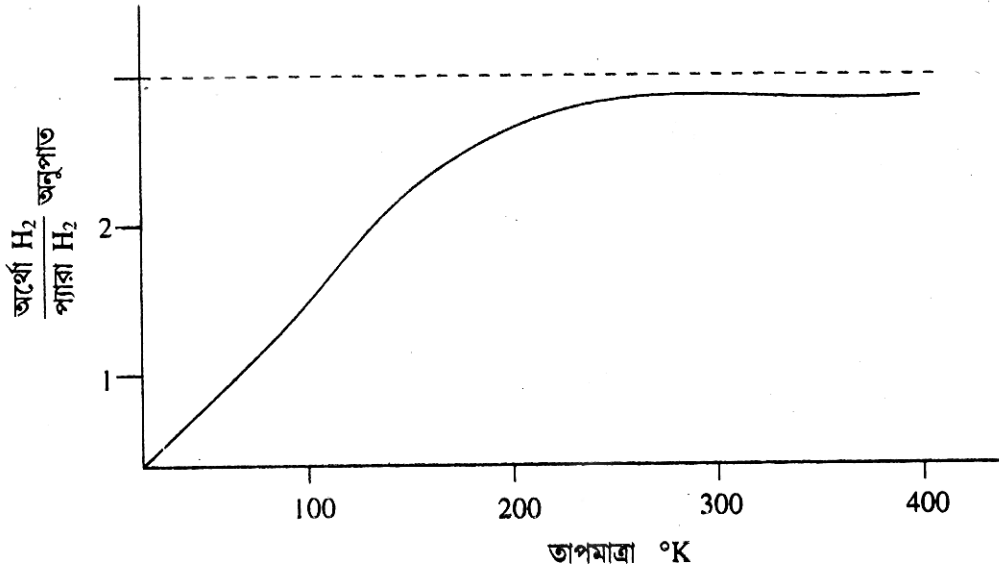
চিত্র 1.4

### 1.7.1. অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত :

সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাসে অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন সাম্যাবস্থায় থাকে।



অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই অনুপাতের মান 300K পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়, তারপর ঐ মান প্রায় স্থির থাকে।



চিত্র 1.5

300K অথবা তার উপরের তাপমাত্রায় অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত 3 : 1 হয়। এর অর্থ হল যে, সাধারণ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অর্থো হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা সম্ভব নয়।

অর্থো হাইড্রোজেন  $\rightleftharpoons$  প্যারা হাইড্রোজেন

এর সাম্যাবস্থা তাপমাত্রা হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে ডানদিকে সরে যায় অর্থাৎ প্যারা হাইড্রোজেনের আনুপাতিক হার বৃদ্ধি পায়। এইভাবে তাপমাত্রা হ্রাস করতে থাকলে 20K তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ প্যারা হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা সম্ভব হয়।

সাম্যাবস্থায় অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত 3 : 1 হওয়ার কারণ নিম্নলিখিত ভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

যেকোন ঘূর্ণায়মান নিউক্লিয়াস বা নিউক্লিয়াসগুলি যাদের নিউক্লিয় ঘূর্ণন  $I > 0$  যে ঘূর্ণন কৌণিক ভরবেগ (Spin angular momentum) সৃষ্টি করে সেটি ভেক্টর রাশি হয় এবং তার মান হয়

$$\sqrt{I(I+1)h}$$

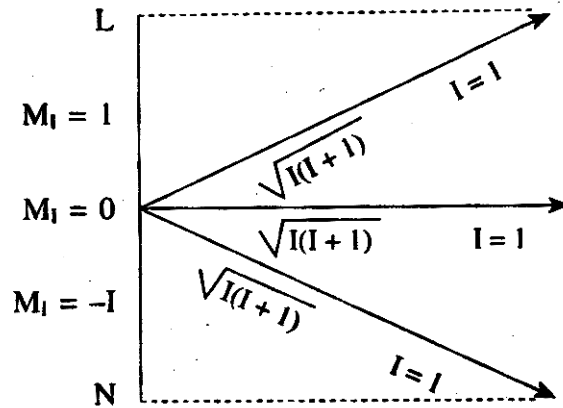
কৌণিক ভরবেগ ভেক্টর শূন্য কেয়োস্টাইজড (quantised in space) অর্থাৎ শূন্য দিকভিত্তিক  $(2I + 1)$  সংখ্যক বিন্যাস সম্ভবপর। এই প্রতিটি বিন্যাস নিউক্লিয়াসের নির্দিষ্ট শক্তিমাত্রা নির্দেশ করে। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, অর্থো হাইড্রোজেনের মোট নিউক্লিয় ঘূর্ণনের মান  $(I) = 1$ .

সুতরাং ঘূর্ণন কৌণিক ভরবেগ ভেক্টর-এর Z দিক সাপেক্ষে

$$(2 \times 1 + 1) = 3 \text{টি বিন্যাস সম্ভবপর}$$

$I_z = M_l = +1, 0, -1$  অর্থাৎ তিনটি নিউক্লিয় শক্তিমাত্রার উদ্ভব সম্ভব। ভেক্টরটি Z অক্ষ বরাবর সমান্তরাল, লম্ব ও বিপরীত সমান্তরাল হতে পারে।

$I_z$ -কে যেকোন বিন্যাসের কৌণিক ভরবেগ ভেক্টরের Z অংশ বলা যেতে পারে।

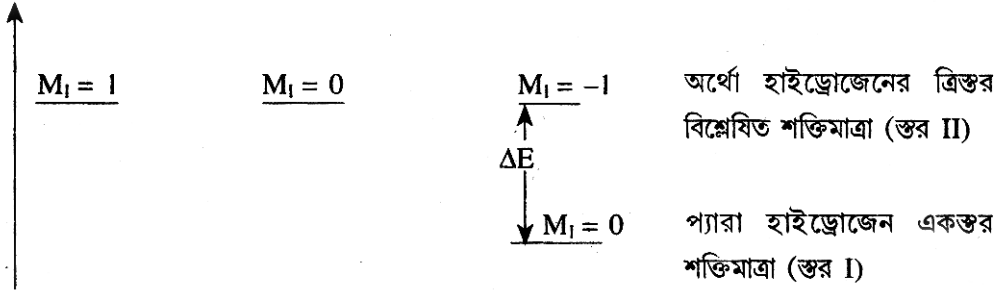


চিত্র 1.6

বহিঃস্থ চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের অনুপস্থিতিতে এই তিনটি নিউক্লিয় শক্তিস্তর সমশক্তি সম্পন্ন। সুতরাং অর্থো হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা এই তিনটি শক্তিস্তরে সমান হবে।

প্যারা হাইড্রোজেনে মোট নিউক্লিয় ঘূর্ণনের মান  $I = 0$ , সুতরাং ঘূর্ণন কৌণিক ভরবেগ ভেক্টর-এর কেবলমাত্র একটি বিন্যাস সম্ভবপর ( $2 \times 0 + 1 = 1$ ) যেখানে  $Z$  দিকসাপেক্ষে  $I_z = M_I = 0$ । এক্ষেত্রে কেবলমাত্র একটি নিউক্লিয় শক্তিস্তর সৃষ্টি হবে। ফলে প্যারা হাইড্রোজেনের সকল অণুই এই একমাত্র শক্তিস্তরে সম্মিহিত থাকবে।

নিউক্লিয় ঘূর্ণনের পারস্পরিক ক্রিয়া (Nuclear Spin interaction) অর্থাৎ এবং প্যারা হাইড্রোজেনে ভিন্ন হওয়ায় প্যারা হাইড্রোজেনের নিউক্লিয় শক্তিস্তর কম শক্তিসম্পন্ন হবে। অপরপক্ষে ত্রিস্তর বিশ্লেষিত (three state degenerate) নিউক্লিয় শক্তিস্তর সম্পন্ন অর্থাৎ হাইড্রোজেনের শক্তিমাত্রা অধিক হবে। যদিও স্তর I এবং II-এর মধ্যস্থিত শক্তির পার্থক্য যথেষ্ট কম।



নিম্ন তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন অণুগুলির সঙ্গে সংশ্লিষ্ট শক্তিমাত্রা কম হওয়ায় বেশির ভাগ অণুই কম শক্তি সম্পন্ন স্তর I বা প্যারা হাইড্রোজেন অবস্থায় বিরাজ করে।

প্যারা হাইড্রোজেন  $\rightleftharpoons$  অর্থো হাইড্রোজেন সাম্যাবস্থাটি প্রায় বাম দিকেই অবস্থান করে। তাপমাত্রা ক্রমাগত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হলে অণুগুলি উত্তেজিত হয়ে কম শক্তিসম্পন্ন প্যারা হাইড্রোজেন অবস্থা থেকে স্তর II বিশিষ্ট উচ্চ শক্তিসম্পন্ন অর্থো হাইড্রোজেনে পরিণত হবে। যেহেতু স্তর II-এ সমশক্তি সম্পন্ন তিনটি শক্তিস্তর বর্তমান অর্থো হাইড্রোজেনের অণুগুলি সমানভাবে এই তিনটি স্তরে বিন্যস্ত হয়। আরো তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থাটি ডানদিকে সরতে থাকে এবং বেশি পরিমাণ অর্থো হাইড্রোজেনের সৃষ্টি করে। অবশেষে সাধারণ উষ্ণতায় অর্থো হাইড্রোজেনের পরিমাণ এতটাই হয় যে, প্রতিটি ত্রিস্তর বিশ্লেষিত II শক্তিস্তরে অণুর সংখ্যা কম শক্তিসম্পন্ন স্তর I-এর প্যারা হাইড্রোজেনের সমান হয়ে পড়ে। অর্থাৎ মোট চারটি শক্তিস্তরে হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা প্রায় সমান হয়ে বাড়ে। যেহেতু চারটি শক্তিস্তরের তিনটিই অর্থো হাইড্রোজেন বিশিষ্ট এবং কেবলমাত্র একটিই প্যারা হাইড্রোজেন বিশিষ্ট হয় সেহেতু অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেনের অনুপাত হয় 3 : 1। অবশ্য এ অবস্থায় পৌছানোর পর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলেও সাম্যাবস্থা অপরিবর্তনশীল থাকে।

### 1.7.2 প্যারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

কোয়ার্টজ পাত্রে সক্রিয় অঙ্গারের উপর  $H_2$  গ্যাস অধিশোষিত করে তাপমাত্রা 20K ধীরে ধীরে হ্রাস করা



হলে এবং কিছুক্ষণ পর পাত্রমধ্যস্থ গ্যাসকে পাম্পের সাহায্যে নিষ্কাশিত করা হলে 99.8% বিশুদ্ধ প্যারা হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

দ্বিতীয় পদ্ধতিতে সাধারণ হাইড্রোজেনকে উচ্চচাপে তরল বায়ুর তাপমাত্রায় কিছুদিন রেখে দিলে প্যারা হাইড্রোজেন তৈরি হয়।

### 1.7.3 অর্থো হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অর্থো হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা প্রায় অসম্ভব। আমাদের আগের আলোচনা থেকেই আমরা জানতে পারি যে, সাধারণ উষ্ণতায় বা তার উপরে অর্থো হাইড্রোজেন সর্বদাই প্যারা হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিশ্রিত থাকে নিম্নতর তাপমাত্রা প্যারা হাইড্রোজেনের আধিক্য ঘটতে থাকে। তবে যখন সাধারণ হাইড্রোজেনকে অযুগ্ম ইলেকট্রন বিশিষ্ট মৌল যেমন, Fe, Ni, O<sub>3</sub>, NO ইত্যাদির সঙ্গে সংস্পর্শে আনা হয় তখন অর্থো হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ঠিক একইভাবে হাইড্রোজেন অণুকে 700-800°C বহুক্ষণ উত্তপ্ত করলে অর্থো হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

### 1.7.4 অর্থোপ্যারা হাইড্রোজেনের ধর্মাবলী :

সাধারণ হাইড্রোজেনের তুলনায় প্যারা হাইড্রোজেনের বাষ্পচাপ বেশি, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক কম। সাধারণ হাইড্রোজেন থেকে প্যারা হাইড্রোজেনের রূপান্তরের তাপ পরমশূন্য তাপমাত্রায় মোল প্রতি 0.337 K cal। বিশুদ্ধ অর্থো হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না বলে এটির ধর্মাবলী লৈখিক পরিবর্ধন পদ্ধতিতে (extrapolation method) বার করা হয়েছে।

রাসায়নিক ধর্মে অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন অভিন্ন ভৌতধর্ম যেমন স্ফুটনাঙ্ক, আপেক্ষিক তাপ, তাপ, পরিবহন ক্ষমতা ইত্যাদি দুইপ্রকার অণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

এই পার্থক্যের কারণ অণুঘূর্ণনের অন্তর্নিহিত শক্তির এই ভৌতধর্মগুলি থেকেই কোন নমুনায় অর্থো-প্যারা হাইড্রোজেনের শতকরা উপস্থিতি নির্ণয় করা সম্ভব।

### অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেনের ভৌত ধর্মাবলী

ধর্ম	অর্থো হাইড্রোজেন	প্যারা হাইড্রোজেন
গলনাঙ্ক (K)	13.95	13.85
স্ফুটনাঙ্ক (K)	13.95	13.85
বাষ্পচাপ 13.95K	7.15	7.60
K Pa 20.39 K	101.3	104.9
নিউক্লিয় চৌম্বকীয় ভ্রামক	2	0
ঘূর্ণায়মান আপেক্ষিক তাপ JK <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>	7.719	9.181

## 1.8 হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি

লাল তপ্ত প্যালাডিয়াম বা প্ল্যাটিনাম ধাতুর উপর দিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করলে গ্যাসটি সহজেই ওদের মধ্য দিয়ে ব্যাপিত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে প্যালাডিয়াম ধাতুকে প্রায় 373K তাপমাত্রায় গরম করে ঐ অবস্থায় ঠাণ্ডা করলে দেখা যায় যে, এই প্যালাডিয়াম ধাতুকে স্বল্প চাপে পুনরায় 298-303K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ধাতুটির আয়তনের প্রায় 500 গুণ আয়তনের হাইড্রোজেন নিষ্কাশিত হয়। এই হাইড্রোজেন প্যালাডিয়াম ধাতুর মধ্যে কোনওভাবে আবদ্ধ ছিল। এইভাবে প্যালাডিয়াম দ্বারা শোষিত হাইড্রোজেনকে অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন বলে এবং এই ঘটনাকে হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলা হয়।

আরো লক্ষ্য করা যায় যে সূক্ষ্ম চূর্ণের আকারে ধাতুর অন্তর্ধৃতির ক্ষমতা বেশি এবং উপযুক্ত ব্যবস্থায় প্যালাডিয়াম সর্বাধিক গুরু আয়তনের প্রায় 900 গুণ হাইড্রোজেনের আয়তনকে অন্তর্ধৃত করতে পারে। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, ধাতুর তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অন্তর্ধৃত গ্যাসের পরিমাণ হ্রাস পায়।

প্যালাডিয়াম ক্যাথোড ব্যবহার করে জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে, হাইড্রোজেন দ্বারা প্যালাডিয়াম ক্যাথোড-সম্পৃক্ত না হওয়া পর্যন্ত ক্যাথোড থেকে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় না।

অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেনসহ প্যালাডিয়াম ক্যাথোড তীব্র বিজারক রূপে ক্রিয়া করে।  $Fe^{3+}$  লবণকে  $Fe^{2+}$ ;  $Hg^{2+}$  লবণকে ধাতব Hg ও  $Cl_2$  গ্যাসকে  $Cl^-$  আয়নে বিজারিত করে।

**অন্তর্ধৃতির কারণ :** অন্তর্ধৃতির কারণ রূপে বিভিন্ন মতবাদ বর্তমান। একাংশ বিজ্ঞানী মনে করেন যে, প্যালাডিয়াম ধাতু ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে দ্বি-মৌলিক যৌগ (যথা  $Pd_2H$ ,  $Pd_3H$ ,  $Pd_4H$ ,  $Pd_8H$  ইত্যাদি) অন্তর্ধৃতির কারণ।

আবার কেউ কেউ মনে করেন যে প্যালাডিয়াম ও হাইড্রোজেনের সংযোগে কঠিন দ্রবণ গঠনই অন্তর্ধৃতির কারণ।

কিন্তু আধুনিক ধারণা অনুযায়ী এই অন্তর্ধৃতিতে হাইড্রোজেন প্যালাডিয়ামের সাথে ইন্টারসিটিশিয়াল যৌগ গঠন করে। প্যালাডিয়াম ধাতুর কেলাস-জালকের শূন্যস্থানগুলিতে হাইড্রোজেন পরমাণু স্থান গ্রহণ করার ফলেই এই জাতীয় যৌগ গঠিত হয়। হাইড্রোজেনকে স্থান দিতে ধাতুটির কেলাস জালকের আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং এর ফলে ধাতুর ঘনত্ব হ্রাস পায়।

প্যালাডিয়ামের বিভিন্ন ধাতুসংকর যেমন Pd-Ag বা Pd-Au ইত্যাদি Pd অপেক্ষা অধিকতর অন্তর্ধৃতি দেখায়।

## 1.9 হাইড্রাইড

হাইড্রোজেনের দ্বিমৌল বিশিষ্ট যৌগকে এককথায় হাইড্রাইড বলা হলেও সঠিকভাবে বলতে গেলে হাইড্রোজেনের অপেক্ষা অধিক পরাতড়িৎধর্মী মৌলের সঙ্গে হাইড্রোজেনের যৌগকে হাইড্রাইড বলা উচিত।

হাইড্রাইডগুলিকে নিম্নলিখিত বিভাগে শ্রেণীভুক্ত করা হয়।

(a) আয়নীয় (b) সমযোজী (c) ইন্টারস্টিশিয়াল (d) সংযুক্ত বা বহুগুণিত বা সংগুণিত (Polymeric) বন্ধন প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে এ ধরনের শ্রেণীভাগ করা হলেও বহুক্ষেত্রেই এটি আপাত এবং উভয় বিভাগের প্রান্তীয় ধর্মবিশিষ্ট যৌগ বর্তমান।

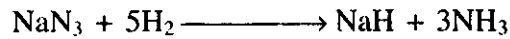
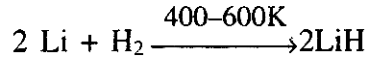
### 1.9.1 লাবণিক (Saline) বা আয়নীয় হাইড্রাইড :

এসকল ক্ষেত্রে হাইড্রাইড অ্যানায়ন (H: -) বর্তমান। তীর তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল যেগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান 1.2 অপেক্ষা কম যেমন IA শ্রেণীভুক্ত মৌল, Ca, Sr, Ba এবং La ইত্যাদি এই ধরনের হাইড্রাইড গঠন করে।

প্রস্তুতি :

(i) সরাসরি মৌলের সংযোগ ও উত্তাপন।

(ii) হাইড্রোজেন গ্যাসে অ্যাজাইড লবণের উত্তাপন



টেট্রাইড্রোফিউরান, THF বা কেরোসিন জাতীয় নিষ্ক্রিয় দ্রাবকে উপরিতল সক্রিয় পদার্থ (surface active substance), যেমন ম্যাগনেসিয়াম স্টিয়ারেটের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও ক্ষারধাতুর বিক্রিয়া সংঘটিত করা হয়। ধাতুটিকে ঐ দ্রাবকে প্রলম্বিত করে নেওয়া হয় কারণ হাইড্রাইডগুলি গলিত ধাতুতে দ্রবীভূত হয় না, ফলে ধাতব তলের উপর স্তরীভূত হয়।

ধর্ম : MH কেলাসাকার কঠিন এবং উহাদের রক সল্ট গঠন দেখা যায়।

কিন্তু MH<sub>2</sub> বাঁকা hcp কেলাসাকারে থাকে।

স্ফুটনাঙ্ক এবং গলনাঙ্ক উভয়েই উচ্চ এবং গলিত অবস্থায় তড়িৎ-সুপরিবাহী তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে অ্যানোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়, ফলে অপরাতড়িৎধর্মী হাইড্রোজেনের উপস্থিতি বোঝা যায়।

ক্যাটায়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রাইডগুলির তাপস্থায়িত্ব হ্রাস পায়। CsH অপেক্ষা LiH অধিকতর স্থায়ী। আবার MH অপেক্ষা MH<sub>2</sub> অধিকতর স্থায়ী। কোন শ্রেণীতে উপর থেকে নিচে নামলে জালক শক্তির হ্রাস পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রাইডের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়।

এই হাইড্রাইডগুলি তাপোৎপাদী। এর মান MH যৌগের জন্য H<sub>2</sub>-এর মোল প্রতি 100 KJ এবং MH<sub>2</sub> যৌগের জন্য 170–190 KJ mol<sup>-1</sup>

মৌল অপেক্ষা হাইড্রাইডের ঘনত্ব বেশি হয়।

যেমন Cs = 1900 Kg m<sup>-3</sup>

CsH = 3420 Kg m<sup>-3</sup>

আয়নীয় হাইড্রাইডসমূহ প্রোটনযুক্ত দ্রাবকে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং H<sub>2</sub> মুক্ত করে (যেমন, জল, অ্যামোনিয়া, অ্যালকোহল জাতীয় দ্রাবকে)।



হাইড্রাইডগুলি তীব্র বিজারক এবং যথাক্রমে

SO<sub>2</sub>-কে S ও S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> বিজারিত করে

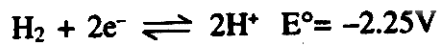
Cl<sup>-</sup>-কে HCl

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-কে S<sup>2-</sup> বিজারিত করে

ধাতব অক্সাইড যেমন Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ইত্যাদিকে ধাতুতে বিজারিত করে। আবার

CO থেকে CH<sub>4</sub>

এবং H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> থেকে H<sub>2</sub>S-এ উৎপন্ন হয়।



হাইড্রাইডগুলিকে সক্রিয়তার ভিত্তিতে নিম্নলিখিতভাবে সাজানো যেতে পারে



আয়নীয় হাইড্রাইডগুলি তীব্র লুইস দাতা এবং ডাইবোরেনের সঙ্গে সহজেই [BH<sub>4</sub><sup>-</sup>] গঠন করে। AlCl<sub>3</sub> প্রথমে AlH<sub>3</sub>-তে বিজারিত হয় এবং পরবর্তী ধাপে [AlH<sub>4</sub><sup>-</sup>] গঠন করে।

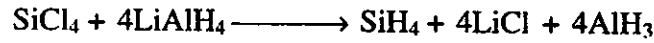
LiH (গলনাঙ্ক 961 K) ইথারে দ্রবীভূত হয় এবং জৈব বিক্রিয়ায় বিজারক রূপে ব্যবহৃত হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের অপর নাম হাইড্রলিথ। জল এমনকি বরফের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এটি সহজেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

### 1.9.2 সমযোজী হাইড্রাইড :

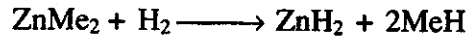
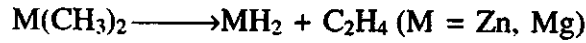
VIIA, VIA, VA, IVA, শ্রেণীবিশিষ্ট মৌল এবং B ও Al যাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2-এর বেশি তারাই সমযোজী হাইড্রাইড গঠন করে। এই হাইড্রাইডগুলির ধর্ম ও বন্ধনপ্রকৃতি অধাতুটির উপর নির্ভর করে। এখানে সাধারণভাবে এই ধরনের হাইড্রাইডের প্রস্তুতি ও ধর্ম আলোচিত করা হয়েছে।

#### প্রস্তুতি :

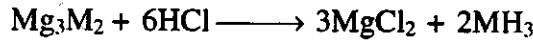
- (1) ইথার মাধ্যমে  $\text{LiAlH}_4$  দ্বারা সমযোজী ক্লোরাইডের বিজারণ



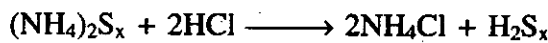
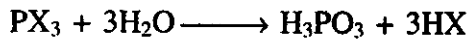
- (2)  $\text{H}_2$  দ্বারা ধাতব আলকিল যৌগের বিজারণ বা তাপভাঙ্গন



- (3) Mg যৌগ বা Mg সংকরের সঙ্গে স্ট্রক বিক্রিয়ায় লঘু HCl-এর দ্বারা আর্দ্রবিয়োজন



- (4) সমযোজী হ্যালাইডের আর্দ্রবিয়োজনে HX উৎপন্ন হয় কিন্তু পলিসালফাইড থেকে পলিসালফেন পাওয়া যায়।



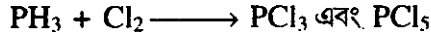
- (5) তড়িৎ-বিয়োজন কোষে ক্যাথোডে Pb বা Sn-এর বিজারণে  $\text{PbH}_4$  ও  $\text{SnH}_4$  উৎপন্ন হয়।

#### ধর্ম :

হাইড্রোজেন বন্ধনে অংশগ্রহণকারী হাইড্রাইডসমূহ ( $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) এবং অসম্পূর্ণ ইলেকট্রন বিশিষ্ট হাইড্রাইড যেমন বোরন হাইড্রাইড ব্যতীত অন্যান্য সমযোজী হাইড্রাইডগুলি উদ্বায়ী এবং গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক উভয়েই কম।

সমযোজী হাইড্রাইডগুলি বিজারক। কোন শ্রেণীতে যত নিচে নামা যায় ততই হাইড্রাইডসমূহের বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ HI এবং H<sub>2</sub>S যথাক্রমে HCl ও H<sub>2</sub>O অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক। বড় পরমাণুর ক্ষেত্রে অরবিটাল অভিলেপন কম হয় ফলে H—M বন্ধনশক্তির মান হ্রাস পায়। একইভাবে তাপস্থায়িত্ব হ্রাস পায় ও তাপভঙ্গনের মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

C, N, অথবা Si-এর স্থায়ী হাইড্রাইডগুলি হ্যালোজেন মৌলের সঙ্গে ধাপে ধাপে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অন্যান্য হাইড্রাইডসমূহ একই ধাপে হ্যালাইড গঠন করে।



কিন্তু অন্তর্বর্তী PH<sub>2</sub>Cl জাতীয় যৌগ স্থায়ী হয় না।

অপরপক্ষে মিথেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ধাপে ধাপে অন্যান্য অন্তর্বর্তী যৌগগুলি তৈরি হয় যেমন মোনো, ডাই, ট্রাই এবং টেট্রাক্লোরো মিথেন উৎপন্ন হয়।

### 1.9.3 ইন্টারসিটিশিয়াল হাইড্রাইড :

সন্ধিগত মৌলসমূহ, যাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান 1.2 থেকে 1.4 পর্যন্ত তারা এ জাতীয় হাইড্রাইড গঠন করে।

প্রস্তুতি : (1) 420–670K সরাসরি হাইড্রোজেন অধিশোষণ দ্বারা

(PdH<sub>0.6</sub>, 970K ; TiH<sub>1.73</sub> 570–670K)

(2) লেড ক্যাথোড দ্বারা অক্সাইডের তড়িৎবিজারণ

(CrO<sub>3</sub> থেকে CrH<sub>0.5-1</sub> এবং CrH<sub>1.7</sub>)

**ধর্ম :** ইন্টারসিটিশিয়াল হাইড্রাইডগুলিতে পরমাণু সংখ্যার সরল অনুপাত সাধারণত দেখা যায় না (non-stoichiometric) যোজ্যতাক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যার সঙ্গে যৌগগুলির সংকেতের সম্পর্ক অনুপস্থিত। ধাতুর কেলাস জালকের ফাঁকা অংশে হাইড্রোজেন অনুপ্রবিষ্ট হয়। ফলে কেলাস জালকে পরিবর্তনের সূচনা হয় এবং কেলাসে ধাতুর দূরত্ব পরিবর্তিত হয়। যেমন—

Pd – Pd দূরত্ব ধাতব অবস্থায় 383 pm. কিন্তু

αPdH<sub>0.6</sub> ঐ দূরত্ব হয় 390 pm.

βPdH<sub>2</sub>-তে ঐ দূরত্ব হয় 402 pm.

ধাতু অপেক্ষা এই সকল হাইড্রাইডসমূহ হালকা এবং অধিক তড়িৎ-পরিবাহী। এগুলি অনুদ্বায়ী কঠিন। অনেকে মনে করেন যে, এগুলি ধাতুর মধ্যে হাইড্রোজেনের (ব্যাসার্ধ = 37 pm) কঠিন দ্রবণ।

হাইড্রাইডসমূহের গঠন এনথ্যালপির (formation enthalpy) মান আয়নীয় হাইড্রাইডের সমতুল্য।

লাবণিক হাইড্রাইডের মতো এগুলি তীব্র বিজারক কিন্তু কেবলমাত্র উত্তপ্ত অবস্থায় এগুলি

HgCl<sub>2</sub>-কে Hg,

FeCl<sub>3</sub>-কে FeCl<sub>2</sub> ইত্যাদিতে বিজারণ করে।

সাধারণত হ্যালোজেন সালফার অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ও ধাতব হ্যালাইড, সালফাইড, নাইট্রাইড গঠন করে।

**বন্ধন প্রকৃতি :** ইন্টারসিটিশিয়াল হাইড্রাইড গঠনের ক্ষেত্রে দুটি ধারণা প্রচলিত আছে।

- টাইটেনিয়াম, প্যালাডিয়াম হাইড্রাইডসমূহে হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর সঞ্চালন স্তরে (Conduction band) 1s ইলেকট্রন দান করে। সঞ্চালন স্তরের ইলেকট্রন যুগ্ম গঠন করায় ধীরে ধীরে উৎপন্ন পদার্থ স্ফিরচুম্বকীয় (diamagnetic) হয়ে পড়ে।
- হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রাইড আয়ন গঠন করে। নিম্নলিখিত তথ্য দ্বারা এই তত্ত্ব প্রমাণিত হয়।
  - যে সমস্ত ধাতব মৌলের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ 130 pm থেকে বেশি সেগুলি ইন্টারসিটিশিয়াল হাইড্রাইড গঠন করে। এর থেকে ছোট পরমাণুগুলি সমযোজী হাইড্রাইড গঠন করে।
  - গঠন তাপ (enthalpy of formation)-এর মান আয়নীয় হাইড্রাইডের প্রায় সমান যদিও ইন্টারসিটিশিয়াল হাইড্রাইডগুলি ধাতুর থেকে হালকা।
  - হাইড্রোজেন পরিমাণ যত বাড়তে থাকে ধাতব ধর্ম যেমন পরিবাহিতা, পরাচুম্বকীয়তা হ্রাস পায়।

**অনুশীলনী—5 :**

- ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা কত?
  - সোডিয়াম হাইড্রাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায় কেন?
  - সিজিয়াম হাইড্রাইড এবং লিথিয়াম হাইড্রাইডের মধ্যে কোনটি বেশি স্থায়ী এবং কেন?
- শূন্যস্থান পূরণ করুন :
  - ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের অপর নাম .....
  - সন্ধিগত মৌলসমূহ যাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান 1.2 থেকে 1.4 পর্যন্ত তারা ..... হাইড্রাইড গঠন করে।

(iii) লিথিয়াম হাইড্রাইড এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড ..... কিন্তু আর্সাইন এবং সিলেন .....

(iv) রুবিডিয়াম হাইড্রাইড সিজিয়াম হাইড্রাইড অপেক্ষা ..... সক্রিয়।

#### 1.9.4 সংযুক্ত বা সংগুণিত হাইড্রাইড (Polymeric Hydride)

Al, B, Be, Co, Ni, Cu ইত্যাদি হাইড্রাইডগুলি সংগুণিত হয় কারণ হয় কেন্দ্রীয় পরমাণুটির যোজ্যতাকক্ষের অষ্টক অসম্পূর্ণ না হয়তো খাতুটি তার কেলাস জালকের ফাঁকা অংশে হাইড্রোজেনের পরমাণুকে স্থান দিতে পারে।

এইসকল হাইড্রাইডগুলির প্রস্তুতি হয় সমযোজী (Al, B, Be) হাইড্রাইডের ন্যায় নতুবা ইন্টারসিটিশিয়াল (Co, Ni, Cu) হাইড্রাইডের ন্যায় হয়ে থাকে।

ZnH<sub>2</sub> এবং MgH<sub>2</sub> আয়নীয় হাইড্রাইড হওয়া সত্ত্বেও BeH<sub>2</sub>-এর বিক্রিয়ার মতোই বিক্রিয়া দেখায় তাই এদুটিকেও সংগুণিত হাইড্রাইড বলা হয়।

সংগুণিত হাইড্রাইডসমূহ অদ্রব্য কঠিন এবং উত্তপ্ত করলে মৌলে বিল্লিষ্ট হয়। অষ্টক অসম্পূর্ণ হাইড্রাইডসমূহ Al, B, Be ইত্যাদি হাইড্রাইড আয়ন দাতার সাথে MH<sub>4</sub><sup>+</sup> গঠন করে।

এই হাইড্রাইডগুলি বিজারক

AlH<sub>3</sub> দ্বারা RCN, RCH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>-তে বিজারিত হয়।

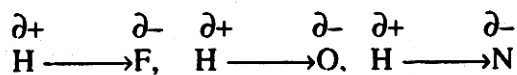
RX, RH-এ বিজারিত হয়।

RCOOH, RCH<sub>2</sub>OH গঠন করে।

এই হাইড্রাইডগুলির গঠন ধাতবমৌলের উপর নির্ভরশীল হয়।

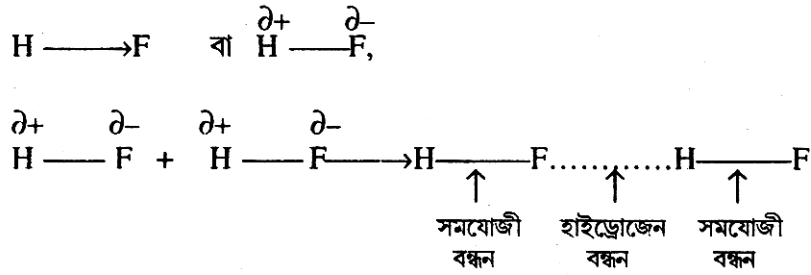
### 1.10 হাইড্রোজেন বন্ধন

উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি, তীব্র অপরাধর্মিতা এবং স্বল্প পারমাণবিক আয়তনবিশিষ্ট পরমাণুর (যেমন F, O, N) সঙ্গে যখন হাইড্রোজেন পরমাণু সমযোজী বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ থাকে, তখন তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন জোড়কে নিজের নিউক্লিয়াসের দিকে আকর্ষণ করে, ফলে তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর সন্নিহিতে ইলেকট্রন ঘনত্বের আধিক্য হয় এবং তা আংশিক অপরা আধানযুক্ত হয়, আর হাইড্রোজেন পরমাণুর সন্নিহিতে ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস পায় এবং H-পরমাণু আংশিক ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। এর জন্য সমযোজী বন্ধনের মধ্যে স্বল্প আয়নীয় চরিত্র দেখা যায়। যেমন—





ধ্রুবীয় যোগে উপস্থিত এই H-পরমাণুর মধ্যে অতি অল্প আয়তন এবং আংশিক তড়িৎ-ঋণাত্মকতার এটি অপর কোন তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুর (যেমন F, O, N) সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনকে নিজের দিকে আকর্ষণ করার প্রবণতা দেখায়। ফলস্বরূপ একটি ধ্রুবীয় অণুর ধনাত্মক মেরু ( $H^{\delta+}$ ), অপর একটি একই বা ভিন্ন ধ্রুবীয় অণুতে উপস্থিত তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুকে (যেমন F, O, N প্রকৃতপক্ষে ঋণাত্মক মেরুকে) স্থির তড়িতাকর্ষণে আকৃষ্ট করে রাখতে পারে, এবং এই আকর্ষণের মাধ্যমে একটি দুর্বল বন্ধনের সৃষ্টি হয়। একটি তীব্র অপরাধর্মী মৌলের সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থেকেও হাইড্রোজেন পরমাণুর অন্য আর একটি বা ভিন্ন অপরাধর্মী মৌলের সঙ্গে বিশেষ দুর্বল বন্ধন রচনা করার ক্ষমতাকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে। হাইড্রোজেন বন্ধনকে ভগ্নরেখা বা ডট (.....) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



এভাবে অসংখ্য HF-অণু হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা সংযোজিত হতে পারে  $(HF)_n$ ।

**সংজ্ঞা :** উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি, তীব্র অপরাধর্মিতা এবং স্বল্প পারমাণবিক আয়তনবিশিষ্ট পরমাণুর (যেমন, F, O, N) সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থেকে হাইড্রোজেন পরমাণু একই বা অন্য কোন ধ্রুবীয় অণুর ঋণাত্মক মেরু যুক্ত তীব্র অপরাধর্মী পরমাণুকে (যেমন, F, O, N) স্থির তড়িতাকর্ষণের মাধ্যমে সংযুক্ত করে যে বিশেষ ধরনের বন্ধন গঠন করে, তাকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে।

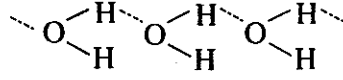
**হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রকৃতি :** হাইড্রোজেন বন্ধনের শক্তি  $41.84 \text{ KJ mol}^{-1}$  এবং তা সমযোজী বন্ধনের শক্তি (প্রায়  $210\text{--}251 \text{ KJ mol}^{-1}$ ) অপেক্ষা অনেক কম এবং ইহা অনেক দুর্বল প্রকৃতির। ভ্যানডারওয়াল জাতীয় দুর্বল আকর্ষণ বলের সঙ্গে এটি অনেকটা তুলনীয় তবে পার্থক্য এই যে, ভ্যানডারওয়াল বল সাধারণত দিক নির্দেশকহীন (non-directional) কিন্তু হাইড্রোজেন বন্ধন একটি নির্দিষ্ট অভিমুখে ঘটে বলে মনে হয়। হাইড্রোজেন বন্ধন মূলত স্থির তড়িতাকর্ষণ প্রকৃতির, যদিও ইহার মধ্যে সামান্য পরিমাণ সমযোজী চরিত্র আছে এবং ইহা প্রধানত সহজ দ্বিমেরু—দ্বিমেরু বা আয়ন—দ্বিমেরু আকর্ষণের মত (dipole-dipole or ion—dipole attraction)।

**উদাহরণ :**

(1) দুটি সংযোজিত HF-অণুর মধ্যে, একটি H-পরমাণু দুটি তীব্র তড়িৎঋণাত্মক F-পরমাণুর মতো অবস্থান করে, একটি পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে এবং অপরটিকে স্থির তড়িতাকর্ষণে সংযুক্ত করে একটি

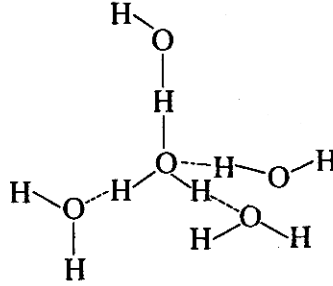
দুর্বল সেতু রচনা করে। এইভাবে একাধিক H-F-অণু হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে সংযোজিত অণু (HF)<sub>n</sub> গঠন করে।

(2) **সংযোজিত জল অণু :** কঠিন ও তরল অবস্থায় জলের একটি অণুর হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য একটি জল অণুর অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে, এই পদ্ধতিতে একাধিক জল-অণু সংযোজিত হয়।



বরফের কেলাসে অগণিত হাইড্রোজেন বন্ধন আছে। X-রশ্মি এবং অন্যান্য পরীক্ষায় জানা গেছে যে, বরফের এক-একটি কেলাসে প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে একটি চতুস্তলক গঠন করে, চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু স্বাভাবিক সমযোজী বন্ধন দ্বারা এবং অপরদুটি হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা অক্সিজেনের সঙ্গে আবদ্ধ থাকে।

এক-একটি চতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থিত একটি জলের অণুর দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপর দুটি জল-অণুর দুটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং ঐ কেন্দ্রের অক্সিজেনের দুজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলের সঙ্গে দুটি হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি হয়, যা অন্য দুটি জল-অণু থেকে প্রাপ্ত। সুতরাং এক-একটি জল-অণু অপর চারটি জল-অণু দ্বারা পরিবৃত্ত থাকে।

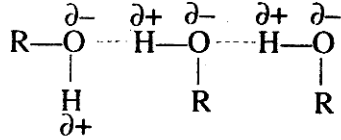
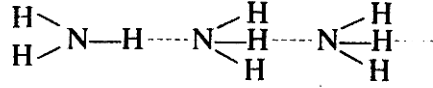


প্রতিটি জল-অণুর অক্সিজেনের সঙ্গে এইরূপ চতুস্তলকীয় বিন্যাস হয়ে এবং অগণিত জল-অণু সংযোজিত হয়ে এক বৃহৎ অণু গঠন করে। চতুস্তলকীয় গঠনযুক্ত বরফের কেলাসে জল-অণুগুলির মধ্যে বেশ কিছুটা শূন্যস্থান থেকে যায়। যখন বরফ গলতে থাকে, তাপের প্রভাবে কিছু হাইড্রোজেন বন্ধন ভেঙে যায়। এইরূপ গঠন নষ্ট হয়, তরল জলে পরিণত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সরল শৃঙ্খলযুক্ত হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ

জল-অণুগুলি আরও কাছাকাছি চলে আসে। ফলে আরও জল-অণু বরফের শূন্যস্থানগুলি অনেকটা অধিকার করে। এই কারণে বরফ গলালে উৎপন্ন জলের আয়তন কমে যায় অর্থাৎ জলের ঘনত্ব বেড়ে যায়। 277K তাপমাত্রায় সংকোচন সর্বাধিক হয় অর্থাৎ ঘনত্ব সর্বাধিক হয়। এই তাপমাত্রার উপর আয়তনের স্বাভাবিক প্রসারণ ঘটতে থাকে।

উপরের ব্যাখ্যা থেকে সহজেই বোঝা যায় :

- (i) বরফ গলালে আয়তন কমে যায় কেন?
  - (ii) জল অপেক্ষা বরফের ঘনত্ব কম কেন?
  - (iii) 277K তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাধিক কেন?
  - (iv) আণবিক ওজন কেবলমাত্র 18 হওয়া সত্ত্বেও জল কেন তরল এবং এর স্ফুটনাঙ্ক 377K কেন?
- (3) তরল অ্যামোনিয়া, অ্যালকোহল প্রভৃতি যৌগের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে সংযোজিত বা সংগুণিত অবস্থায় থাকে (Associated molecule)।



এর ফলে অ্যালকোহলের আপাত অণুভর বৃদ্ধি পায়। হাইড্রোজেন বন্ধন থেকে মুক্ত করে অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করতে গেলে অপেক্ষাকৃত অধিক তাপশক্তির প্রয়োজন হয় বলে (একক অণুর আপেক্ষিক) ইথাইল অ্যালকোহল বেশি স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট ও কম উদ্বায়ী হয়।

একই আণবিক ওজনবিশিষ্ট ডাইমিথাইল ইথােরের ক্ষেত্রে স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম। কারণ কার্যকরী মূলক অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে কোন হাইড্রোজেন পরমাণু না থাকায় এই যৌগের হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে সংযোজিত অণুরূপে থাকার কোন সম্ভাবনা থাকে না।

এই কারণেই ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইমিথাইল ইথাের উভয়ের আণবিক গুরুত্ব এক হওয়া সত্ত্বেও ইথাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি হয়।

### 1.10.1 হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের শর্ত :

F, O এবং N-পরমাণু হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে, কারণ এই সমস্ত পরমাণু তীব্র অপরাতড়িৎধর্মী (উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি বিশিষ্ট) এবং স্বল্প পারমাণবিক আয়তনযুক্ত। আবার এদের মধ্যে F সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে।

স্বল্প পারমাণবিক আয়তন হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের প্রধান বিচার্য বিষয়। যেমন, N এবং Cl-পরমাণুর অপরাধর্মিতার মান একই (3.0) তবুও N-হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে, কিন্তু ক্লোরিন হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনে সক্ষম নয়। এর কারণ

N-পরমাণুর ব্যাসার্ধ 70 pm

Cl-পরমাণুর ব্যাসার্ধ 99 pm

অর্থাৎ N-পরমাণুর আয়তন Cl-পরমাণু অপেক্ষা অনেক কম।

আবার, F অপেক্ষা Cl-পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি বেশি তবুও Cl-পরমাণু হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনে সক্ষম নয়। এর কারণ ওই একই F-পরমাণু ব্যাসার্ধ 64 pm.

অর্থাৎ উভয় ক্ষেত্রেই H-বন্ধনসৃষ্টিকারী পরমাণুর উপর আধান ঘনত্ব (Charge density) বেশি থাকে।

### 1.10.2 হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রকারভেদ :

যৌগসমূহের মধ্যে দুইপ্রকার হাইড্রোজেন বন্ধন দেখতে পাওয়া যায়, যথা—

(i) আন্তঃআণবিক (inter molecular)

অর্থাৎ দুটি ভিন্ন অণুর মধ্যে

(ii) অন্তঃআণবিক বা আভ্যন্তর আণবিক (intra molecular)

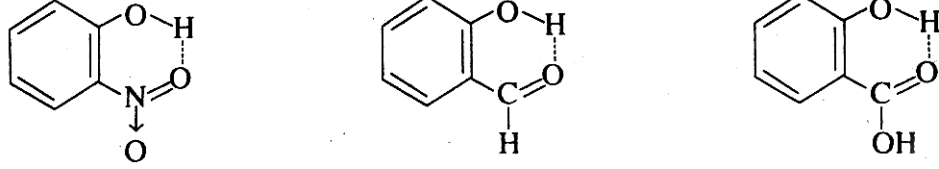
অর্থাৎ একই অণুর মধ্যস্থ বিভিন্ন অংশের মধ্যে

উপরের যতগুলি উদাহরণ দেওয়া হল সেগুলি হল প্রথম প্রকার অর্থাৎ আন্তঃআণবিক। ফলে যৌগগুলি সংগুণিত অবস্থায় থাকে।

কোন অণুর গঠনে O—H, N—H সমযোজী বন্ধনের নিকটবর্তী সুবিধাজনক স্থানে O, N, F প্রভৃতি তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু থাকলে ঐ অণুর মধ্যে আভ্যন্তর আণবিক বন্ধন সৃষ্টি হতে পারে। যেমন, অর্থো নাইট্রোফেনল, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড (অর্থো হাইড্রক্সি বেনজয়িক অ্যাসিড) স্যালিসালডিহাইড (অর্থো হাইড্রক্সি বেনজ্যালডিহাইড)।

এই সকল যৌগ অর্থো সমাবয়বী হওয়ায় কার্যকরী মূলক নিকটবর্তী এবং H-বন্ধন গঠনের শর্ত অনুযায়ী

হওয়ায় মূলকগুলি নিজেদের মধ্যে H-বন্ধন গঠন করে ফলে এই অর্থে সমাবয়বগুলি স্বতন্ত্র অণুরূপে বিরাজ করে। এর জন্য এগুলি অধিকতর উদ্বায়ী ও নিম্নগলনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।



পক্ষান্তরে এই যৌগগুলির মেটা বা প্যারা সমাবয়বগুলিতে কার্যকরী মূলক দূরে অবস্থিত হওয়ায় এইগুলি আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে সংগুণিত অবস্থায় বিরাজ করে, ফলে উচ্চতর গলনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।

যৌগের ধর্মের উপর হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রভাব :

হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্যে যৌগের বিভিন্ন ধর্মের পরিবর্তন হয়।

(i) ভৌত অবস্থা : আণবিক ওজন কম হওয়া সত্ত্বেও পদার্থ তরল বা কঠিন আকার ধারণ করে।

উদাহরণ : (a) সাধারণ তাপমাত্রায় জল তরল কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসীয়।

(b) অ্যামোনিয়া তরল কিন্তু ফসফিন গ্যাসীয়।

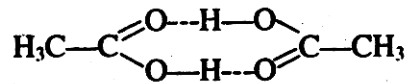
(c) বোরিক অ্যাসিড  $H_3BO_3$  কঠিন ;  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  গাঢ়, সাল্প্র তরল অবস্থায় থাকে।

(ii) হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনে সক্ষম পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং উদ্বায়ীতা হ্রাস পায়।

উদাহরণ : (a) ইথাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক ( $78^\circ$ ) ডাই-মিথাইল ইথারের স্ফুটনাঙ্ক ( $-140^\circ$ ) অপেক্ষা অনেক বেশি।

(b) অর্থে নাইট্রোফেনল স্টীম উদ্বায়ী (Steam volatile) কিন্তু প্যারা বা মেটা নাইট্রোফেনল স্টীমের সঙ্গে পাতিত হয় না।

(c) নিম্ন আণবিক ওজনের অ্যাসিডগুলির ক্ষেত্রে যেমন অ্যাসিটিক অ্যাসিড অপ্রত্যাশিত উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক লক্ষ্য করা যায়।



একই আণবিক ওজনসম্পন্ন অ্যালকোহল অপেক্ষাও এদের স্ফুটনাঙ্ক বেশি হবার কারণ জৈব অ্যাসিডে দুটি যৌগের মধ্যে একই সঙ্গে দুটি H-বন্ধন যেখানে অ্যালকোহলে কেবলমাত্র একটি হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিত।

(iii) H-বন্ধন গঠিত হলে ঘনত্বের অস্বাভাবিকত্ব লক্ষ্য করা যায়।

উদাহরণ : (a) বরফের ঘনত্ব জল অপেক্ষা কম।

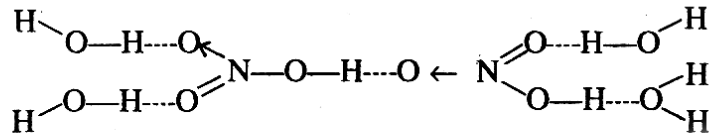
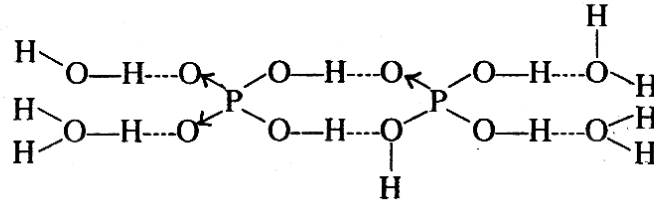
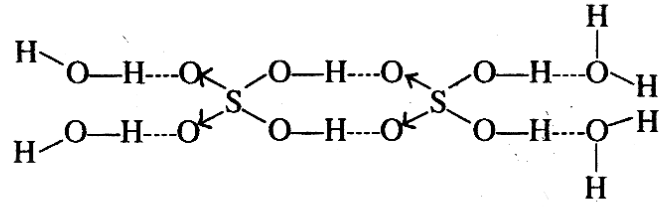
(b) 277K-তে জলের ঘনত্ব সর্বাধিক।

(iv) দ্রাব্যতা : H-বন্ধন গঠনে সমর্থ হলে যৌগ জলে দ্রাব্য হয়।

(a) জৈব যৌগ হওয়া সত্ত্বেও ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি নিম্ন আণবিক ওজনবিশিষ্ট অ্যালকোহল অ্যাসিড ইত্যাদি জলে দ্রবীভূত হয়।

(b) বোরিক অ্যাসিড H-বন্ধন গঠনকালে বলয় সৃষ্টি করে ফলে জলের সঙ্গে H-বন্ধনের সুযোগ কম থাকে।

কিন্তু সালফিউরিক, ফসফরিক, সাইট্রিক অ্যাসিডের অণু জলের সঙ্গে আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে সক্ষম বলে এই সকল অম্ল সকল অনুপাতে জলে দ্রাব্য।



(v) অ্যাসিড ধর্ম : হাইড্রোজেন বন্ধন যৌগের অ্যাসিড ধর্মকে প্রভাবিত করে।

- উদাহরণ : (a) লঘু দ্রবণে HF দুর্বল অ্যাসিড কারণ তা হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ থাকে বলে সহজে H<sup>+</sup> মুক্ত করতে পারে না। কিন্তু HCl ঐ অবস্থায় তীব্র অ্যাসিড হয়।
- (b) গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> অপেক্ষা লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> তীব্র অ্যাসিড।
- (c) HF-র সঙ্গে KF-এর বিক্রিয়ায় KHF<sub>2</sub> গঠিত হয় কিন্তু HCl-র সঙ্গে KCl-এর বিক্রিয়া ঘটে না, ফলে KCl<sub>2</sub> লবণ উৎপন্ন হয় না।
- (d) HF আয়নিত হয় না বলেই তড়িৎ অপরিবাহী। কিন্তু HF-এ KF যোগ করলে নিম্নলিখিতভাবে



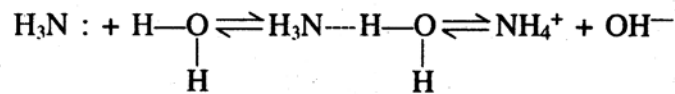
হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের মধ্য দিয়ে K<sup>+</sup> ও HF<sub>2</sub><sup>-</sup> আয়ন উৎপন্ন হয়। এই অবস্থায় লবণটি তড়িৎ পরিবহণ করে।

- (e) একক্ষারীয় অম্ল হওয়া সত্ত্বেও HF, H-বন্ধনের মাধ্যমে অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন করে।  
উদাহরণ—KHF<sub>2</sub>.

- (v) ক্ষার ধর্ম : হাইড্রোজেন বন্ধন অনেক যৌগের ক্ষারীয় ধর্মকে প্রভাবিত করে।

উদাহরণ : অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মৃদু ক্ষার কিন্তু টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড তীব্র ক্ষার।

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে একটি H-পরমাণু নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের মধ্যে H-বন্ধন গঠন করে। ফলে জল-অণু অ্যামোনিয়া অণুর সঙ্গে সংযোজিত অবস্থায় থাকে। এর জন্য OH<sup>-</sup> আয়ন হিসাবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা দেখা যায় না এবং NH<sub>4</sub>OH-এর বিয়োজন মাত্রা স্বভাবত কমে যায়। ফলে ইহা একটি মৃদু ক্ষারের ন্যায় আচরণ করে।



টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের গঠনে H-বন্ধনের কোন সুযোগ নেই, ফলে এটি সহজে বিয়োজিত হওয়ার প্রবণতা দেখায় এবং তীব্র ক্ষাররূপে আচরণ করে।

#### অনুশীলনী—6 :

- (a) (i) অর্থে নাইট্রোফেনল স্টীম উদ্বায়ী কিন্তু প্যারা নাইট্রোফেনল স্টীম উদ্বায়ী নয় কেন?

- (ii) N, Cl ও F পরমাণুব্রয়ের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 70 pm, 99 pm এবং 64 pm। NH<sub>3</sub>, HCl ও HF এই তিনটি গ্যাসীয় যৌগের মধ্যে কোন যৌগটির ক্ষেত্রে আন্তঃআণবিক (Intermolecular) H-বন্ধন সবচেয়ে দৃঢ় হবে? কারণ উল্লেখ করুন।

---

## 1.11 সারাংশ

---

এই এককটি পাঠের পর পর্যায়সারণীর প্রথম মৌল, হাইড্রোজেন সম্বন্ধে যে জ্ঞান অর্জন করতে পেরেছেন তার সারসংক্ষেপ দেওয়া হল।

- পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেন মৌলের অবস্থান ; হাইড্রোজেনের কিছু ধর্মের সঙ্গে ক্ষার মৌলের কিছু ধর্মের মিল আছে আবার এদের মধ্যে ধর্মের অমিলও লক্ষ্য করা যায়। আবার হ্যালোজেনের সঙ্গেও হাইড্রোজেনের ধর্মের মিল ও অমিল আছে।
- হাইড্রোজেনের দুটি সমস্থানিক — ডয়টেরিয়াম ও ট্রিটিয়াম। এদের প্রস্তুতি ও রসায়নে এদের ব্যবহার। ভারী জল কীভাবে প্রস্তুত করা হয় এবং পারমাণবিক চুল্লীতে মডারেটর হিসাবে এর ব্যবহার।
- পরীক্ষাগারে ও শিল্পে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি ; শিল্পে এই গ্যাসটির ব্যবহার — যেমন, মিথানল প্রস্তুতিতে, হ্যাবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে, বনস্পতি তৈরিতে এবং অক্সি-হাইড্রোজেন টর্চে।
- জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা অধিক সক্রিয়—যেমন, জায়মান হাইড্রোজেন আক্সিক ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে (হলুদ বর্ণ) বর্ণহীন করে, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে (বেগুনী বর্ণ) বর্ণহীন করে ইত্যাদি।
- অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন ; সাধারণ হাইড্রোজেনে এদের অনুপাত 3 : 1 কেন ও তার কারণ কী।
- হাইড্রোজেনের অসুধৃতি ও রসায়নে এর প্রয়োগ।
- আয়নিক (লাবণিক), সমযোজী ও ইন্টারসিটশিয়াল হাইড্রাইডের প্রস্তুতি এবং এদের ধর্মাবলীর পার্থক্য।
- হাইড্রোজেন বন্ধন বলতে কী বুঝায়? সমযোজী বন্ধনের তুলনায় হাইড্রোজেন বন্ধন দুর্বল। হাইড্রোজেন বন্ধনের শর্ত এবং যৌগের ধর্মের উপর হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রভাব।

---

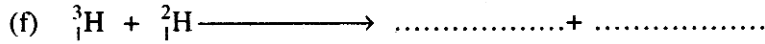
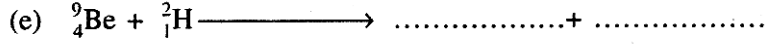
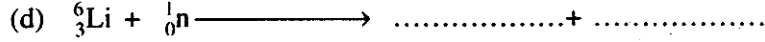
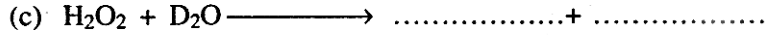
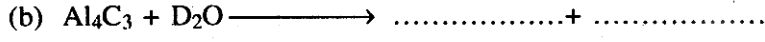
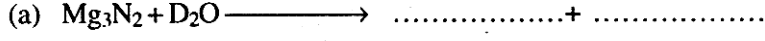
## 1.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

---

- (1) হাইড্রোজেন এবং হ্যালোজেনের বৈসাদৃশ্য উল্লেখ করুন।

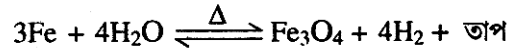


(2) নিচের বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি লিখুন এবং সমীকরণের সমতা আনুন।



(3) বাণিজ্যিক দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে যে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয় তাতে কী কী অশুদ্ধি থাকা সম্ভব? এই অশুদ্ধিগুলি কী উপায়ে অপসারণ করা যায়?

(4) লেন পদ্ধতিতে হাইড্রোজেনের শিল্প প্রস্তুতির সমীকরণ :



এই বিক্রিয়ার উপর

(i) উষ্ণতা ; (ii) চাপ ; (iii) বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব এবং (iv) বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের হ্রাস বা বৃদ্ধি কেমন প্রভাব ফেলবে?

(5) অর্থাৎ ও প্যারা হাইড্রোজেন কাদের বলে? এদের অনুপাত 3 : 1 হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন।

(6) হাইড্রোজেনের অশুদ্ধি বলতে কী বুঝেন? অশুদ্ধির কারণ ব্যাখ্যা করুন।

(7) “হাইড্রোজেন বন্ধন যৌগের অম্লধর্ম বা ক্ষার ধর্মকে প্রভাবিত করে”—উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।

## উত্তরমালা

অনুশীলনী-1 :

- (a) (i) জ্বলন্ত বায়ু  
(ii) ল্যাভয়সিয়ের  
(iii) ধর্ম, প্রকৃতির

(b) 1.2.1 দেখুন।

অনুশীলনী-2 :

(a) 1.3 দেখুন।

- (b) (i) ভুল—সঠিক উত্তর : ভারী জল।  
(ii) নির্ভুল।  
(iii) ভুল—সঠিক উত্তর : ডয়টেরিয়াম নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।  
সমীকরণ :  $2\text{NO}_2 + \text{D}_2\text{O} = \text{DNO}_2 + \text{DNO}_3$
- (c) (i) ডয়টেরিয়াম প্রস্তুতিতে ;  
(ii) পরমাণু চুম্বীতে মডারেটর হিসাবে

**অনুশীলনী-3 :**

- (a) (i)  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$   
(ii)  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2$   
(iii)  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{750\text{K}} \text{CO} + \text{H}_2$   
 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[670-770\text{K}]{\text{Fe}_2\text{O}_3} \text{CO}_2 + \text{H}_2$   
(iv)  $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$   
 $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2[\text{H}]$   
 $\text{FeCl}_3 + [\text{H}] = \text{FeCl}_2 + \text{HCl}$

ভৌত পরিবর্তন :  $\text{FeCl}_3$  দ্রবণের হলুদ বর্ণ বর্ণহীন হবে।

**অনুশীলনী-4 :**

- (a) (i) ওয়াটার গ্যাস :  $(\text{CO} + \text{H}_2)$ —মিথানল ও হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।  
(ii) প্রডিউসার গ্যাস :  $(\text{CO} + \text{N}_2)$ —মিশ্রণ থেকে  $\text{CO}$  অপসারণ করে  $\text{H}_2$  গ্যাস হেবার প্রণালীতে  $\text{NH}_3$  প্রস্তুত করার জন্য ব্যবহার করা হয় এবং জ্বালানী হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।  
(iii) প্রাকৃতিক গ্যাস :  $(\text{CH}_4)$ —বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুতি এবং জুতার কালি তৈরি করতে প্রয়োজনীয় কার্বনের জন্য ব্যবহার করা হয়। জ্বালানী হিসাবেও এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়।
- (b) 1.6.1 দেখুন।

**অনুশীলনী-5 :**

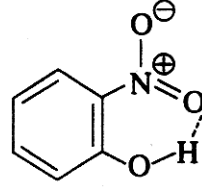
- (a) (i) -1 ; (ii)  $\text{NaH}$  একটি আয়নীয় হাইড্রাইড এবং জল প্রোটিক দ্রাবক। তাই  $\text{NaH}$  আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।  
 $\text{Na}^\oplus \text{H} + \text{H}^\oplus + \text{OH}^\ominus = \text{NaOH} + \text{H}_2$

(iii) LiH ;  $C_s^\oplus$ -এর আয়তন  $Li^\oplus$ -এর চেয়ে বেশি।

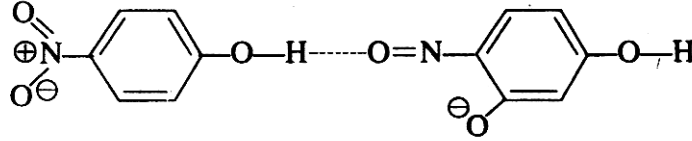
- (a) (i) হাইড্রলিথ  
(ii) ইন্টারসিটিয়াল  
(iii) তড়িৎযোজী (বা লাবণিক) ; সমযোজী  
(iv) কম

অনুশীলনী-6 :

- (i) অর্থো নাইট্রোফেনলের, আন্তঃআণবিক (Intramolecular) হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য, স্ফুটনাঙ্ক কম ; তাই স্টীম উদ্বায়ী।



প্যারা নাইট্রোফেনলের আন্তঃআণবিক (Intermolecular) হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য, স্ফুটনাঙ্ক বেশি ; তাই স্টীম উদ্বায়ী নয়।

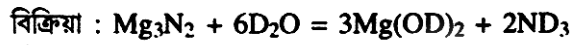


- (ii) HF ; F পরমাণুর ব্যাসার্ধ 64 pm। H-বন্ধন সৃষ্টিকারী পরমাণুর উপর আধান ঘনত্ব (Charge density) বেশি।

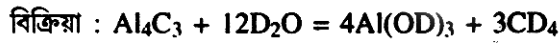
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী :

(1) 1.2.2 দেখুন।

(2) (a)  $Mg(OD)_2$  ;  $ND_3$



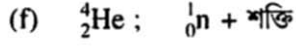
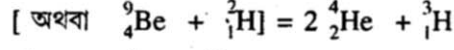
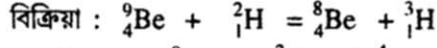
(b)  $Al(OD)_3$  ;  $CD_4$



(c)  $D_2O_2$  ;  $H_2O$



(d)  ${}^4_2He$  ;  ${}^3_1H$



(3) সম্ভাব্য অশুদ্ধিগুলি হল :

$\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (বাষ্প),  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  এবং  $\text{NO}_2$

অশুদ্ধি অপসারণ :

অশুদ্ধিযুক্ত হাইড্রোজেন গ্যাসকে পরপর নিচের দ্রবণগুলির ভিতর দিয়ে চালনা করলে অশুদ্ধিগুলি অপসারিত হবে।

(a)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  দ্রবণ ;  $\text{H}_2\text{S}$  অপসারিত হবে।

(b)  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  দ্রবণ ;  $\text{AsH}_3$  এবং  $\text{PH}_3$  অপসারণ।

(c) গাঢ়  $\text{KOH}$  দ্রবণ ;  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  এবং  $\text{NO}_2$  অপসারণ।

(d) ক্ষারীয় পায়রোগ্যালটেট দ্রবণ ;  $\text{O}_2$  অপসারণ।

(e)  $\text{P}_2\text{O}_5$  (কঠিন) ; জলীয় বাষ্প অপসারণ।

(f) প্যালাডিয়াম (Pd) ধাতু, অবশিষ্ট  $\text{H}_2$  ও  $\text{N}_2$  গ্যাসের মিশ্রণ থেকে  $\text{H}_2$  গ্যাস শোষণ করে। অবশিষ্ট  $\text{N}_2$  গ্যাসকে পাম্পের সাহায্যে অপসারণ করা হয়। Pd ধাতু থেকে শোষিত হাইড্রোজেনকে উত্তাপের সাহায্যে পাওয়া যায়।

(4) 1.4.1 দেখুন।

(5) 1.7.1 দেখুন।

(6) 1.8 দেখুন।

(7) 1.10.2 দেখুন।

---

## একক 2 □ S-ব্লক মৌলসমূহ

---

গঠন

- 2.1 প্রস্তাবনা
  - উদ্দেশ্য
- 2.2 ক্ষার ধাতুসমূহের উৎস
  - 2.2.1 লিথিয়াম
  - 2.2.2 পটাসিয়াম
  - 2.2.3 রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম
  - 2.2.4 ফ্র্যান্সিয়াম
- 2.3 ক্ষার ধাতুসমূহের নিষ্কাশন পদ্ধতি
  - 2.3.1 লিথিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন
  - 2.3.2 সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন
  - 2.3.3 পটাসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন
  - 2.3.4 রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন
- 2.4 ক্ষার ধাতুসমূহের ব্যবহার
- 2.5 ক্ষার ধাতুসমূহের সাধারণ ধর্মের তুলনামূলক পর্যালোচনা
  - 2.5.1 ভৌত ধর্মাবলী
  - 2.5.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী
  - 2.5.3 তরল অ্যামোনিয়াম দ্রাব্যতা
- 2.6 ক্ষারধাতুর জটিল লবণ
- 2.7 লিথিয়াম ধাতুর অস্বাভাবিক বৈশিষ্ট্য
- 2.8 ক্ষারধাতুর কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি এবং তাদের ধর্ম

## 2.9 সারাংশ

## 2.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

## 2.11 উত্তরমালা

---

## 2.1 প্রস্তাবনা

---

ন্যাট্রন (প্রাকৃতিক সোডিয়াম কার্বনেট) এবং কাঠের ছাই প্রাচীনকালে কাপড় কাচার ক্ষার রূপে ব্যবহৃত হত। আরবেরা কাঠের ছাই থেকে জল দিয়ে পটাসিয়াম কার্বনেট নিষ্কাশন করে এবং তার নাম দেয় কোয়ালি। এইজন্য সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেটকে অ্যালকালি বলে নামাঙ্কিত করা হয়। রোমানরা আবিষ্কার করে যে, এই প্রাকৃতিক অ্যালকালিকে চুন সহযোগে ফোটালে উৎপন্ন পদার্থ অত্যন্ত ক্ষয়কারী ও জ্বালাপ্রদানকারী ধর্মবিশিষ্ট হয়, তাই সোডিয়াম ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডগুলিকে কৃত্তিক অ্যালকালি বলা হয়। ডেভি 1707 সালে গলিত NaOH ও KOH-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা Na ও K নিষ্কাশন করেন। এর পূর্ববর্তী সময় কৃত্তিক অ্যালকালিগুলি মৌল বলে ধারণা করা হয়েছিল।

পর্যায়সারণির IA শ্রেণীভুক্ত প্রারম্ভিক ধাতু দুটি লিথিয়াম ও সোডিয়ামকে এই শ্রেণীর আদর্শ মৌল বলা হয়। এই দুটি ধাতুর সাথে পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম, সিজিয়াম ও ফ্র্যাঙ্সিয়াম ধাতু চারটির সাদৃশ্য এতই বেশি যে, এই ছয়টি ধাতুকে A উপশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। এই উপশ্রেণীর ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইড যৌগ, তীব্র ক্ষারধর্মী। সেইজন্য এই ধাতুগুলিকে ক্ষারধাতু বলা হয়। এই ছয়টি ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তা অত্যধিক। সেইজন্য এগুলিকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না; যৌগবদ্ধ অবস্থায় এগুলি অবস্থান করে। এদের মধ্যে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম প্রকৃতিতে যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া যায়; লিথিয়াম, রুবিডিয়াম ও সিজিয়ামের পরিমাণ যথেষ্ট কম। ফ্র্যাঙ্সিয়াম ক্ষণজীবী তেজস্ক্রিয় ধাতু এবং প্রকৃতিতে খুব অল্পমাত্রায় পাওয়া যায়।

ক্ষার ধাতুসমূহের পরমাণুর ইলেকট্রনবিন্যাস থেকে দেখা যায় যে, প্রতিটি মৌলের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে (S) একটি ইলেকট্রন বর্তমান। তাই পর্যায়সারণিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরবর্তী শ্রেণীতে ক্ষার ধাতুসমূহের অবস্থান। অর্থাৎ এরা পর্যায়সারণির বামপ্রান্তে অবস্থিত সর্বাধিক পরাধর্মী মৌল।

---

## উদ্দেশ্য

---

এই এককটি পাঠ করলে আপনি

- ক্ষার ধাতুসমূহের উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার সম্বন্ধে সম্যক ধারণা করতে পারবেন।
- ক্ষার ধাতুসমূহের সাধারণ ধর্ম কেমনভাবে পরিবর্তিত হয় তা বুঝতে পারবেন এবং মৌলগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিচার করতে পারবেন।

- ক্ষারধাতুর জটিল লবণ সৃষ্টি কি পরিস্থিতিতে সম্ভব হয় তা জানতে পারবেন এবং নতুন লবণ তৈরি করার পরিকল্পনা করতে পারবেন।
- লিথিয়াম ধাতুর অস্বাভাবিক আচরণ সম্বন্ধে ধারণা করতে পারবেন।
- লিথিয়াম ধাতুর সঙ্গে ক্যালসিয়াম ধাতুর কণ সম্পর্কের কারণ অনুধাবন করতে পারবেন।

## 2.2 ক্ষার ধাতুসমূহের উৎস :

নিচে বিভিন্ন ক্ষার ধাতু সমূহের উৎস এবং উৎস থেকে কীভাবে এই ধাতুগুলি সংগ্রহ করা হয় তার নীতি ও বিভিন্ন পদ্ধতি সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

### 2.2.1. লিথিয়াম : মুখ্য আকরিকসমূহ

লেপিডোলাইট—  $\text{Li}_2(\text{F}, \text{OH})_2$   
 $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$  ; 2.6% Li

স্পোডুমিন—  $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$  ; 4–6% Li

পেটালাইট—  $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$  ; 2–3% Li

ট্রাইফিলাইট—  $(\text{Li}, \text{Na})_3\text{PO}_4 + (\text{Fe}, \text{Mn})_3(\text{PO}_4)_2$  ; 2–4% Li

অ্যান্‌লিগোনাইট—  $\text{Li}(\text{F}, \text{OH})\text{AlPO}_4$  ; 3% Li

জীবদেহের পেশীতন্তু ও ফুসফুসে, দুগ্ধে, মানুষের রক্তে, তামাক, কফি ও বীট গাছে এবং সমুদ্রজলে। স্বল্পপরিমাণে লিথিয়াম পাওয়া যায়। 1817 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী আর্ফভেডসন পেটালাইট ও স্পোডুমিন আকরিক থেকে সর্বপ্রথম  $\text{Li}_2\text{O}$  প্রস্তুত করেন। গলিত ধাতব ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে লিথিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করেন বিজ্ঞানী বুনসেন ও ম্যাথিসেন।

**সোডিয়াম :** সোডিয়াম অতি সক্রিয় ধাতু। সেইজন্য মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। যৌগবদ্ধরূপে এটি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

**মুখ্য আকরিকসমূহ :** সোডিয়াম ক্লোরাইড ( $\text{NaCl}$ ) রূপে সমুদ্রজলে ও খনিজ লবণে পাওয়া যায়।

সোডিয়াম নাইট্রেট ( $\text{NaNO}_3$ ) রূপে চিলি সন্টপিটার বা ক্যালিচিতে

সোডিয়াম কার্বোনেট ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বা ক্রায়োলাইট ( $3\text{NaF}$ ,  $\text{AlF}_3$ )

সোডিয়াম টেট্রাবোরেট ডেকাহাইড্রেট বা বোরাক্স ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

### 2.2.2. পটাসিয়াম :

পটাসিয়াম অতি সক্রিয় ধাতু। সোডিয়ামের মতই এটি মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। যৌগবদ্ধরূপে এটি সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায় সিলিকেট যৌগরূপে, পটাসিয়াম ধাতু অঙ্গে ও ফেলস্পারে পাওয়া যায়। পটাসিয়ামের মুখ্য আকরিকসমূহ জার্মানির স্টাসফার্টে সঞ্চিত।

মুখ্য আকরিকসমূহ :

কার্নালাইট ( $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$ )

কাইনাইট ( $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $3\text{H}_2\text{O}$ )

সিলভাইন ( $\text{KCl}$ )—প্যালেস্টাইনের ডেড সী হুদের জলে ও টিউনিস ও ক্যালিফোর্নিয়ার কতকগুলি শুষ্কপ্রায় হুদের জলে এটি পাওয়া যায়।

সল্টপিটার, নাইটার বা সোরা রূপে ( $\text{KNO}_3$ ) উত্তরভারতের শুষ্ক অঞ্চলে পাওয়া যায়।

পটাসিয়াম কার্বোনেট বা পটাশ ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )—শুষ্ক উদ্ভিদের ভস্মে জৈব অ্যাসিডের লবণ রূপে পাওয়া যায়।

প্রাণিদেহেও স্বল্পপরিমাণে পটাসিয়াম লবণ পাওয়া যায়।

### 2.2.3. রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম :

বুনসেন যথাক্রমে 1860 এবং 1861 সালে ডুর্কহেইম'-এর খনিজ জলের বর্ণালী বিশ্লেষণ দ্বারা রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম আবিষ্কার করেন। বর্ণালী রেখার বর্ণ সাপেক্ষে তিনি মৌল দুটির নাম রাখেন রুবিডিয়াম (লাল), সিজিয়াম (নীল)।

রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম প্রকৃতিতে খুবই স্বল্প পরিমাণে পাওয়া যায়।

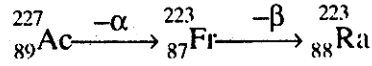
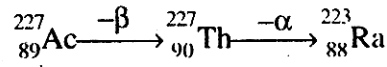
মুখ্য উৎস : অন্যান্য ক্ষার মৌল নিষ্কাশিত করার পর যে অবশিষ্ট দ্রবণ থাকে সেখানে মৌল দুটির উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়। লেপিডোলাইট-এ 2.6% রুবিডিয়াম ; রুবিডিয়াম কার্নালাইট-এ ( $\text{RbCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$ ) 0.02%  $\text{RbCl}$  ও সিজিয়াম কার্নালাইট ( $\text{CsCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )-এ 0.0002%  $\text{CsCl}$ -এর উপস্থিতি লক্ষ্য করা গেছে। এলবা দ্বীপে প্রাপ্ত দুষ্প্রাপ্য খনিজ পাওয়া যায়। পলিউসাইট বা পোলাক্স-এ আর্দ্র সিজিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট রূপে সিজিয়াম পাওয়া যায়। তামাক, চা, কফির ছাই-এ এই মৌল দুটি সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায়।



#### 2.2.4. ফ্র্যান্সিয়াম :

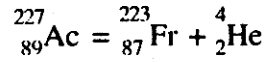
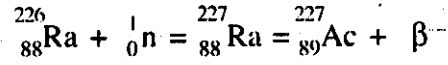
মেন্ডেলিভ প্রথম লক্ষ্য করেন যে সিজিয়াম-এর পরে পর্যায়সারণির ক্ষারধাতু শ্রেণীতে একটি অজানা মৌল আছে, যেটিকে তিনি নাম দেন একা-সিজিয়াম (পারমাণবিক গুরুত্ব 224, এবং পারমাণবিক সংখ্যা 87)। তিনি আরও বলেন যে মৌলটি শেষ পর্যায়ের অপর মৌলগুলির মতোই তেজস্ক্রিয়।

কিন্তু বিভিন্ন ধরনের খনিজ যেমন পলিউসাইট, লেপিডোলাইট বা সামারস্কাইট বা অন্যান্য প্রাকৃতিক উৎসে ফ্র্যান্সিয়ামকে সনাক্তকরণের সমস্ত চেষ্টা বিফল হয়েছিল। শেষাবধি 1939 সালে ফ্রেঞ্চ বৈজ্ঞানিক পার্সি (Percy) অ্যান্টিনিয়াম-227-এর তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনকালে 87 পারমাণবিক সংখ্যা এবং 21মি অর্ধায়ু বিশিষ্ট মৌলটি আবিষ্কার করেন। এঁরই অনুমোদনে মৌলটির নামকরণ হয় ফ্র্যান্সিয়াম।



ফ্র্যান্সিয়াম  $\beta$  বিকিরণে রেডিয়ামের আইসোটোপ  ${}_{88}^{223}\text{Ra}$  সৃষ্টি করে।

কৃত্রিম উপায়ে রেডিয়ামকে নিউট্রন কণা দ্বারা আঘাত করলে ফ্র্যান্সিয়াম উৎপন্ন হয়।



সকল মৌলের মধ্যে ফ্র্যান্সিয়াম অস্থায়ী মৌল এবং কেবলমাত্র ট্রেসার পদ্ধতি দ্বারা ফ্র্যান্সিয়ামের ধর্মান্বলী জানা সম্ভব। রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম পারক্লোরেট বা ক্লোরোপ্ল্যাটিনেটের কেলাসনকালে এটি সহ অধঃক্ষিপ্ত (Co-precipitated) হয় এবং এই বিক্রিয়া দ্বারা ফ্র্যান্সিয়ামের প্রকৃতি ক্ষারধাতুর অনুরূপ অনুমান করা যায়।

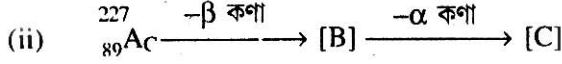
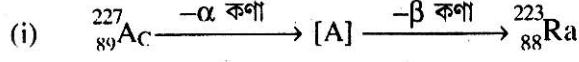
#### অনুশীলনী—1 :

(a) নিচের তালিকায় বামভাগে কয়েকটি ক্ষারধাতুর আকরিকের নাম উল্লেখ করা হয়েছে এবং ডানভাগে কিছু ক্ষারধাতুর নাম বলা হয়েছে। কোন্ আকরিক/আকরিকগুলি কোন্ ধাতুর তা উল্লেখ করুন।

আকরিকের নাম	ক্ষারধাতুর নাম
(1) নাইটার	(1) লিথিয়াম (Li)
(2) ক্রায়লাইট	(2) সোডিয়াম (Na)
(3) কার্নালাইট	(3) পটাসিয়াম (K)
(4) লেপিডোলাইট	(4) রুবিডিয়াম (Rb)

(b) ক্ষারধাতুগুলি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন?

(c) শূন্যস্থান পূর্ণ করুন।



## 2.3 ক্ষার মৌলসমূহের নিষ্কাশন পদ্ধতি :

### 2.3.1. লিথিয়াম :

- নীতি : (1) লিথিয়াম ক্লোরাইড জৈব তরলে (অ্যালকোহল অ্যাসিটোনে দ্রাব্য অন্যান্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড অদ্রাব্য)
- (2) লিথিয়াম কার্বোনেট জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু অন্যান্য ক্ষারধাতুর কার্বোনেট জলে দ্রাব্য।
- (3) লিথিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে ক্যাথোডে উৎপন্ন লিথিয়াম জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় LiOH গঠন করে।
- (4) গলিত ও বিশুদ্ধ LiCl-কে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে লিথিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।

#### প্রথম পদ্ধতি :

সিলিকেট আকরিক লেপিডোলাইট বা পেটলাইটকে চূর্ণ করে এর সাথে BaCl<sub>2</sub>, BaSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> উত্তমরূপে মিশ্রিত করে তাপপ্রয়োগে গলান হয়। গলিত পদার্থ দুটি স্তরে বিভক্ত হয়। নিচের ভারী স্তর : BaSO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, উপরের হালকা স্তর : Li, Na, K প্রভৃতি ধাতুর সালফেট লবণ।

উপরের স্তরকে নিচের স্তরের থেকে পৃথক করে ঠাণ্ডা করা হয় এবং পরে জলে দ্রবীভূত করা হয়। এই জলীয় দ্রবণে BaCl<sub>2</sub> যোগ করলে BaSO<sub>4</sub> অধঃক্ষিপ্ত হয়। ঐ অধঃক্ষেপকে পরিষ্কৃত করে দ্রবণটিকে তাপপ্রয়োগে শুষ্ক করা হয়। ঐ অবশেষে Li, Na, K-এর ক্লোরাইড লবণ পড়ে থাকে। ঐ শুষ্ক পদার্থে অ্যালকোহল যোগ করলে কেবল LiCl দ্রবীভূত হয়। অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে উদ্বায়িত করলে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ LiCl পাওয়া যায়।

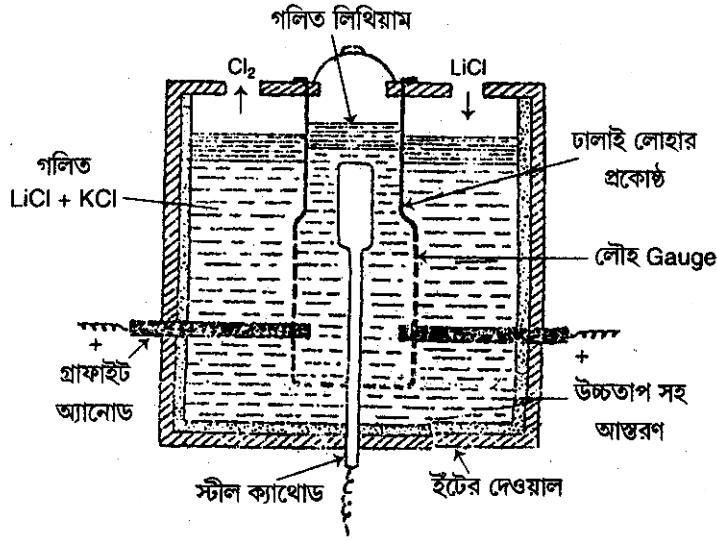
#### দ্বিতীয় পদ্ধতি :

স্পোডুমিনকে প্রায় 1273K উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে চূর্ণ করা হয়। ঐ চূর্ণের সঙ্গে ঘন H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> মিশ্রিত করে 623K তাপক্ষে ফুটানো হল ফলে সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয়। সিলিকাকে পরিষ্কারণ পদ্ধতিতে পৃথক করে প্রাপ্ত দ্রবণকে শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক অবশেষ ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করলে Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> সহ অন্যান্য দ্রাব্য ধাতব সালফেট

জলীয় দ্রবণে চলে আসে। ঐ দ্রবণে পরিমাণমত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  যোগ করলে দ্রবণ প্রশমিত হয় এবং Fe, Al, Mg ইত্যাদি অশুদ্ধি অদ্রব্য হাইড্রক্সাইডে রূপান্তরিত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণ করার পর প্রাপ্ত দ্রবণে অতিরিক্ত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  যোগ করলে স্বল্পদ্রব্য  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ -কে পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করে লঘু HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করে দ্রবণটিকে বাষ্পায়িত করলে শুষ্ক LiCl পাওয়া যায়। এটিকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ LiCl পাওয়া যায়।

### তৃতীয় পদ্ধতি :

ফসফেট আকরিক ট্রাইফ্লিটাইটকে চূর্ণ করে অল্পরাজে উত্তপ্ত করলে আকরিকটি দ্রবীভূত হয়। এরপর কয়েকবার ঘন HCl সহ তাপপ্রয়োগে শুষ্ক করে নাইট্রিক অ্যাসিডকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হয়। শুষ্ক অবশেষকে গরমজলে দ্রবীভূত করে গোলাচুন (milk of lime) মেশানো হয়। এই ধাপে ভারী ধাতুর হাইড্রক্সাইডসমূহ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ছেকে ফেলে পরিষ্কৃত দ্রবণে পর্যাপ্ত পরিমাণ  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  দ্রবণ মেশালে  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ছেকে নিয়ে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করা হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করলে যে শুষ্ক অবশেষ পাওয়া যায় তা অ্যালকোহল ও ইথারের মিশ্রণে দ্রবীভূত করলে LiCl দ্রবীভূত হয়। একে বাষ্পায়িত করলে বিশুদ্ধ LiCl পাওয়া যায়।



চিত্র 2.1

উপরের পদ্ধতিগুলি থেকে প্রাপ্ত LiCl নমুনাকে গলিত করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

**তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** 3 ভাগ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ LiCl এবং 2 ভাগ KCl-এর মিশ্রণকে গলিত করে পোর্সেলিন পাত্রে  $450^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় গ্রাফাইট অ্যানোড ও আয়রন ক্যাথোড সহযোগে 6-12 ভোল্ট তড়িৎবিভব প্রয়োগে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় Li ধাতু আয়রন ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় এবং এটিকে যথাশীঘ্র সরিয়ে কেরোসিন তেলের নিচে রাখা হয়। উৎপন্ন ধাতুর বিশুদ্ধি 99.5% প্রায়।

সোডিয়াম খাতু নিষ্কাশনের নীতি :

- (1) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম যৌগ থেকে Na পাওয়া যায় না। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে Na নিষ্কাশন করা হয়।
- (2) সোডিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়। ফলে এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশন করা যায় না।
- (3) গলিত NaOH বা NaCl তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে নিয়ে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে সোডিয়াম খাতু পাওয়া যায়।

সোডিয়াম খাতু নিষ্কাশন পদ্ধতি :

- (1) কাস্টনার পদ্ধতি (Castner Process) :

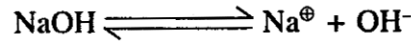
তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : গলিত অনার্দ্র সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড।

তাপমাত্রা : 603K (অধিকতর উষ্ণতায় সদ্য উৎপন্ন সোডিয়াম গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হয়ে যায়)।

ক্যাথোড : আয়রন দিয়ে তৈরি।

অ্যানোড : নিকেল দিয়ে তৈরি।

উপরিউক্ত তাপমাত্রায় গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হয়ে সোডিয়াম আয়ন (Na<sup>+</sup>) এবং হাইড্রক্সাইড আয়ন (OH<sup>-</sup>)-এ পরিণত হয়।



ক্যাথোডে বিক্রিয়া :  $\text{Na}^+ + e \longrightarrow \text{Na}$

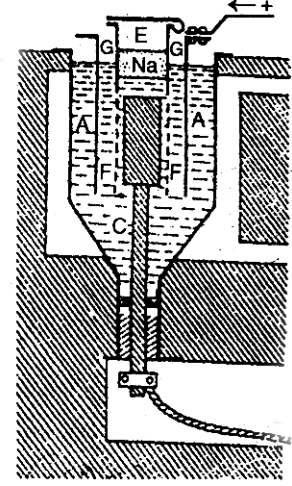
অ্যানোডে বিক্রিয়া :  $4\text{OH}^- - 4e \longrightarrow [4\text{OH}]$



পদ্ধতি : একটি আয়রন নির্মিত পাত্রে কঠিন কস্টিক সোডা নিয়ে উত্তাপের সাহায্যে 603K তাপমাত্রায় গলানো হয়। একটি আয়রন দণ্ড ক্যাথোডরূপে এই পাত্রের তলদেশে কঠিনাকার কস্টিক সোডা দ্বারা আটকানো থাকে। ক্যাথোডকে ঘিরে নিকেলের একটি চোঙ বা সিলিন্ডার বোলানো থাকে। এটি অ্যানোডের কাজ করে পাত্রের অন্যান্য অংশ থেকে অ্যানোড এবং ক্যাথোডকে অ্যাসবেসটস দ্বারা অন্তরিত রাখা হয়। ক্যাথোডের ঠিক উপরে গোলাকার এবং নিচের দিকে খোলা একটি আয়রন নির্মিত সিলিন্ডার থাকে। এর উপরের দিকে গ্যাস বের হবার নির্গম নল থাকে। সিলিন্ডারের নিচের প্রান্ত থেকে একটি আয়রনের তারজালি বুলিয়ে দেওয়া হয়,

ফলে ক্যাথোডে উৎপন্ন ধাতব সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যেতে পারে না। সম্পূর্ণ ক্যাথোড এবং অ্যানোডের বেশিরভাগ অংশ গলিত কস্টিক সোডায় ডোবানো থাকে।

তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ও অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং অ্যানোডের পার্শ্বে অবস্থিত নির্গম নল দিয়ে অক্সিজেন বেরিয়ে যায়। ক্যাথোডে উৎপন্ন গলিত সোডিয়াম গলিত কস্টিক সোডার চেয়ে হালকা হওয়ায় আয়রন পাত্রে ভেসে ওঠে। ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেন বুদ্ধবুদ্ধ আকারে চোঙের উপরে উঠে নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে যায়। উৎপন্ন সোডিয়াম সবসময় হাইড্রোজেন গ্যাসে ঢাকা থাকায় বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জমা হবার পর ঝাঁঝরা হাতের সাহায্যে তুলে কেরোসিনে ডুবিয়ে রাখা হয়।



চিত্র 2.2

সুবিধা : সহজ পদ্ধতিতে অল্প উষ্ণতায় সোডিয়াম পাওয়া যায়।

অনুঃ : বিদ্যুতের অপচয় হয়। প্রায় অর্ধেক পরিমাণ বিদ্যুতশক্তি জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ব্যয়িত হয়। আবার NaOH প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না তাই উৎপন্ন সোডিয়াম ব্যয়সাপেক্ষ হয়।

#### অনুশীলনী—2 :

- কাস্টমার পদ্ধতিতে সোডিয়াম প্রস্তুতির জন্য কী তড়িৎবিশ্লেষ্যের প্রয়োজন হয়? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন। এই পদ্ধতির সুবিধা-অসুবিধা উল্লেখ করুন।
- ক্ষারধাতুগুলিকে S-ব্লক মৌল বলা হয় কেন? এদের ইলেকট্রন সজ্জা উল্লেখ করে উত্তর লিখুন।

#### (2) ডাউনস্ পদ্ধতি (Downs Process) :

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : গলিত অনার্দ্র সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)।

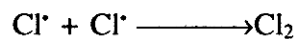
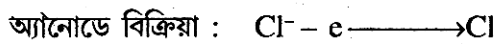
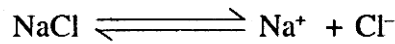
বিগালক : অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (CaCl<sub>2</sub>)

তাপমাত্রা : 873K

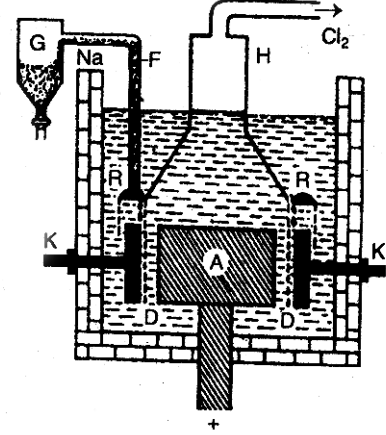
ক্যাথোড : আয়রন দিয়ে তৈরি

অ্যানোড : কার্বন দিয়ে তৈরি

উচ্চ তাপমাত্রায় গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত হয়ে সোডিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন উৎপন্ন করে।



**পদ্ধতি :** অগ্নিসহ ইঁটের আস্তরণ যুক্ত একটি আবদ্ধ আয়রন পাত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং উহার এক-চতুর্থাংশ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-এর মিশ্রণ নিয়ে 873K তাপমাত্রায় গলানো হয়। আয়রন পাত্রের নিচের দিক থেকে একটি প্রশস্ত গ্রাফাইট কার্বন দণ্ড অ্যানোড রূপে উহার ভিতর প্রবেশ করানো থাকে। এই কার্বন দণ্ডকে ঘিরে একটি বৃত্তাকার আয়রন পাত ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড এবং অ্যানোডের মধ্যে একটি সরু আয়রনের তারজালি রাখা থাকে যাতে ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যেতে না পারে। তারজালির সাথে একটি সাইফন নল লাগানো থাকে। এর অপর প্রান্ত একটি কেরোসিন পূর্ণ পাত্রের সাথে যুক্ত থাকে।



চিত্র 2.3

অ্যানোডের উপরে একটি পোসিলিনের বা অগ্নিসহ মাটির তৈরি একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনা থাকে। উৎপন্ন ক্লোরিন তাতে সঞ্চিত হয় এবং উপরের একটি নল দিয়ে বেরিয়ে যায়।

এখন অ্যানোড এবং ক্যাথোডকে একটি ব্যাটারীর পজিটিভ এবং নেগেটিভ প্রান্তের সাথে যুক্ত করে গলিত লবণের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম গলিত অবস্থায় মুক্ত হয় এবং হালকা বলে ভেসে ওঠে। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জমা হলে সাইফন নলের ভিতর দিয়ে কেরোসিন পূর্ণ পাত্রে সঞ্চিত হয়। অ্যানোডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় তা পোসিলিনের ঢাকনার ভেতর দিয়ে বার হয়ে আসে।

**লক্ষ্যণীয় :** ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহারের কারণ কি? সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 1076K। এত বেশি তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম বাষ্পীভূত হয়ে কুয়াশার সৃষ্টি করে এবং সোডিয়াম সংগ্রহ অসুবিধাজনক দাঁড়ায়। কিছুটা সোডিয়াম গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাথে কলয়ডীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং নষ্ট হয়। অধিক উষ্ণতায় প্রয়োজন হওয়ায় পদ্ধতিটি ব্যয়সাপেক্ষ হয়। আবার অধিক উষ্ণতায় সোডিয়াম এবং ক্লোরিন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্র ও তড়িৎদ্বারের ক্ষয়সাধন করে। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিগলক রূপে ব্যবহৃত হলে গলনাঙ্ক 873K-এ হ্রাস পায় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ সহজ হয়। আবার ক্যালসিয়ামের তড়িৎ-বিভব সোডিয়ামের অপেক্ষা বেশি। ফলে ক্যাথোডে ক্যালসিয়ামের উপস্থিতি সত্ত্বেও সোডিয়াম মুক্ত হয়।

### 2.3.3. পটাসিয়াম :

**পদ্ধতি 1 :** গলিত কস্টিক পটাশকে (KOH) তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে পটাসিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ধাতু কিছু পরিমাণ গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যায়।

**পদ্ধতি 2 :** স্বল্পপরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহযোগে পটাসিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে পটাসিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত হয়।

### 2.3.4. রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম :

রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম পৃথকীকরণ অসুবিধাজনক।

**পদ্ধতি 1 :** অন্যান্য ক্ষারধাতু থেকে পৃথক করতে চাইলে বা ধাতুদুটিকে পৃথক করার সময় তাদের অ্যালাম বা ক্লোর প্ল্যাটিনেট থেকে পুনঃ কেলাসিত করতে হয়। সোডিয়াম ও লিথিয়াম লবণগুলি দ্রব্য। অন্যান্য লবণগুলির দ্রাব্যতা (100 গ্রাম জলে 293K তাপমাত্রায়) গ্রামে উল্লিখিত হল।

	K	Rb	Cs
অ্যালাম	13.6	2.30	0.620
$M_2PtCl_6$	1.14	0.147	0.072

**পদ্ধতি 2 :** কার্নালাইট দ্রবণ থেকে KCl কেলাসিত করার পর HCl-এর উপস্থিতিতে সিলিকোমলিবিডিক অ্যাসিড যোগ করা হলে সিজিয়াম সিলিকোমলিবিডেট  $2Cs_2O \cdot SiO_2 \cdot 12MoO_3 \cdot 2H_2O$ -এর দ্রাব্যতা কম হওয়ায় প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এরপর রুবিডিয়াম সিলিকোমলিবিডেট অধঃক্ষিপ্ত হয় ফলে দুটিকে পৃথক করা যেতে পারে। অধঃক্ষেপ দুটি পৃথকভাবে HCl-এ উত্তপ্ত করে মলিবডিনাম (Mo) অক্সি-ক্লোরাইড রাপে বাষ্পীভূত হয় এবং যে রুবিডিয়াম সিজিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় তা জলে দ্রবীভূত করে নিয়ে সিলিকা ও অন্যান্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড থেকে পৃথক করা হয়।

**পদ্ধতি 3 :** HCl মাধ্যমে অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে সিজিয়াম দ্বিলবণ রাপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ও  $Cs_3Sb_2Cl_9$ । এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়ায় সিজিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। সিজিয়াম ডাই-ক্লোরো আয়োডাইড  $Cs_2I_2$  প্রায়শই সিজিয়াম ধাতু পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধিকরণে ব্যবহৃত হয়।

**পদ্ধতি 4 :** পলিউসাইট আকরিককে সরাসরি 1173K ক্যালসিয়াম সহযোগে উত্তপ্ত করলে সিজিয়াম উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সিজিয়ামকে 623K-কে শূন্যে উর্ধ্বপাতন করলে বিশুদ্ধ সিজিয়াম পাওয়া যায়।

**পদ্ধতি 5 :** তড়িৎবিশ্লেষণ :

বুনসেন (Bunsen) গলিত ধাতব ক্লোরাইডের তড়িৎবিশ্লেষণে ধাতব রুবিডিয়াম প্রস্তুত করেন।

সেটারবার্গ (Setterberg) (1882) সিজিয়াম ও বেরিয়াম সায়ানাইডে গলিত মিশ্রণের তড়িৎবিশ্লেষণে সিজিয়াম সংগ্রহ করেন।

**পদ্ধতি 6 :** হাইড্রোজেন প্রবাহে ধাতব হাইড্রক্সাইডকে ম্যাগনেসিয়াম-এর সাথে উত্তপ্ত করা হলে ঐ ধাতুগুলি নিষ্কাশিত হয়। বায়ুহীন নিকেল নলে ধাতব ক্লোরাইডকে ক্যালসিয়ামের সাথে উত্তপ্ত করা হলে এবং উৎপন্ন বাষ্পকে কাচপাত্রে শীতলীকৃত করা হলে ধাতুদুটি পাওয়া যায়।

ধাতব ক্লোরাইডকে বেরিয়াম অ্যাজাইড সহ শূন্য উত্তপ্ত করা হলে উৎপন্ন বেরিয়াম ক্লোরাইড থেকে Rb এবং Cs-কে মুক্ত করে।

অতি বিশুদ্ধ Rb এবং Cs পেতে হলে তাদের অ্যাজাইড লবণকে উত্তপ্ত করা হয়।

## 2.4 ক্ষারধাতুসমূহের ব্যবহার :

**লিথিয়াম :** (1) কপার বা তার ধাতুসংকরে অশুদ্ধি রূপে অবস্থিত অক্সিজেন, সালফার প্রভৃতি বিদূরিত করতে লিথিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(2) কয়েকটি বিশিষ্ট ধাতুসংকর প্রস্তুতিতে লিথিয়ামের ব্যবহার প্রচলিত—

(3) লিথিয়াম হাইড্রাইড (LiH) [লিথিয়াম বোরোহাইড্রাইড (LiBH<sub>4</sub>)] লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড (LiAlH<sub>4</sub>) শক্তিশালী বিজারকরূপে ও জৈব লিথিয়াম যেমন লিথিয়াম অ্যালকিল (LiR), ফিনাইল লিথিয়াম (PhLi) জৈব যৌগ সংশ্লেষণে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(4) <sup>6</sup>Li সমস্থানিক ট্রিটিয়াম <sup>3</sup>H উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(5) লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড ও কিছু কিছু লিথিয়াম লবণ ঔষধরূপে (বাতের রোগে) ব্যবহৃত হয়।

**সোডিয়াম :** (1) প্রয়োজনীয় যৌগ যেমন Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaCl, NaNH<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH ইত্যাদি প্রস্তুত করা হয়।

(2) ধাতুনিষ্কাশনে বিজারকরূপে সোডিয়ামকে ব্যবহার করা হয়।

(3) জৈব রাসায়নিক বিশ্লেষণে জৈব যৌগে সালফার, নাইট্রোজেন ও হ্যালোজেনের উপস্থিতি সনাক্তকরণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(4) জৈব যৌগ সংশ্লেষণে Na ব্যবহৃত হয়। যেমন ভার্জ (Wurtz) বিক্রিয়া।

(5) সোডিয়াম পটাসিয়ামের তরল ধাতুসংকর উচ্চতাপমাত্রার থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

**পটাসিয়াম :** (1) পটাসিয়াম সায়নাইড যৌগ প্রস্তুতিতে পটাসিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(2) জৈব রসায়নের সংশ্লেষণে পটাসিয়ামের গুঁড়া বা আণবিক পটাসিয়াম ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

(3) সোডিয়াম উল্লিখিত 5নং ব্যবহার দেখুন।

**রুবিডিয়াম এবং সিজিয়াম :**

ইলেকট্রন উৎপন্নকারী আলোক তড়িৎকোষে এই ধাতুগুলি ব্যবহৃত হয় কারণ আলোর উপস্থিতি এই ধাতুগুলি ইলেকট্রন যুক্ত করে।

শূন্যনেলে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ গ্যাসকে দূরীভূত করতে এই ধাতুদুটি ব্যবহৃত হয়, কারণ এদের সক্রিয়তা অত্যন্ত বেশি।



## 2.5 ক্ষারধাতুসমূহের সাধারণ ধর্মের তুলনামূলক পর্যালোচনা :

ইলেকট্রনবিন্যাস : ক্ষারধাতুর মৌলসমূহ রূপোলী সাদা, নরম ও অতি হালকা ধাতু। মৌলসমূহের গুরুত্বপূর্ণ ভৌতধর্মসমূহ নিচে উল্লিখিত হল।

ধর্ম	Li	Na	K	Rb	CS
পারমাণবিক সংখ্যা	3	11	19	37	55
পারমাণবিক ভর	6.94	22.99	39.10	85.48	132.91
ঘনত্ব 293K ( $\text{gcm}^{-3}$ )	0.534	0.972	0.859	1.530	1.903
পারমাণবিক আয়তন (c.c)	12.97	23.68	45.35	55.8	69.95
গলনাঙ্ক K	453.0	370.8	337.0	312.0	301.5
স্ফুটনাঙ্ক K	1599.0	1156.0	1029.0	961.0	963.0
আপেক্ষিক তাপ 273K ( $\text{Cal g}^{-1}$ )	0.941	0.293	0.17	0.08	0.049
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm)	134	154	196	211	225
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (pm)	60	95	133	148	169
আটমীভবন তাপ (Heat of atomination) ( $\text{Kj mol}^{-1}$ )	159.0	108.1	90.2	82.1	78.2
আয়নন শক্তি ( $\text{Kj mol}^{-1}$ )	520.1	495.2	418.7	403	375.7
তড়িৎ ঋণাত্মকতা (pm)	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7
শিখার বর্ণ	লাল	সোনালী হলুদ	বেগুনী	বেগুনী	বেগুনী

ব্যাখ্যা :

1. ঘনত্ব : ধাতুগুলির আকার ও ধাতবকেলাসে ধাতুর পরমাণুর বিন্যাসের (packing) উপরই ধাতু মৌলের ঘনত্ব নির্ভর করে। ক্ষারধাতুসমূহের কেলাসে পরমাণুগুলির বদ্ধ বিন্যাস (Close packing) লক্ষ্য করা যায় এবং পরমাণুগুলির আকার যথেষ্ট বড় হওয়ায় খুবই কম ঘনত্ব সম্পন্ন হয়। Li থেকে Cs পর্যন্ত মৌলগুলির ঘনত্ব ক্রমশ বৃদ্ধি পায় যদিও K, Na অপেক্ষা কিঞ্চিৎ হালকা। Li, Na, K ইত্যাদি জল অপেক্ষা হালকা। এর কারণ হল মৌলগুলির পারমাণবিক আয়তন যথেষ্ট বেশি এবং অন্যান্য ধাতু অপেক্ষা পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বড়।

2. **পারমাণবিক আয়তন** : শ্রেণীর উপর থেকে নিচে অর্থাৎ Li থেকে Cs পর্যন্ত পারমাণবিক আয়তন ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সঙ্গে এই বৃদ্ধি স্বাভাবিক সম্পর্কযুক্ত।

3. **গলনাঙ্ক** : সমস্ত ক্ষারধাতুসমূহ নরম এবং কম গলনাঙ্কবিশিষ্ট। এর কারণ মৌলগুলির যোজ্যতা কক্ষে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রন বর্তমান। সুতরাং যে শক্তিতে পরমাণুগুলি কেলাসবদ্ধ থাকে তা অত্যন্ত কম। এই গলনাঙ্কের মান Li থেকে Cs-এ ক্রমশ হ্রাস পায় এবং পরমাণুর আকার বৃদ্ধির উপরই তা নির্ভরশীল।

4. **স্ফুটনাঙ্ক** : স্ফুটনাঙ্কের মান গলনাঙ্কের মত একইভাবে পরিবর্তিত হয় এবং শ্রেণীর ওপর থেকে নিচে ক্রমশ হ্রাস পায়।

5. **আপেক্ষিক তাপ** : শ্রেণীর উপর থেকে নিচে ক্রমশ হ্রাস পায়।

6. **পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ** : পারমাণবিক ব্যাসার্ধের মান ক্রমশ Li থেকে Cs-এ বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হল প্রতি পর্যায়ে একটি করে শক্তিস্তর বৃদ্ধি।

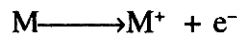
ক্ষারধাতু তার একটিমাত্র S-কক্ষবিশিষ্ট ইলেকট্রন বর্জন করে আয়নে পরিণত হয়। এবং তারই সাথে যোজ্যতা কক্ষ বিলুপ্ত হয়। স্বাভাবিকভাবেই নিউক্লিয় আধান ইলেকট্রন সংখ্যা অপেক্ষা বৃদ্ধি পায় এবং নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। এই দুই কারণে পরা-আধানবিশিষ্ট ক্ষারধাতুর আয়ন যথেষ্ট ছোট হয়।

যেহেতু এই আয়নগুলির ইলেকট্রনবিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সমতুল্য, এই আয়নগুলিতে কোন বিজোড় ইলেকট্রন থাকে না ফলে এই আয়নগুলি বর্ণহীন জির চুম্বকীয়।

7. **অ্যাটমীভবন তাপ** : অ্যাটমীভবন তাপের মান থেকে মৌলের কেলাসে ধাতব-ধাতব বন্ধনশক্তির ধারণা পাওয়া যায়। অ্যাটমীভবন তাপের মান Li-এ সর্বাধিক এবং পরের মৌল Li-এ এর মান অত্যন্ত কম। অবশ্য Na পরবর্তী মৌলের ক্ষেত্রে এই হ্রাস সামান্য। এর কারণ লিথিয়ামের আকার অত্যন্ত ছোট হওয়ায় ধাতব-ধাতব বন্ধনের মান সর্বাধিক।

8. **আয়নন শক্তি** : সর্ববহিঃস্থ S-কক্ষের একাকী ইলেকট্রনকে খুব সহজেই সরানো সম্ভব। ফলে এই মৌলগুলির আয়নন শক্তির মান খুবই কম। আবার উপর থেকে নিচে ক্রমশ পারমাণবিক ব্যাসার্ধের মান বাড়তে থাকায় ঐ S কক্ষের ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াসের দূরবর্তী হয়ে পড়ে ফলে Li থেকে Cs-এ আয়নন শক্তির মান ক্রমশ হ্রাস পায়।

9. **পরাতড়িৎধর্ম** : আয়নন শক্তির মান কম হওয়ায় এই মৌলগুলি সহজেই যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন হওয়ায় এবং পরাধর্মী আয়নে পর্যবসিত হয়।

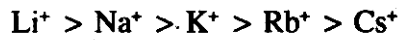


ফলে এই মৌলগুলির তীব্র পরাধর্মী অর্থাৎ ধাতব ধর্ম বর্তমান। যেহেতু আয়নন শক্তির মান উপর থেকে নিচে আরো হ্রাস পায় সেইহেতু উপর থেকে নিচে অর্থাৎ Li থেকে Cs-এ পরাধর্মিতার মানও বৃদ্ধি পায়। এই মৌলগুলি এতই পরাধর্মী যে আলোর উপস্থিতিতে এরা ইলেকট্রন প্রদানে সক্ষম, তাই এই মৌলগুলিকে আলোক-তড়িৎকোষে ব্যবহার করা হয়। এই সংক্রান্ত Cs ও K-এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

10. একযোজী পরা-আধানবিশিষ্ট আয়ন সৃষ্টি : আগেই উল্লেখ করা হয়েছে, যে এই মৌলগুলির আয়নন শক্তির মান ক্ষুদ্র এবং এরা খুব সহজেই  $M^+$  আয়নে পর্যবসিত হয়। সুতরাং এরা সাধারণত আয়নীয় যৌগ গঠন করে। এই মৌলগুলির রসায়নকে তাই  $M^+$  আয়নের রসায়ন বলে অভিহিত করা যুক্তিপূর্ণ। যেহেতু এই পরাধর্মী আয়নগুলির ইলেকট্রনবিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সমতুল্য  $ns^2$  অথবা  $ns^2np^6$  সেহেতু দ্বিতীয় ইলেকট্রনকে সরাসরে প্রভূত শক্তির প্রয়োজন হয়। এই দ্বিতীয় আয়নন শক্তির মান অত্যন্ত বেশি হওয়ায় ক্ষারধাতুসমূহের দ্বি-পরা-আধানযুক্ত আয়নের সৃষ্টি অসম্ভব হয়ে পড়ে। অর্থাৎ ক্ষারধাতুসমূহ একযোজী এবং আয়নীয় যৌগ গঠন করে।

কোন কোন ক্ষেত্রে তারা সমযোজী দ্বিপরিমাণ অণু যেমন  $Li_2(Li : Li)$ ,  $Na_2(Na : Na)$  এবং  $Cs_2(Cs : Cs)$  গঠন করে। আবার Li-এর ধ্রুবায়ন শক্তির মান খুব বেশি হওয়ায় এটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ জৈব-ধাতব যৌগ গঠন করতে পারে।

11. আয়ন কর্তৃক জলাকর্ষণ (Hydration of Ions) : ক্ষারধাতুর আয়নসমূহ তীব্রভাবে জলাকর্ষণ করে। যত আকার ছোট হয় তত তার জলাকর্ষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তাই  $4^+$  আয়নের ক্ষেত্রে সর্বক্ষুদ্র আকার হওয়ায় আধান আকার অনুপাত সর্বাধিক হয় এবং সবচেয়ে বেশি জলাকর্ষণ করার ক্ষমতা লাভ করে অর্থাৎ জলধারণ স্তরে (Hydration Sphere) বেশিসংখ্যক জল-অণুর উপস্থিতি দেখতে পাওয়া যায়। এই জলধারণের মান  $Li^+$  থেকে  $Cs^+$ -এ ক্রমশ হ্রাস পায় ফলে ক্ষারধাতুর আর্দ্র আয়নের (hydrated ions) আয়নীয় ব্যাসার্ধ ক্রমশ  $Li^+$  থেকে  $Cs^+$ -এ কমতে থাকে। তাই  $Li^+$  আয়নের আকার সবচেয়ে কম হবার পরিবর্তে জলীয় দ্রবণে সর্বাপেক্ষা বড় আকার ধারণ করে। অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে আয়নীয় ব্যাসার্ধের মান নিম্নলিখিতভাবে হ্রাস পায়।



এই কারণে তড়িৎক্ষেত্রে  $Li^+$  আয়নের সচলতা সর্বনিম্ন কিন্তু  $Cs^+$  আয়নের সর্বাধিক।

12. জারণস্তর : সমস্ত ক্ষারধাতুসমূহের জারণস্তর +1। আগেই ব্যাখ্যা করা হয়েছে যে, দ্বিতীয় আয়নন শক্তির মান অত্যধিক হওয়ায় উচ্চ জারণস্তর গঠন করা সম্ভব নয়।

13. তড়িৎ-ঋণাত্মকতা : উচ্চপরাধর্মী হওয়ায় এই সকল মৌলের ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতা অত্যন্ত কম ফলে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান খুবই কম। আবার ঐ শ্রেণীর উপর থেকে নিচে পরাধর্মিতা বৃদ্ধি পাওয়ায়

তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান হ্রাস পায়। তীব্র অপরাধর্মী মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়াকালে উৎপন্ন যৌগগুলি আয়নীয় ধর্মবিশিষ্ট হয়।

#### 14. বিজারণ ধর্ম : জারণ-বিভব।

শ্রেণীর ওপর থেকে নিচে অর্থাৎ Li থেকে Cs-এ আয়নন শক্তির মান হ্রাস পায়, ফলে ইলেকট্রন বর্জনের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং একই হারে বিজারণ ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

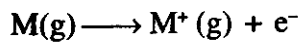
নিচের তালিকায় ক্ষারধাতুসমূহের প্রমাণ জারণ-বিভবের মান উল্লেখ করা হল।

মৌল	জারণ বিক্রিয়া	প্রমাণ জারণ-বিভব (ভোল্ট)
Li	$\text{Li} \longrightarrow \text{Li}^+ + e$	3.04
Na	$\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ + e$	2.71
K	$\text{K} \longrightarrow \text{K}^+ + e$	2.92
Rb	$\text{Rb} \longrightarrow \text{Rb}^+ + e$	2.99
Cs	$\text{Cs} \longrightarrow \text{Cs}^+ + e$	2.99

প্রমাণ জারণবিভবের উচ্চমান থেকে বোঝা যায় যে, ক্ষারধাতুসমূহের তীব্র বিজারণ ক্ষমতা বর্তমান এবং Li-এর ক্ষেত্রে তা সর্বাধিক।

Li-এর আয়নন শক্তির মান সর্বাধিক হওয়ায় ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতায় সর্বাধিক। এই দুই সিদ্ধান্ত পরস্পরের আপাত পরিপন্থী হলেও মনে রাখতে হবে যে, আয়নন শক্তি একটি গ্যাসীয় অবস্থায় বিচ্ছিন্ন পরমাণুর ধর্ম এবং জারণবিভব ঐ মৌলের দ্রবণে দ্রবীভূত হওয়ার ক্ষমতার সঙ্গে জড়িত।

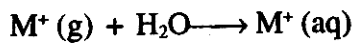
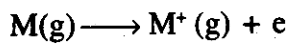
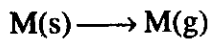
ফলে আয়নন শক্তিতে কেবল নিম্নলিখিত পরিবর্তন ঘটে



কিন্তু জারণ-বিভবের সময় পরিবর্তনটি



ফলে এটি তিনটি ধাপে সংঘটিত হয়



প্রথম ধাপটিতে কঠিন ধাতু গ্যাসীয় অবস্থায় বাষ্পীভূত হয় এবং পরমাণুগুলি পরস্পরের থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে স্বাধীন হয়ে পড়ে। এই উর্ধ্বপাতন শক্তি প্রায় সব ক্ষারধাতুর ক্ষেত্রেই সমান।

দ্বিতীয় ধাপে প্রয়োজনীয় আয়নন শক্তি Li-এর ক্ষেত্রে সর্বাধিক।

তৃতীয় ধাপে আর্দ্র আয়ন গঠনকালে জলধারণ তাপমুক্ত হয়।

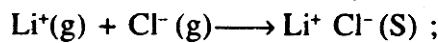
জারণ-বিভব এই তিনধাপের উপর নির্ভরশীল হওয়ায় তিনধাপের মোট শক্তি দ্বারাই জারণ-বিভবের মান নির্ণীত হয়।

Li আয়নের জলধারণ ক্ষমতা সর্বাধিক ফলে Li<sup>+</sup> আয়নের ক্ষেত্রে তৃতীয় ধাপে জলধারণ তাপমুক্তি এতটাই বেশি হয় যে দ্বিতীয় ধাপের উচ্চ আয়নন শক্তি জনিত প্রভাব অতিক্রম করতে পারে। এর ফলে Li<sup>+</sup> -এর প্রমাণ জারণ-বিভবের মানও সর্বাধিক হয়।

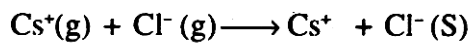
এই থেকে আমরা এই সিদ্ধান্ত উপনীত হতে পারি যে, Li-এর উচ্চ বিজারণ ক্ষমতা তার উচ্চ জলধারণ তাপের সঙ্গেই সম্পর্কযুক্ত।

15. শিখার বর্ণ : একটি প্ল্যাটিনাম তারের মাথায় খুব অল্প পরিমাণ ক্ষারধাতুর লবণ ঘন HCl-এ সিক্ত করে বুনসেন দীপের জারণ শিখায় ধরলে ক্ষারধাতুসমূহ বিশিষ্ট বর্ণ উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত হলে ক্ষারধাতু বা তার কোন যৌগ ইলেকট্রনকে উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত করে। যখন এই সকল ইলেকট্রন তাদের ভূমিস্তরে ফিরে আসে তখন উত্তেজিত অবস্থায় যে শক্তি শোষিত হয়েছিল তা নির্গত হয়। এই নির্গত শক্তি দৃশ্যমান বর্ণালীর অন্তর্গত বলে আমরা শিখায় বর্ণ দেখতে পাই। সম পরিমাণ শক্তির সুবাদে সোডিয়াম অপেক্ষা Li-এর ক্ষেত্রে ইলেকট্রন নিম্নতর শক্তিস্তরে উন্নীত হয় কারণ Li-এর S ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের নিকটবর্তী হওয়ায় অধিক আকর্ষিত হয়। ফলস্বরূপ ইলেকট্রন যখন ভূমিস্তরে ফিরে আসে তখন Li-এর ক্ষেত্রে শক্তিমাত্রা সর্বনিম্ন হয় এবং Li → Cs ক্রমাঘ্রয়ে বর্ধিত হয়। তাই উৎপন্ন আলোর কম্পাঙ্ক Li-এর ক্ষেত্রে সবচেয়ে কম হয় এবং Li → Cs ক্রমাঘ্রয়ে বর্ধিত হয়। তাই শিখার বর্ণ Li-এর ক্ষেত্রে লাল, Na-এর ক্ষেত্রে সোনালী হলুদ, K-এর ক্ষেত্রে বেগুনী ; Rb-এর ক্ষেত্রে লাল এবং Cs-এর ক্ষেত্রে নীল।

জালকশক্তি : ক্ষারধাতুর লবণগুলি ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন দ্বারা গঠিত এবং তাই এগুলিকে আয়নীয় কঠিন বলে।



$\Delta H = \text{LiCl-এর জালকশক্তি।}$



$\Delta H = \text{CsCl-এর জালকশক্তি।}$

আয়নীয় কঠিনের জালকশক্তি অত্যন্ত বেশি। কারণ বিপরীতধর্মী আয়নের মধ্যে আকর্ষণ ক্ষমতা অত্যন্ত তীব্র। যখন ওই ধরনের বিপরীত আয়ন কাছাকাছি আসে তখন ওই অবস্থার শক্তিমাাত্রা সর্বনিম্ন হয় অর্থাৎ বিপুল পরিমাণ শক্তি চারিপাশে নির্গত হয়। এই কুলম্বীয় আকর্ষণ বল আয়ন আধানের গুণফলের সমানুপাতী এবং যত যোজ্যতা বেশি হয় তত আয়নীয় আধান বৃদ্ধি পায় এবং ততই ওই আয়নীয় কঠিনের জালকশক্তির মাত্রা বৃদ্ধি পায়। একই যোজ্যতাসম্পন্ন ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে, নির্দিষ্ট অ্যানায়নের সাপেক্ষে আয়নীয় কঠিনের জালকশক্তি ক্যাটায়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমে। উদাহরণ—

LiF-এর জালকশক্তি  $1034 \text{ KJ mol}^{-1}$

CsF-এর জালকশক্তি  $743.9 \text{ KJ mol}^{-1}$

একই রূপে

LiI-এর জালকশক্তি  $718.4 \text{ KJ mol}^{-1}$

CsI-এর জালকশক্তি  $584.5 \text{ KJ mol}^{-1}$

যেহেতু প্রথম জোড়ে  $F^-$  অ্যানায়ন এবং দ্বিতীয় জোড়ের  $I^-$  বর্তমান সেহেতু Li লবণের ক্ষেত্রে জালকশক্তির মাত্রা উভয়ক্ষেত্রেই বেশি।

**অনুশীলনী—3 :**

- ক্ষারধাতুগুলির দ্বিতীয় আয়নন শক্তি (Second ionisation potential) প্রথম আয়নন শক্তি (First ionisation potential) অপেক্ষা বেশি হয় কেন?
- লিথিয়ামের তিনটি যৌগের নাম উল্লেখ করুন যারা বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে।
- জৈব রসায়নে সোডিয়াম ধাতুর দুটি ব্যবহার সমীকরণসহ উল্লেখ করুন।

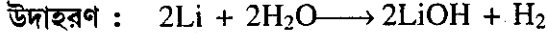
**2.5.2. রাসায়নিক ধর্মাবলী :**

স্বল্প আয়নন শক্তি ও স্বল্প অ্যাটমীভবন তাপের জন্য ক্ষারধাতুসমূহ খুব উচ্চ রাসায়নিক সক্রিয়তা দেখায়।

1. **বায়ুর ক্রিয়া :** বাতাসে রাখলে সকল ক্ষারধাতুই উজ্জ্বলতা হারায় এবং উপরিস্তরে একটি অক্সাইডের স্তর গঠন করে। তাই মৌলগুলিকে কেরোসিন বা প্যারাফিনে ডুবিয়ে রাখা হয়, যাতে সেটি বায়ুর সংস্পর্শে না আসে।

এই মৌলগুলি বাতাসে বা অক্সিজেনে তীব্রভাবে দাহ্য হয়ে অক্সাইড গঠন করে। লিথিয়াম—লিথিয়াম অক্সাইড  $\text{Li}_2\text{O}$  ; সোডিয়াম—সোডিয়াম পারক্সাইড  $\text{Na}_2\text{O}_2$  এবং অন্যান্য মৌলগুলি সুপার অক্সাইড  $\text{MO}_2$  গঠন করে।

2. জলের সাথে বিক্রিয়া : ক্ষারধাতুসমূহ জলের সাথে সহজে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রক্সাইড তৈরি করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



উপর থেকে নিচে গেলে ধাতুর সঙ্গে জলের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়, কারণ ঐ দিকেই ধাতুর পরাধর্মিতা বৃদ্ধি পায়। K, Rb, Cs-এ বিক্রিয়াটি এতই তীব্র যে উৎপন্ন H<sub>2</sub>-এর সঙ্গে সঙ্গে আগুন ধরে যায়।

এই ধাতুগুলি অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সাইড দেয় ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



উপর থেকে নিচে অর্থাৎ Li → Cs-এ এই সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।

3. হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া : ক্ষারধাতুগুলি হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় আয়নীয় প্রকৃতি বিশিষ্ট হাইড্রাইড গঠন করে এবং হাইড্রোজেন এখানে অপরাধর্মী মৌলরূপে অবস্থান করে। এই বিক্রিয়ার হার Li থেকে Cs-এ হ্রাস পায়।

4. হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়া : হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় ক্ষারধাতুসমূহ হ্যালাইড গঠন করে, M<sup>+</sup> X<sup>-</sup>



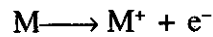
5. পারদে দ্রাব্যতা : ক্ষারধাতুসমূহ পারদে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে পারদসংকর তৈরি করে। বিক্রিয়াটি প্রচুর তাপোৎপাদী।

### 2.5.3. তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রাব্যতা :

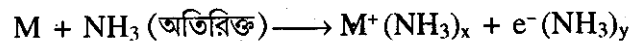
সকল ক্ষারধাতুসমূহ অনার্দ্র তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে। ঘনত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বর্ণ গাঢ়তর হয়।

ঘন দ্রবণগুলির বর্ণ ব্রোঞ্জের ন্যায় এবং এতে ধাতব ঔজ্জ্বল্য দেখতে পাওয়া যায়। দ্রবণগুলি তড়িৎ-সুপরিবাহী এবং পরাচুম্বকীয় প্রকৃতিবিশিষ্ট হয়। ঘনত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে পরাচুম্বকীয়তা কমতে থাকে।

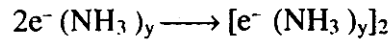
ধাতুগুলি দ্রবীভূত হওয়ার কালে আয়নিত হয়।



যখন ক্ষারধাতুগুলি অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত করা হয় তখন অ্যামোনিয়া অণুগুলি ক্যাটায়ন এবং ইলেকট্রন উভয়কেই আবৃত করে।



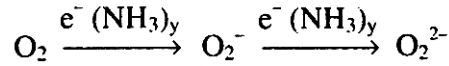
x ও y-এর মান ধাতুর পরমাণুর আবৃত হওয়ার অবস্থার উপর নির্ভর করে। যদিও কি ধরনের ক্রিয়াকৌশল দ্বারা ইলেকট্রনটি আবৃত হয় তা সঠিক বোঝা যায় না। মনে করা হয় যে ক্ষারধাতুটি অ্যামোনিয়া অণুর পারিপার্শ্বিক ইলেকট্রন আধানকে ধ্রুবীয় করে তোলে এবং ক্ষারধাতু কর্তৃক বর্জিত ইলেকট্রন ও অ্যামোনিয়া অণুর সংশ্লিষ্ট ইলেকট্রনের মধ্যে একটি বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। এর ফলে যে শূন্যতার সৃষ্টি হয় সেখানেই বর্জিত ইলেকট্রন আবদ্ধ হয়ে পড়ে। এই অ্যামোনিয়া আবৃত ইলেকট্রনের বর্ণের জন্যই দ্রবণ নীল বর্ণ ধারণ করে। এই অ্যামোনিয়া আবৃত ক্যাটায়ন ও ইলেকট্রনের উপস্থিতি তড়িৎ-সুপরিবাহিতার কারণ। লঘু দ্রবণগুলি পরাচুম্বকীয় কারণ তাতে মুক্ত ইলেকট্রন বর্তমান। ঘন দ্রবণে অ্যামোনিয়া আবৃত ইলেকট্রনগুলি পরস্পর সংযুক্ত হয়ে ইলেকট্রন জোড় গঠন করে।



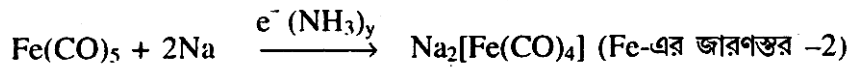
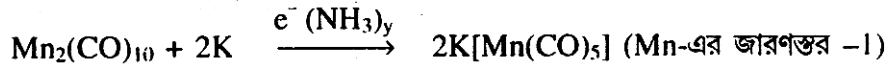
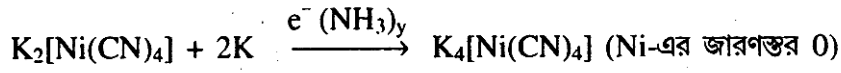
দ্রবণগুলি স্থায়ী এবং খুব ধীরে বিস্ফীত হয়ে হাইড্রোজেন মুক্ত করে। সন্ধিগত মৌলের (Fe, Pt, Zn ইত্যাদি) সামান্যতম উপস্থিতি অনুঘটন দ্বারা বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে।

মুক্ত বা অ্যামোনিয়া আবৃত ইলেকট্রনের উপস্থিতির জন্য এই দ্রবণগুলি তীব্র বিজারক হয়। যেমন—

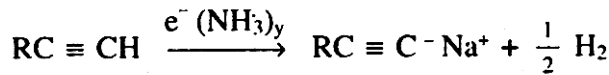
1. এই দ্রবণগুলি O—O বন্ধনকে না ভেঙ্গেই বাতাসের অক্সিজেনকে সুপারঅক্সাইড এবং পারক্সাইড আয়নে পরিণত করে।



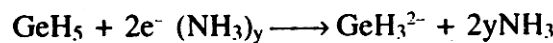
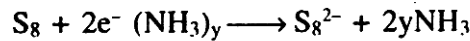
2. এ দ্রবণগুলি ধাতব আয়নকে বিজারিত করে অস্বাভাবিক কম জারণস্তর উৎপন্ন করে।



3. তরল অ্যামোনিয়ায় ক্ষারধাতুর দ্রবণ প্রোটন উৎপন্নে সক্ষম যৌগ যেমন অ্যাসিটিলিনকে বিজারিত করে H<sub>2</sub> মুক্ত করে।

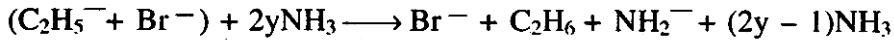
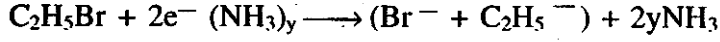
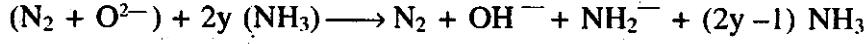
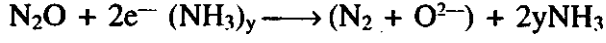


4. তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে কোন কোন বিক্রিয়ায় একাধিক ইলেকট্রন গৃহীত হ'তে পারে।



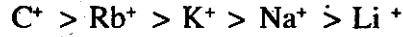


5. কোন কোন বিক্রিয়ায় বিজারিত হওয়ার পর ও তরল অ্যামোনিয়াতে দ্বিতীয় ধাপ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।



দ্রবণে ক্ষারধাতুর আয়ন : আয়ন-পরিবাহিতা :

দ্রবণে ক্ষারধাতুর আয়ন  $M^+$  সমূহের উচ্চ তড়িৎ-পরিবাহিতা বর্তমান। সাধারণভাবে দেখতে গেলে  $\text{Li}^+$  আয়নের আকার ক্ষুদ্র হওয়ায় তড়িৎ-পরিবাহিতা সর্বাধিক হওয়া উচিত এবং যেহেতু আয়নের আকার  $\text{Li}$  থেকে  $\text{Cs}$  এ ক্রমশ বাড়তে থাকে সেহেতু আয়ন-পরিবাহিতা ক্রমশ হ্রাস পাওয়া উচিত। কিন্তু আমরা দেখতে পাই যে,  $\text{Cs}^+$  আয়ন-পরিবাহিতা সর্বাধিক এবং  $\text{Li}^+$  সবচেয়ে কম।

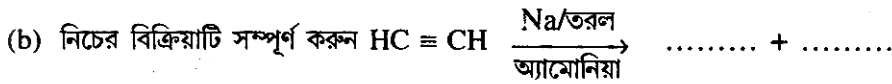
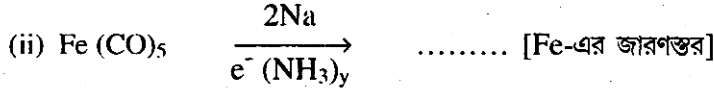
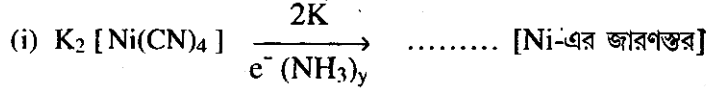


এর কারণ হল ক্ষার-ধাতুর আয়নসমূহ বিভিন্ন পরিমাণে জলদ্বারা আবৃত হয়।  $\text{Li}^+$  আয়নের ক্ষেত্রে আধান / আকার অনুপাত অত্যন্ত বেশি হওয়ায় অন্যান্য ক্ষারধাতু অপেক্ষা  $\text{Li}^+$  সর্বাধিক জলদ্বারা আবৃত হয়। এই জল দ্বারা আবৃত হওয়ার ক্ষমতা  $\text{Li}^+$  থেকে  $\text{Cs}^+$  এ কমতে থাকে। অর্থাৎ  $\text{Cs}^+$  আয়নের জল দ্বারা আবৃত থাকার ফলে  $\text{Li}^+$  আয়ন সর্বাপেক্ষা বড় আকার ধারণ করে। ফলে দ্রবণে আয়নের আকার  $\text{Li}^+$  থেকে  $\text{Cs}^+$  ক্রমশ কমতে থাকে। এই কারণেই আয়ন-পরিবাহিতার মান  $\text{Li}^+$  থেকে  $\text{Cs}^+$  ক্রমশ বাড়তে থাকে।

ধর্ম	$\text{Li}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Rb}^+$	$\text{CS}^+$
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (pm)	60	95	133	148	162
জল আবৃত আয়নের ব্যাসার্ধ (pm)	340	276	232	228	228
অসীম লঘুতায় আয়ন-পরিবাহিতা ( $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^2 \text{equiv}^{-1}$ )	33.5	43.5	64.6	67.5	68.0

#### অনুশীলনী—4 :

(a) পটাসিয়াম (সোডিয়াম) ও তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে নিচের জটিল যৌগ দুটির বিক্রিয়া ঘটান হল। উৎপন্ন জটিল যৌগ প্রত্যেক ক্ষেত্রে লিখুন এবং নির্দেশিত মৌলের জারণস্তর উল্লেখ করুন।



(c) Li থেকে Cs পর্যন্ত সব ক্ষারধাতুই সাধারণ তাপমাত্রায় জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ; কিন্তু পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়ার তীব্রতা বৃদ্ধি পায় কেন?

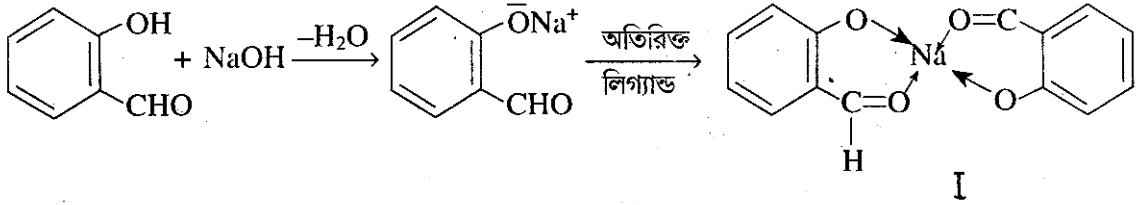
## 2.6 ক্ষারধাতুর জটিল লবণ :

ক্ষারধাতুর আধান একক ও আকার বড় হওয়ায় প্রবায়ন শক্তি খুবই কম। এর ফলে একযোজী লিগ্যান্ডের সাথে জটিল লবণ গঠনে প্রবণতা প্রায় নেই। যে সমস্ত একযোজী লিগ্যান্ডের সাথে ক্ষারধাতুর আয়ন কিছুটা স্থায়ী জটিল লবণ সৃষ্টি করে সেগুলি হ'ল  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $PH_3PO$ ,  $CH_3CONH_2$ , ডাইঅক্সেন এবং  $C_5H_5N(py)$ । দ্রবণে গঠিত জটিল লবণগুলি হল  $[M(H_2O)_4]^+$  ( $M = Li^+$ ,  $Na^+$  এবং  $K^+$ ) এবং  $[M'(H_2O)_4]^+$  ( $M' = Rb^+$ ,  $Cs^+$ )। লিথিয়াম আয়োডাইড তরল অ্যামোনিয়ার সাথে  $[Li(NH_3)_4]$  গঠন করে। একইভাবে লিথিয়াম আয়োডাইড, নাইট্রেট, পারক্লোরেট  $Ph_3PO$  সাথে বিক্রিয়া করে  $[Li(Ph_4PO)_4]^+$  জটিল লবণ গঠন করে।  $[LiCl(H_2O)(py)_2]$  এবং  $[LiCl(C_4H_8O_2)_n]$  জটিল লবণগুলিও বেশ স্থায়ী। Cl-এর ডাইঅক্সেন-এর সেই লিগ্যান্ডসহ  $[LiCl(C_4H_8O_2)]_n$  বহু গুণিত অবস্থায় থাকে এবং Cl এবং ডাইঅক্সেন দুটি Li পরমাণুর সাথে সর্বগর্বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। যেসমস্ত জটিল যৌগ উল্লিখিত হল তার প্রতিটিতে চতুর্ভুজীয় চতুঃস্তলকীয় লিথিয়াম আয়ন বর্তমান।

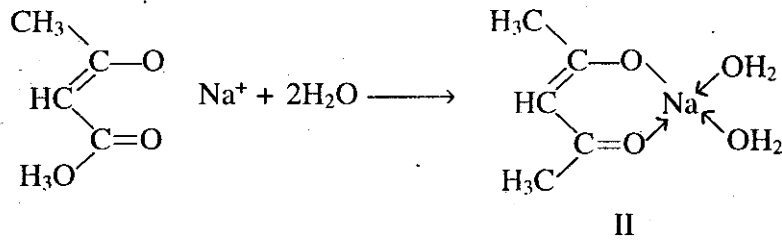
অ্যাসিটামাইডের সাথে NaBr-কে উত্তপ্ত করলে যে সংযুক্ত বহুনিউক্লিয় জটিল যৌগ  $[NaBr(CH_3CONH_2)_2]_n$  উৎপন্ন হয় তাতে প্রতিটি Na দুটি Br পরমাণুর সাথে এবং চারটি সামতলিক অ্যাসিটামাইডের অক্সিজেন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। এই জটিল লবণে অক্সিজেন ও ব্রোমিন পরমাণুর সেতুবন্ধনের জন্য সংযুক্ত বহুনিউক্লিয় আকার ধারণ করে।

দ্বিযোজী বা বহুযোজী লিগ্যান্ডের সাথে যেমন স্যালিস্যালডিহাইড,  $\beta$ -ডাইকিটোন, নাইট্রোফেনল,  $\alpha$ -নাইট্রোসো— $\beta$ -ন্যাপথল ইত্যাদির সাথে ক্ষারধাতুর আয়ন যথেষ্ট স্থায়ী জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। যখন

স্যালিস্যালডিহাইড দ্রবণে NaOH যোগ করা হয় তখন প্রশম জটিল লবণ (I) উৎপন্ন হয় যা জৈব যৌগে দ্রবীভূত হয়।

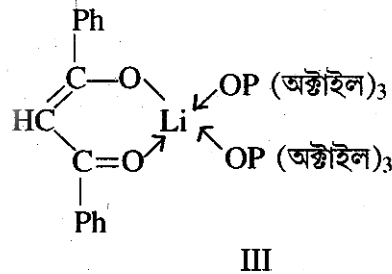


একইভাবে অনাদ্র অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোনের সোডিয়াম যৌগ জল গ্রহণ করে আর্দ্র জটিল লবণ (II) গঠন করে যেটি জৈব যৌগে দ্রবীভূত হয়।



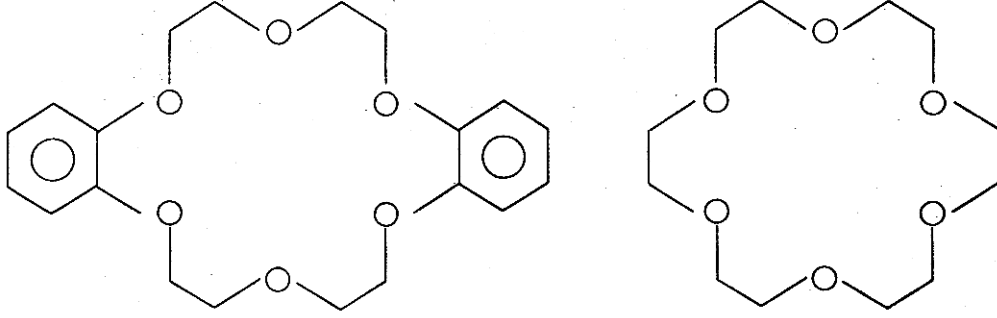
অনেক সময় লক্ষ্য করা যায় একটি ক্ষারধাতু কোন বিশেষ লিগ্যান্ডের সাথে সহজে জটিল লবণ গঠন করে। এই নীতি দ্বারা দুটি ক্ষারধাতুকে পরস্পরের কাছ থেকে পৃথক করা যায়।

উদাহরণ লিথিয়াম জটিল যৌগ III অন্যান্য ক্ষারধাতুর জটিল যৌগ অপেক্ষা বেশি স্থায়ী ও প্যারা জাইলিন-এ দ্রবীভূত হয়। তাই মিশ্রণ থেকে Li<sup>+</sup>-কে এই জটিল লবণ সৃষ্টির মাধ্যমে পৃথকীকৃত করা হয়।

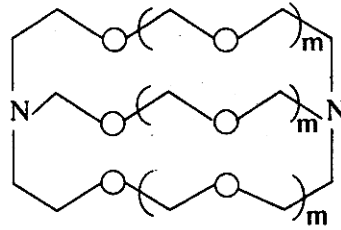


### ‘পারিপার্শ্বিক আবৃত’ জটিল যৌগ (Wrap Around Complex)

বহুযোজী লিগান্ড যেমন ক্রাউন ইথার (Crown ether) (IV) এবং ক্রিপটেট (V) ক্ষারধাতু আয়নের সাথে সবচেয়ে স্থায়ী জটিল যৌগ গঠন করে। এই লিগান্ডগুলি কেবলমাত্র বাছাই করা জটিল যৌগ গঠন করতে সক্ষম।



ক্রাউন ইথার IV



ক্রিপটেট V

এই বাছাই জটিল যৌগ সৃষ্টি বহুযোজী লিগান্ডের মধ্যস্থ শূন্যস্থানের উপর নির্ভর করে। যে সমস্ত ক্ষারধাতুর আয়নের আকার ঐ শূন্যস্থানের আকারের সমান তারাই স্থায়ী জটিল লবণ সৃষ্টি করে। কারণ খুব ছোট আয়ন হলে তা শূন্যস্থান দিয়ে গলে যায় এবং বড় হলে তারা ঐ শূন্যস্থানে প্রবেশ করতে পারে না। যেমন ক্রিপটেট 222’র শূন্যস্থানের আকার  $K^+$  আয়নের আকারের অনুরূপ কিন্তু  $Li^+$ ,  $Na^+$  আয়ন উভয়েই ছোট হওয়ায় অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে সংযোগ স্থাপন করতে অপারগ হয়। আবার  $Rb^+$ ,  $CS^+$  -এ আকার এত বড় যে শূন্যস্থান প্রবেশ করলে ঐ যৌগের গঠন ভারাক্রান্ত হয় ফলে অস্থায়ী হয়ে পড়ে। একইভাবে ক্রিপটেট-221-এ  $Na^+$  জটিল লবণ অন্যান্য ক্ষারধাতুর জটিল লবণ অপেক্ষা অধিক স্থায়ী।

উপরে উল্লিখিত বিশাল বৃত্তাকার লিগান্ডসমূহ ধাতব আয়নকে সম্পূর্ণরূপে আবৃত করে এবং দ্রাবক অণুর সংস্পর্শ থেকে রক্ষা করে। এই কারণেই জটিল লবণগুলি অধিক স্থায়ী হয়। এইগুলিকেই পারিপার্শ্বিক আবৃত জটিল লবণ বলা হয়।

কিছু কিছু বিশাল বৃত্তাকার যৌগ আছে যেমন ভ্যালিনোমাইসিন এবং এন্টাটিন-B যেগুলি জৈবচক্র

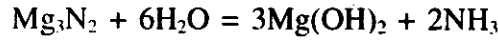
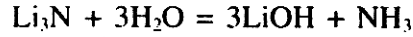
অংশগ্রহণ করে এবং কোষমধ্যস্থ দ্রাবকবিকর্ষী লিপিড স্তরের মধ্য দিয়ে Na<sup>+</sup> ও K<sup>+</sup> আয়ন আদান-প্রদানে অংশগ্রহণ করে।

## 2.7 লিথিয়াম ধাতুর অস্বাভাবিক বৈশিষ্ট্য

শ্রেণীর প্রথম মৌল হিসাবে অন্যান্য ক্ষারধাতুর তুলনায় লিথিয়াম ধাতুর কিছু বিশিষ্টতা লক্ষ্য করা যায়। লিথিয়াম পরমাণু বা আয়নের অতি ক্ষুদ্র আয়তন এর জন্য দায়ী। দ্বিতীয় শ্রেণীর দ্বিতীয় মৌল ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে লিথিয়ামের ধর্মের অনেকটা সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। এই ধর্মের সাদৃশ্য কর্ণ সম্পর্ক অনুযায়ী। লিথিয়ামের আকার আধান অনুপাত বেশি হওয়ায় ধ্রুবায়ন ক্ষমতা বেশি এবং এই সংক্রান্তে এটি ম্যাগনেসিয়ামের সমতুল্য হওয়ায় ধর্মের সায়ুজ্য স্বাভাবিক।

লিথিয়ামের কাঠিন্য অন্যান্য ক্ষারধাতুর তুলনায় বেশি কিন্তু ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে তুলনীয়।

ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ন্যায় লিথিয়াম অতি উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে গরম করলে লিথিয়াম নাইট্রাইড যৌগ গঠন করে। এই লিথিয়াম নাইট্রাইড জলে আদ্রবিশ্লেষিত হয়ে LiOH এবং NH<sub>3</sub> উৎপন্ন করে।



ক্ষারধাতুর হাইড্রাইড অপেক্ষা লিথিয়াম হাইড্রাইড অধিকতর স্থায়ী এবং ইহা 941K অবিয়োজিত থেকে গলিত হয়।

লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড অন্যান্য ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড অপেক্ষা জলে কম দ্রব্য এবং উচ্চ তাপমাত্রায় Li<sub>2</sub>O ও H<sub>2</sub>O রূপে বিয়োজিত হয়। বায়ুতে দহনের ফলে লিথিয়াম Li<sub>2</sub>O উৎপন্ন করে কিন্তু অন্যান্য ক্ষারধাতু পারক্সাইড বা সুপার অক্সাইড উৎপন্ন করে। ম্যাগনেসিয়াম দহনে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড MgO গঠন করে।

Li<sub>2</sub>O ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ন্যায় জলে স্বল্পদ্রব্য কিন্তু অন্যান্য ক্ষারধাতু অক্সাইড জলে তীব্রভাবে দ্রবীভূত হয়।

লিথিয়াম হাইড্রক্সাইডের ক্ষারকত্ব অন্যান্য ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড অপেক্ষা অনেক কম।

লিথিয়াম কার্বোনেট কেলাসে কেলাস জল থাকে না এবং এই লবণ জলে প্রায় অদ্রব্য, সোডিয়াম কার্বোনেট জলে দ্রব্য কিন্তু ম্যাগনেসিয়াম কার্বোনেট জলে অদ্রব্য।

তাপপ্রয়োগে লিথিয়াম কার্বোনেট বিস্ফিষ্ট হয়ে লিথিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

লিথিয়াম বাই-কার্বোনেট কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণে স্থায়ী থাকে, কঠিন অবস্থায় উহা অস্থায়ী। লিথিয়াম ক্লোরাইড জলাকর্ষী যৌগ এবং উহা জৈব তরল যেমন অ্যালকোহলে দ্রবীভূত হয়। লিথিয়াম ক্লোরাইডে 1, 2, 3 অণু কেলাসজল থাকে। ক্ষারধাতুর থেকে এই ধর্মটি আলাদা হওয়ায় ধাতু নিষ্কাশনের Li-কে অন্যান্য ক্ষারধাতুর থেকে পৃথক করা যায়। অন্যান্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড কেলাসজল ব্যতীত কেলাস গঠন করে এবং উহারা জলাকর্ষী নয়।

ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ফ্লুরাইড ও ফসফেট যৌগের ন্যায় লিথিয়াম ফ্লুরাইড ও ফসফেট জলে অদ্রব্য। উচ্চ কেলাস জালক শক্তি এই যৌগগুলির অদ্রব্য হওয়ার কারণ।

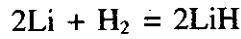
অন্যান্য ক্ষারধাতুর সালফেট লবণের ন্যায় লিথিয়াম সালফেট অ্যালাম জাতীয় দ্বৈত লবণ প্রস্তুত করে না। লিথিয়াম সালফেট অন্যান্য ক্ষারধাতুর সালফেটের সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন কেলাসও গঠন করে না।

ক্ষারধাতুসমূহের মধ্যে একমাত্র লিথিয়াম ইমাইড  $\text{Li}_2\text{NH}$  গঠন করে।

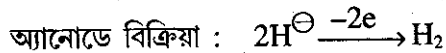
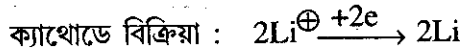
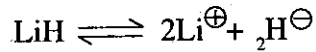
## 2.8 ক্ষারধাতুর কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি এবং তাদের ধর্ম :

### (1) লিথিয়াম হাইড্রাইড (LiH) :

প্রস্তুতি : লিথিয়াম ধাতুকে প্রায় 873K তাপমাত্রায় শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে লিথিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়।



ধর্ম : লিথিয়াম হাইড্রাইড একটি সুস্থির যৌগ। গলিত LiH যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে লিথিয়াম এবং অ্যানোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

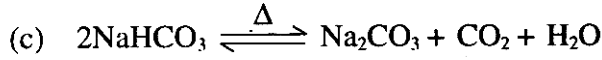
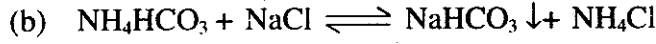
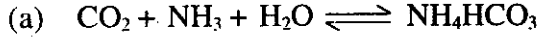


LiH একটি শক্তিশালী বিজারক।

### (2) সোডিয়াম কার্বনেট $\text{Na}_2\text{CO}_3$ বা সোডা অ্যাস প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতির নীতি। —সলভে পদ্ধতি (Solvay Process)

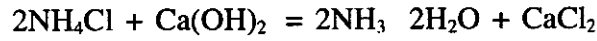
নীতি : অ্যামোনিয়াম ব্রাইনে ( $\text{NaCl}$ -এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) উৎপন্ন হয়। পরে দ্রবণে উপস্থিত  $\text{NaCl}$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়

করে সোডিয়াম বাইকার্বনেট (NaHCO<sub>3</sub>) উৎপন্ন করে। 300K–310K তাপমাত্রায় NaHCO<sub>3</sub> দ্রবণে প্রায় অদ্রব্য বলে থিতাইয়া পড়ে। এই NaHCO<sub>3</sub>-কে রোটোরি সাক্সান ফিল্টার (Rotary Suction filter)-এর সাহায্যে পৃথক করা হয়। অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে NaHCO<sub>3</sub> সোডিয়াম কার্বনেটে (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)-এ রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়া নিম্নরূপ।

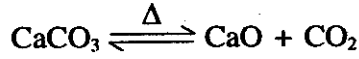


যেহেতু এটি শিল্পপদ্ধতি তাই নিচে উল্লিখিত বিষয় দুটি আপনার জানা প্রয়োজন।

(1) পরিশ্রাবণ পদ্ধতিতে NaHCO<sub>3</sub> পৃথক করে নেবার পর NH<sub>4</sub>Cl-এর জলীয় দ্রবণ [বিক্রিয়া (b)] অপচয় করা হয় না। এই দ্রবণকে চূনের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়। এই অ্যামোনিয়া গ্যাস পুনরায় বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়।

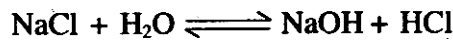


(2) সলভে পদ্ধতিতে Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> প্রস্তুত করতে CO<sub>2</sub> গ্যাসের প্রয়োজন হয়। উপরের বিক্রিয়ায় লক্ষণীয় যে অ্যামোনিয়া গ্যাস পুনরুদ্ধার করতে চূনের প্রয়োজনও আছে। তাই চূনাপাথরকে উচ্চ তাপাঙ্কে (প্রায় 1200K) উত্তপ্ত করে CaO এবং CO<sub>2</sub> এই দুটি কাঁচামালের চাহিদাই মেটান যেতে পারে।



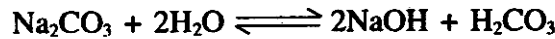
ধর্ম : ক্ষার ধাতব লবণের আর্দ্রবিচ্ছেদন :

(1) LiCl বা NaCl জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও অ্যাসিড উৎপন্ন করবে।



NaOH একটি তীব্র ক্ষার এবং HCl একটি তীব্র অ্যাসিড। তাই উৎপন্ন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়া করে পুনরায় NaCl ও H<sub>2</sub>O উৎপন্ন করবে। তাই তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্রবিচ্ছেদন হয় না। লবণের জলীয় দ্রবণ তাই প্রশম হয়।

(2) কিন্তু Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।



কারণ লবণটির আর্দ্রবিচ্ছেদনের ফলে তীব্র ক্ষার (NaOH) ও মৃদু অ্যাসিড (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) উৎপন্ন হয়। তাই Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্ম প্রাপ্ত হয়।

## 2.9 সারাংশ :

এই এককটি পাঠ করে আপনি ক্ষারধাতুগুলি সম্বন্ধে যে যে তথ্য জানতে পেরেছেন তার সারসংক্ষেপ নিচে বলা হল।

- ক্ষারধাতুগুলি যেমন Li, Na, K, Rb এবং Cs প্রকৃতিতে কি অবস্থায় পাওয়া যায়।
- ফ্র্যাঙ্সিয়াম (Fr) ধাতুটির আবিষ্কার ও নামকরণ কিভাবে হয়েছে।
- বিশুদ্ধ লিথিয়ামের প্রস্তুতি ; কাস্টমার এবং ডাউনস্ পদ্ধতিতে সোডিয়াম প্রস্তুতি ; পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম ধাতুগুলির বিভিন্ন নিষ্কাশন পদ্ধতি।
- ক্ষারধাতুগুলির এবং তাদের যৌগের ব্যবহার।
- Li, Na, K, Pb এবং Cs ধাতুগুলির ইলেকট্রনবিন্যাস এবং সাধারণ ধর্মের তুলনামূলক পর্যালোচনা ও ব্যাখ্যা।
- ধাতুগুলির রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া। অ্যামোনিয়াম দ্রব্য ক্ষারধাতুগুলি কেন বিজারক হিসাবে কাজ করে।
- এই ধাতুগুলির জটিল লবণ কীভাবে তৈরি করা যায় ; ক্রাউন ইথার ও ক্রিপটেট কাদের বলা হয় এবং এদের বৈশিষ্ট্য কী?
- লিথিয়াম ধাতুর অস্বাভাবিক ধর্ম।
- সলভে পদ্ধতিতে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  প্রস্তুতির নীতি।

## 2.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (1) সমুদ্রের জলে ওজন হিসাবে শতকরা প্রায় 2 ভাগ খাদ্যলবণ ( $\text{NaCl}$ ) আছে। এরকম 1000 কেজি সমুদ্রের জল থেকে কত কেজি অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) পাওয়া সম্ভব?
- (2) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ পৃথকভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে কী ঘটবে সমীকরণসহ উত্তর লিখুন।
- (3) (a) অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোনের সোডিয়াম লবণ জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যে জটিল লবণ উৎপন্ন করে তার গঠন লিখুন।  
(b) স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড (Salicyl aldehyde) ক্ষারধাতুগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে যে জটিল লবণ গঠন করে তাতে ধাতুর Covalency 4 ও 6 হতে পারে। উদাহরণ দিয়ে বুঝাইয়া দিন।
- (4) সোডিয়াম নিষ্কাশনের জন্য ডাউনস্ পদ্ধতি বর্ণনা করুন।  
এই বিক্রিয়ায়  $\text{NaCl}$ -এর সঙ্গে  $\text{CaCl}_2$  মেশান হয় কেন?
- (5) লিথিয়াম ধাতুর কয়েকটি অস্বাভাবিক ধর্ম উল্লেখ করুন।
- (6) শিল্প পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির নীতি আলোচনা করুন।



## 2.11 উত্তরমালা

### অনুশীলনী-1

- (a) লেপিডোলাইট : Li  
নাইটার / কার্নালাইট : K  
ক্রায়লাইট : Na
- (b) ক্ষারধাতুগুলি অত্যন্ত ক্রিয়াশীল
- (c) (i) [A] =  ${}^{223}_{87}\text{Fr}$                       (ii) [B] =  ${}^{227}_{90}\text{Th}$  ;  
[C] =  ${}^{223}_{88}\text{Ra}$

### অনুশীলনী-2

- (a) 2.3.1 দেখুন।
- (b) Li — [He] 2s<sup>1</sup>  
Na — [Ne] 3s<sup>1</sup>  
K — [Ar] 4s<sup>1</sup>  
Rb — [Kr] 5s<sup>1</sup>  
Cs — [Xe] 6s<sup>1</sup>  
Fr — [Rn] 7s<sup>1</sup>

এদের ইলেকট্রন সজ্জার সর্বশেষ S কক্ষে একটি করে ইলেকট্রন থাকায় মৌলগুলিকে S-ব্লক মৌল বলা হয়।

### অনুশীলনী-3 :

- (a) সর্ববহিঃস্থ S-কক্ষে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে এবং এই ইলেকট্রনের উপর কেন্দ্রের আকর্ষণ থাকা সত্ত্বেও ইলেকট্রনটি সহজেই অপসারিত হতে পারে। কিন্তু উৎপন্ন আয়ন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনবিন্যাস ধারণ করায় দ্বিতীয় আয়নন শক্তি খুব বেশি হয়।
- (b) (i) LiH ; (ii) LiAlH<sub>4</sub> ; (iii) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Li
- (c) (i) উর্জ (Wurtz) বিক্রিয়া  
$$2\text{RX} + 2\text{Na} \longrightarrow \text{R-R} + 2\text{NaX}$$
- (ii) জৈব যৌগে N, S এবং X  
(Cl, Br, I)-এর উপস্থিতি সনাক্তকরণ।

অনুশীলনী—4

- (a) (i)  $K_4[Ni(CN)_4]$  ; Ni-এর জারণসত্তর O]  
 (ii)  $Na_2[Fe(CO)_4]$  ; Fe-এর জারণসত্তর -2  
 (b)  $Na^{\oplus} C^{\ominus} \equiv C^{\ominus} Na^{\oplus} + H_2$   
 (c) 2.5.2 দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (1) 18.12 কেজি  
 (2) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে :

ক্যাথোডে : Na

এবং অ্যানোডে :  $Cl_2$

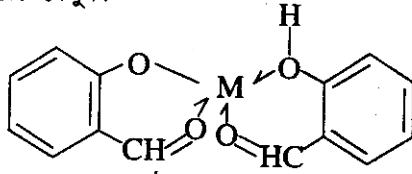
সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে :

ক্যাথোডে :  $H_2$  ; NaOH

অ্যানোডে :  $Cl_2$

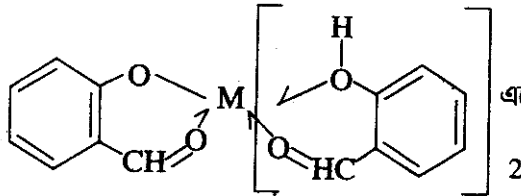
[ সাবধানতা অবলম্বন না করলে  $Cl_2$  গ্যাস  $H_2$  গ্যাস ও NaOH সঙ্গে বিক্রিয়া করার সম্ভাবনা থাকবে। ]

- (3) (a) 2.6 দেখুন।



M = Li, Na ইত্যাদি ক্ষার মৌল।

এক্ষেত্রে M ধাতুর Covalency 4।



এক্ষেত্রে M ধাতুর Covalency 6।

- (4) 2.3.1 দেখুন।  
 (5) 2.7 দেখুন।  
 (6) 2.8 দেখুন।

## একক 3 □ S-ব্লক মৌলসমূহ

গঠন

3.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

3.2 মৌলসমূহের প্রাপ্তি ও আকরিক

3.2.1 ভূত্বকে প্রাপ্তি

3.2.2 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের আকরিক

3.3 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর নিষ্কাশন

3.3.1 বেরিলিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

3.3.2 ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

3.3.3 ক্যালসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

3.3.4 স্ট্রনসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

3.3.5 বেরিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

3.4 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের ব্যবহার

3.5 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

3.5.1 রাসায়নিক ধর্ম

3.6 বেরিলিয়াম ধাতুর সঙ্গে দ্বিতীয় শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের তুলনা

3.7 ম্যাগনেসিয়ামের আচরণ

3.8 বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক

3.9 হাইড্রক্সাইড ও সালফেট লবণগুলির দ্রাব্যতার তুলনা

3.10 জৈব ধাতব যৌগ

3.11 কয়েকটি ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতব মৌলের জটিল যৌগের রসায়ন

3.12 ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর জটিল মৌল গঠনের প্রবণতা এবং জলের খরতা নির্ণয়ে প্রয়োগ

3.13 সারাংশ

3.14 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

3.15 উত্তরমালা

## 3.1 প্রস্তাবনা

বেরিলিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম ও রেডিয়াম মৌলগুলি পর্যায়সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর অন্তর্গত।

এই সকল মৌলগুলি ধাতব মৌল। ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়ামের অক্সাইডগুলি মৌল আবিষ্কার হবার পূর্বেই পরিচিত ছিল। এদের প্রকৃতি ক্ষারীয় হওয়ায় এবং ভূ-পৃষ্ঠে পাওয়া যায় বলে এদের ক্ষারীয় মৃত্তিকা বলা হত। মৃত্তিকায় মৌলগুলির অবস্থানের জন্য এদের নাম দেওয়া হল ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল। রেডিয়ামের রাসায়নিক ধর্মাবলী ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলের অনুরূপ হলেও মৌলটি তেজস্ক্রিয় হওয়ায় মৌলটিকে এই শ্রেণীর মৌলের সঙ্গে আলোচনা করা হয় না।

## উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করার পর আপনি ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলসমূহের রাসায়ন সম্পর্কিত নিচের তথ্যগুলি সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

- প্রকৃতিতে মৃত্তিকা মৌলগুলির আকরিকের নাম ও সংকেত ; নিষ্কাশনের পদ্ধতি ও ব্যবহার।
- মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রনবিন্যাস এবং এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের উপর ইলেকট্রনসংজ্ঞার প্রভাব।
- ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্যর সঙ্গে বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম মৌল দুটির অস্বাভাবিকতার তুলনামূলক বিচার।
- কর্ণ সম্পর্কে বলতে কী বুঝায়? বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক।
- ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলগুলির হাইড্রক্সাইড ও সালফেট লবণের দ্রাব্যতার তুলনা।
- এই মৌলগুলির জটিল যৌগ ও জৈব ধাতব যৌগ গঠনের প্রবণতা এবং রাসায়নে জটিল ও জৈব ধাতব যৌগগুলির ব্যবহার।

## 3.2 প্রাপ্তি ও আকরিক

### 3.2.1 ভূত্বকে প্রাপ্তি :

পর্যায়সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌলগুলিকে প্রকৃতিতে সাধারণত মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ভূত্বকে এদের উপস্থিতির শতকরা পরিমাণ নিচে দেওয়া হল।

Be— $6 \times 10^{-4}$  %

Sr—0.03 %

Mg—2.09 %

Ba—0.25 %

Ca—3.63 %

Ra— $1.3 \times 10^{-10}$  %

### 3.2.2 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের আকরিক :

**বেরিলিয়াম (Be) :** পরিমাণে অল্প হলেও বেরিলিয়ামের আকরিক প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এর প্রধান আকরিক বেরিল  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$  অথবা  $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ । এতে 11—15% BeO বর্তমান। অন্যান্য আকরিকের মধ্যে ক্রাইসোবেরিল  $\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  এবং ফেনাসাইট,  $2\text{BeO} \cdot \text{SiO}_2$  উল্লেখযোগ্য। ভারতবর্ষের বিহারের হাজারিবাগ এলাকার অভ্রখনি অঞ্চলে, রাজস্থানের আজমীড় মাড়োয়ার অঞ্চলে ও তামিলনাড়ুর নেলোর অঞ্চলে বেরিল আকরিক পাওয়া যায়। এগুলিকে মূল্যবান রত্নরূপেও ব্যবহার করা হয়।

**ম্যাগনেসিয়াম (Mg) :** কার্বোনেট আকরিক ম্যাগনেসাইট ( $\text{MgCO}_3$ ), ডলোমাইট ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ )-এ Mg পাওয়া যায়। ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগরূপে স্ট্রাসফার্ট স্তূপে কিয়েসেরাইট— $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ; কার্নালাইট ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ; কাইনাইট ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ; স্কোনাইট ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) আকরিক পাওয়া যায়। সিলিকেট যৌগরূপে একে পাওয়া যায় অলিভাইন [ $(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ ] সারপেন্টাইন ( $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ট্যালক ( $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), অ্যাসবেসটস [ $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$ ] খনিজে। অক্সাইড রূপে এটিকে স্পিনেল ( $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) খনিজে পাওয়া যায়। এপসম সল্ট ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $3\text{MgCl}_2$ ) সমুদ্র ও ঝর্ণার জলে পাওয়া যায়। উদ্ভিদজগতে গাছের পাতার সবুজ অংশে ক্লোরোফিলরূপে ম্যাগনেসিয়ামের জটিল যৌগ পাওয়া যায়।

ভারতবর্ষে ম্যাগনেসাইট আকরিক পাওয়া যায় তামিলনাড়ু ও কর্ণাটকে। ডলোমাইট বিহার, উড়িষ্যা, পশ্চিমবঙ্গ, সিকিমে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

**ক্যালসিয়াম (Ca) :** ভূত্বকের প্রায় 5% অংশ ক্যালসিয়ামের যৌগ দ্বারা গঠিত। কার্বোনেট রূপে ( $\text{CaCO}_3$ ) নিম্নলিখিত খনিজে ক্যালসিয়াম পাওয়া যায়—লাইমস্টোন, চক, ক্যালসাইট, আইসল্যাণ্ড, স্পার, মার্বেল ও ডলোমাইট ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ )। সালফেটরূপে আকরিক অ্যানহাইড্রাইট ( $\text{CaSO}_4$ ) ও জিপসাম  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ফ্লুরাইড রূপে ফ্লুরোস্পার ( $\text{CaF}_2$ )। ফসফেটরূপে ফসফোরাইট [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] এবং অ্যাপেটাইট  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$  এবং সিলিকেটরূপে ফেলস্পার ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) ইত্যাদিতে যথেষ্ট পরিমাণে Ca পাওয়া যায়। জীবজন্তুর অস্থি, দাঁত, ডিমের খোল, শামুক, ঝিনুক, শঙ্খ প্রভৃতির শক্ত বহিরাবরণের প্রধান উপাদান ক্যালসিয়ামঘটিত যৌগ।

ভারতবর্ষের জব্বলপুর, যোধপুর, হিমাচলপ্রদেশে মার্বেল, মধ্যপ্রদেশ, উড়িষ্যা, বিহার, খাসী ও জয়ন্তীয়া পাহাড়ে লাইমস্টোন, রাজস্থান জিপসাম। মধ্যপ্রদেশ ও রাজস্থান ফ্লুরোস্পার এবং উড়িষ্যা ও বিহারে ডলোমাইট প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

**স্ট্রনসিয়াম (Sr) :** প্রকৃতিতে স্ট্রনসিয়াম খুব বেশি পরিমাণে পাওয়া যায় না। মুখ্য আকরিক : স্ট্রনসিয়ানাইট ( $\text{SrCO}_3$ ), সেলেনস্টাইন ( $\text{SrSO}_4$ )। অন্যান্য ক্ষারমৃত্তিকা ধাতুর আকরিকে অল্প পরিমাণ স্ট্রনসিয়াম সর্বদাই পাওয়া যায়, ভারতবর্ষের তামিলনাড়ু প্রদেশে কিছু পরিমাণ সেলেনস্টাইন আকরিক পাওয়া যায়।

**বেরিয়াম (Ba) :** বেরিয়াম ধাতুর প্রধান আকরিক—

- (i) ব্যারাইটিস্ বা হেভীস্পার ( $\text{BaSO}_4$ )
- (ii) উইদেরাইট ( $\text{BaCO}_3$ )

(iii) অলোস্টোনাইট বা ব্যারাইটো ক্যালসাইট ( $BaCO_3.CaCO_3$ )

(iv) মিশ্র অক্সাইডরূপী সিলোমেলেন ( $BaO.MnO_2$ )

সীসার সালফেট আকরিকের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় বেরিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

#### অনুশীলনী—1

(a) নিচে উল্লেখিত যৌগগুলির সংকেত লিখুন :

(i) সোডিয়াম সিলিকোফ্লুরাইড

(ii) সোডিয়াম ফ্লয়োবেরিলেট

(iii) ক্রায়োলাইট

(b) সঠিক উত্তরটি বেছে নিয়ে শূন্যস্থান পূর্ণ করুন :

(সলেস্টাইন, জিপসাম, চূনাপাথর, ক্যালসিয়াম, ফ্লয়োস্পার)

(i) ডিমের খোলা, শামুক ও বিনুক প্রভৃতির শক্ত বহিরাবরণের প্রধান উপাদান .....ঘটিত যৌগ।

(ii) ভারতবর্ষের মধ্যপ্রদেশে ....., উড়িষ্যা, বিহার, খাসী ও জয়ন্তীয়া পাহাড়ে ....., রাজস্থানে ..... পাওয়া যায়।

### 3.3 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর নিষ্কাশন

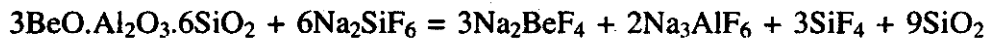
#### 3.3.1 বেরিলিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন :

প্রধান আকরিক বেরিল থেকে নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে বেরিলিয়াম নিষ্কাশন করা হয়।

1. বেরিল থেকে প্রস্তুত বেরিলিয়াম অক্সাইডকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির দ্বারা।

2. বেরিল থেকে উৎপন্ন বেরিলিয়াম ক্রোরাইড বা ফ্লুরাইড থেকে তড়িৎ-বিচ্ছেদনের সাহায্যে।

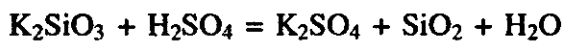
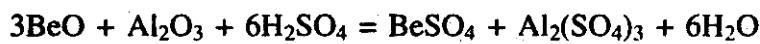
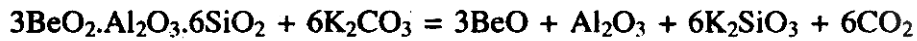
সিলিকোফ্লুরাইড পদ্ধতি দ্বারা  $BeO$  তৈরি করা যায়। এই পদ্ধতিতে চূর্ণ বেরিল আকরিককে দ্বিগুণ পরিমাণ সোডিয়াম সিলিকোফ্লুরাইড ও অল্প পরিমাণ সোডিয়াম ফ্লুরাইডের সাথে মিশ্রিত করে উচ্চতাপে গলিত করা হয়। ফলে সোডিয়াম ফ্লয়োবেরিলেট ও ক্রায়োলাইট উৎপন্ন হয়।



উৎপন্ন  $SiF_4$  সোডিয়াম ফ্লুরাইডের সঙ্গে  $Na_2SiF_6$  গঠন করে এবং পুনরায় এটিকে বিগলনের কাজে ব্যবহার করা হয়।



ঘনায়িত করলে পটাশ অ্যালাম কেলাসিত হয় এবং মাতৃদ্রবণে প্রধানত বেরিলিয়াম সালফেট ও সামান্য পরিমাণে  $K_2SO_4$  ও  $Al_2(SO_4)_3$  থাকে।

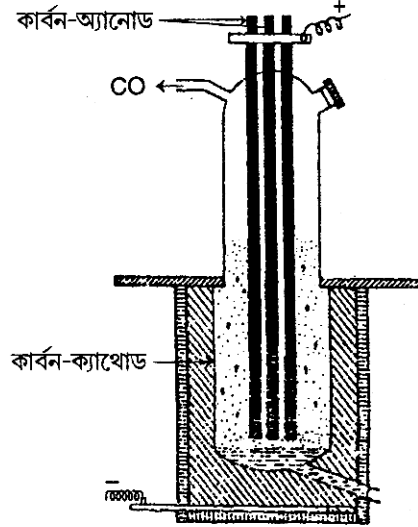


মাতৃদ্রবণকে ঘন ও গরম অ্যামোনিয়াম কার্বোনেট দ্রবণে ঢাললে অবশিষ্ট আয়রন ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং বেরিলিয়াম উহার হাইড্রক্সাইড ও কার্বোনেট রূপে দ্রবণে থাকে। অধঃক্ষেপ পরিস্ফুট করে পরিস্ফুট দ্রবণকে ফুটালে স্ফারকীয় বেরিলিয়াম কার্বোনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে পরিস্ফুট করে সংগ্রহ করে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে সাদা চূর্ণরূপে BeO পাওয়া যায়।

### BeO-এর বিজারণ :

**নীতি :** বিশুদ্ধ ও শুষ্ক BeO চূর্ণের সাথে কার্বন বা কোক চূর্ণ মিশিয়ে বিদ্যুৎচুম্বীতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বেরিলিয়াম অক্সাইড বিজারিত হয়ে বেরিলিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়।

**পদ্ধতি :** বিদ্যুৎচুম্বীটির নিম্নাংশ পুরু গ্রাফাইট কার্বনের তৈরি বড় খপরাকৃতি। এর ভিতর পাতলা ইস্পাতের আস্তরণ আছে। এর উপরের অংশ ইস্পাতের তৈরি চোঙাকৃতি। এই অংশের উপরের দিকে অবস্থিত একটি প্রবেশপথ দিয়ে BeO ও কোকের মিশ্রণ চুম্বীতে দেওয়া হয়। চুম্বীর উপরের দিক থেকে মোটা কার্বনদণ্ড অ্যানোডরূপে মিশ্রণের মধ্যে প্রবিষ্ট থাকে। চুম্বীর তলদেশের গ্রাফাইট আস্তরণ ক্যাথোডের কাজ করে। বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে চুম্বীর ভিতরে উচ্চতাপের সৃষ্টি হয় এবং এই তাপমাত্রায় BeO কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতব বেরিলিয়ামে পরিণত হয় এবং সেই সঙ্গে CO উৎপন্ন হয়। চুম্বীর উপরের দিকে অবস্থিত নির্গম নল দিয়ে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড বার হয়ে আসে। খপরের তলদেশে অবস্থিত অপর একটি নির্গম নল দিয়ে গলিত বেরিলিয়াম ধাতু বার করে নেওয়া হয়। উৎপন্ন বেরিলিয়াম ধাতুকে স্বল্পচাপে পাতিত করলে 99.5% বিশুদ্ধ ধাতুটি উদ্বায়ী হয়ে আসে। এই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করে কঠিন ধাতু সংগৃহীত হয়।



চিত্র নং 3.1

**তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** বেরিলিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও বিগালক রূপে অল্প ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-এর মিশ্রণকে 1073K তাপমাত্রায় লৌহনির্মিত খপরে (ক্যাথোড) ও গ্রাফাইট অ্যানোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে বিশুদ্ধ বেরিলিয়াম ধাতু পাওয়া যায়। ক্লোরাইড লবণের মিশ্রণের পরিবর্তে তড়িৎ-বিশ্লেষক রূপে ফ্লুরাইড লবণও নেওয়া যেতে পারে কেবল তাপমাত্রা সেই ক্ষেত্রে 1673K প্রয়োজন হয়।

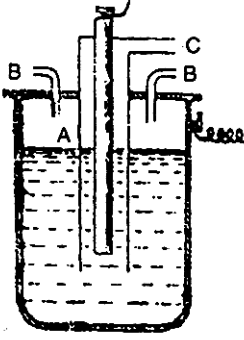
### 3.3.2 ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন :

নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে Mg নিষ্কাশন করা হয়।

1. গলিত  $MgCl_2$ -কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা।
2. ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিজারিত করে।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :

নীতি : অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের সাথে ক্ষারধাতু ও ক্ষার মৃত্তিকা ধাতুর ক্লোরাইড মিশিয়ে ঐ মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষক পদার্থ রূপে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র নং 3.2

কার্নালাইট আকরিক প্রথমে  $NH_4Cl$  ও পরে  $HCl$  গ্যাসের প্রবাহ উত্তপ্ত করে অনার্দ্র  $MgCl_2$  তৈরি করা হয়। এই অনার্দ্র  $MgCl_2$ -এর সাথে  $NaCl$  ও  $CaF_2$  মেশানো হয়। এর ফলে গলনাঙ্ক হ্রাস পায় ও উচ্চতর তাপমাত্রায়  $MgCl_2$  আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে  $MgO$  উৎপন্ন হবার সম্ভাবনা হ্রাস পায়।

পদ্ধতি : একটি আয়তাকার বদ্ধ লৌহপাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। এই পাত্রটি ক্যাথোডের কাজ করে। লৌহপাত্রের ঢাকনার মধ্য দিয়ে একটি পোসিলিনের নল পাত্রের গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে আংশিকভাবে ডোবানো থাকে। এই নলের ভেতর একটি গ্রাফাইট দণ্ড ডোবানো থাকে এবং সেটি অ্যানোডের কাজ করে। লৌহপাত্রে বায়ু কোলগ্যাস বা  $H_2$  দ্বারা অপসারিত করা হয়। তড়িৎপ্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে গলিয়ে  $973K$  তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। এর ফলে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস পোসিলিনের নলের ভিতর দিয়ে নির্গমন পথে বার হয়ে যায়। ক্যাথোডে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ধাতু গলিত অবস্থায় তরল-তড়িৎ বিশ্লেষ্যের উপর ভেসে ওঠে এবং বার করে নেওয়া হয়। উৎপন্ন ধাতুটি প্রায় 99.9% বিশুদ্ধ।

গলিত সীসা ক্যাথোড রূপে ও গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোড রূপে ব্যবহার করে অনার্দ্র কার্নালাইটকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে ম্যাগনেসিয়াম সংগ্রহ করা যায়। কিন্তু এক্ষেত্রে গলিত সীসার সঙ্গে ধাতুসংকর উৎপন্ন হয়। এই ধাতুসংকরটি অ্যানোড রূপে ও লৌহদণ্ড ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশিত হয়।

বাণিজ্যিক পদ্ধতি :

$MgO$ -এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ :

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য :  $MgO$ ,  $NaF$  ও  $MgF_2$ -এর গলিত মিশ্রণ।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষ : আয়তাকার লৌহপাত্র।

তড়িৎদ্বার : পাত্রের তলদেশে ক্যাথোড রূপে কয়েকটি কাস্ট আয়রন দণ্ড যুক্ত থাকে। কয়েকটি মোটা কার্বন দণ্ড পাত্রের ওপর থেকে অ্যানোড রূপে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে ডোবানো থাকে।

তাপমাত্রা :  $1173-1223K$



সংগ্রহ : বায়ুতে ঠাণ্ডা হয়ে তরল তড়িৎ-বিপ্লবের উপরিতলে একটি শক্ত আস্তরণ গঠিত হয় এবং তড়িৎ-বিপ্লবে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ধাতু তরল অবস্থায় ঐ আস্তরণে নিচে জমা হলে সংগ্রহ করা হয়।

কার্বনবিজারণ পদ্ধতি : কার্বোথার্মাল প্রক্রিয়া।

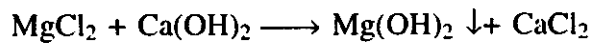
নীতি : উচ্চ তাপমাত্রা কোক দ্বারা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে বিজারিত করে ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়।

পদ্ধতি : প্রথমে ম্যাগনেসাইট আকরিককে উচ্চ তাপমাত্রায় গরম করে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে গুঁড়া করে কোকচূর্ণ এবং পিচ বা অন্য কোন তেল উত্তমরূপে মিশিয়ে ক্ষুদ্র টুকরোর আকারে পরিণত করা হয়। একটি বদ্ধ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে এই টুকরোগুলি প্রায় 2273K তাপমাত্রায় গরম করলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বিজারিত হয়ে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুতে পরিণত হয় এবং কার্বন-মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।  $MgO + C \rightleftharpoons Mg + CO$ । উৎপন্ন Mg বাষ্পাকারে CO'র সাথে চুল্লী থেকে বেরিয়ে আসে। এই মিশ্রণকে প্রচুর পরিমাণ H<sub>2</sub> বা প্রাকৃতিক গ্যাসের সঙ্গে মিশিয়ে ঠাণ্ডা করা হয় এবং তাপমাত্রাকে প্রায় 473K-এ হ্রাস করা হয়। এর ফলে Mg বাষ্প ঘনীভূত হয়ে গুঁড়ার আকারে পরিণত হয়। প্রাপ্ত নমুনায় 65% Mg ধাতু এবং অবশিষ্টাংশ কোক বর্তমান থাকে। 1073K-এ অনুপ্রেশ পাতন (distillation at low pressure) পদ্ধতিতে শোধন করে বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়।

ক্যানাডীয় পদ্ধতি : MgO-কে ফেরো সিলিকন দ্বারা 1423K তাপমাত্রায় অতি নিম্নচাপে গরম করে বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

সমুদ্রজল থেকে ম্যাগনেসিয়াম :

সমুদ্রের জলে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও সালফেট লবণ রূপে প্রায় 0.14% ম্যাগনেসিয়াম বর্তমান। সমুদ্রজলকে প্রথমে সৌরতাপ ও বায়ুপ্রবাহে বাষ্পায়িত করে এর আয়তন হ্রাস করা হয় এবং এতে গোলাচুন মিশিয়ে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করান হয়।



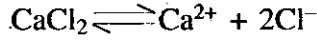
এই অধঃক্ষেপকে পরিশ্রুত করে জলযৌত করে 10% HCl-এ দ্রবীভূত করা হয়। এই ধাপে Mg(OH)<sub>2</sub> ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। সামান্য পরিমাণ লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> যোগ করলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম লবণ অদ্রব্য CaSO<sub>4</sub> রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিশ্রুত MgCl<sub>2</sub> দ্রবণকে বাষ্পায়িত করে ঘনীভূত করা হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করা হয়। ফলে সোদক MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O কেলাসিত হয় সোদক লবণটি আংশিকভাবে অনার্দ্র করে NaCl-এর সাথে বিগলিত করে তড়িৎ-বিপ্লব দ্বারা Mg ধাতু নিষ্কাশিত হয়।

## অনুশীলনী—2 :

- গলিত  $MgCl_2$ -এর তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময়  $NaCl$  ও  $CaF_2$  মিশ্রিত করা হয় কেন?
- তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশনের সময় পাত্রের সমস্ত বায়ু হাইড্রোজেন বা কোলগ্যাস দিয়ে অপসারণ করা হয় কেন?
- সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )-কে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? সমীকরণ সহ উত্তর দিন।
- একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতা  $CO_2$  পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করান হল ও পরে লঘু  $HCl$ -এর জলীয় দ্রবণ ঢালা হল। কী ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটবে? বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন।

### 3.3.3 ক্যালসিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন :

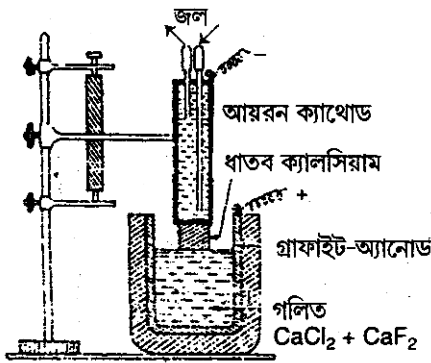
নীতি : গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে  $Ca$  ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।



ক্যাথোড বিক্রিয়া :  $Ca^{2+} + 2e \longrightarrow Ca$

অ্যানোড বিক্রিয়া :  $2Cl^- - 2e \longrightarrow Cl_2$

চূনাপাথর বা মার্বেলকে লঘু  $HCl$  দ্রবণে দ্রবীভূত করে ও উৎপন্ন  $CaCl_2$  দ্রবণকে বাষ্পায়িত এবং কেলাসিত করে কঠিন  $CaCl_2$  প্রস্তুত করা হয়। এই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাথে  $1/6$  অংশ  $CaF_2$  বিগালক মেশানো হয়। মিশ্রণটি একটি গ্রাফাইট নির্মিত পাত্রে নেওয়া হয় এবং তড়িৎপ্রবাহের সাহায্যে 973K তাপমাত্রায় মিশ্রণটি বিগলিত করা হয়। ক্যাথোডরূপে একটি ফাঁপা লৌহদণ্ড ও অ্যানোডরূপে গ্রাফাইট পাত্রের



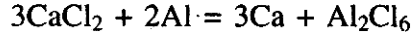
চিত্র 3.3

দণ্ডের উপর সৃষ্ট  $CaCl_2$  আন্তরণ বায়ুর আক্রমণ প্রতিরোধ করে। পরে বায়ুশূন্য অবস্থায় উর্ধ্বপাতিত করে বিশুদ্ধ  $Ca$  পাওয়া যায়।

অন্যান্য পদ্ধতি :

1. ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের মতো কার্বোথার্মাল পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম অক্সাইডকে বিজারিত করে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত করা যায়।

2. বিশুদ্ধ  $\text{CaCl}_2$ -কে Al চূর্ণসহ গরম করে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে তাপ প্রভাবে উদ্বায়িত করে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা যায়।



### 3.3.4 স্ট্রনশিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন :

নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে স্ট্রনশিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়।

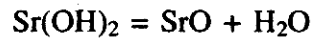
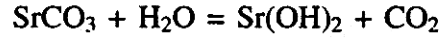
1. স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে।

2. স্ট্রনশিয়াম অক্সাইডকে থার্মিট পদ্ধতিতে বিজারিত করে।

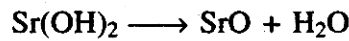
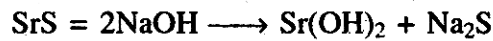
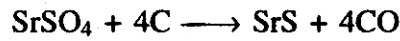
স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি—চূর্ণ স্ট্রনশিয়ামাইট আকরিককে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে  $\text{Cl}_2$  গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। এর ফলে উপস্থিত ফেরাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত হয়। উৎপন্ন দ্রবণে অল্পমাত্রায়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  মিশিয়ে ফোটাতে ফেরিক হাইড্রক্সাইড রূপে আয়রন অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায়। পরিশুদ্ধ দ্রবণ থেকে স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত করে অনার্দ্র করা হয়।

স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ : উৎপন্ন অনার্দ্র স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইড বিগলিক KCl সহ গলিত করে তড়িৎ বিশ্লেষিত হলে স্ট্রনশিয়াম সংগৃহীত হয়।

স্ট্রনশিয়াম অক্সাইড প্রস্তুতি : চূর্ণ স্ট্রনশিয়ামাইট তাপ বিয়োজিত করে SrO-এ পরিণত করা হয় বা অতিতপ্ত স্ট্রনশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  প্রস্তুত করা হয়।  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ -কে 1073K তাপমাত্রায় গরম করে SrO পরিণত করা হয়।

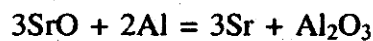


সেলেনস্টাইন আকরিক ব্যবহার করা হলে প্রথমে কার্বন সহ উত্তাপে বিজারিত করে SrS-এ পরিণত করা হয় এবং SrS-কে ঘন NaOH দ্রবণ সহ ফুটিয়ে  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  প্রস্তুত করা হয়।  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ -কে তাপ বিয়োজিত করে SrO পাওয়া যায়।



স্ট্রনশিয়াম অক্সাইডের থার্মিট পদ্ধতিতে বিজারণ :

SrO-কে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের সঙ্গে মিশিয়ে উচ্চ তাপমাত্রায় SrO বিজারিত হয়ে Sr-এ পরিণত হয় এবং থার্মিট পদ্ধতির তাপমাত্রায়  $> 1223\text{K}$ -কে উদ্বায়িত হয়। শীতল পাত্রে ঘনীভূত করে কঠিনাকারে Sr সংগ্রহ করা হয়।



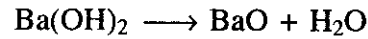
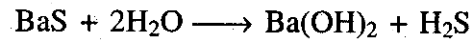
### 3.3.5 বেরিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন :

বেরিয়াম ধাতু নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়।

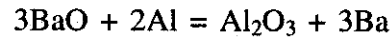
1. বেরিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা।
2. বেরিয়াম অক্সাইডের থার্মিট পদ্ধতিতে বিজারণ দ্বারা।

**তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** উইদেরাইট খনিজকে HCl-কে দ্রবীভূত করে BaCl<sub>2</sub> কেলাস তৈরি হয়। বেরিয়াম ক্লোরাইডের উষ্ণ ঘন দ্রবণকে বা গলিত বেরিয়াম ক্লোরাইডকে মার্কারী ক্যাথোড যুক্ত তড়িৎকোষে বিশ্লেষিত করা হয়। ক্যাথোডে বেরিয়াম মুক্ত হয়ে পারদসংকর গঠন করে এবং পরে এই পারদসংকরকে বায়ুশূন্য অবস্থায় 1473K তাপমাত্রায় গরম করে মার্কারী উদ্বায়িত করা হয়। ফলে প্রায় বিশুদ্ধ বেরিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

**থার্মিট পদ্ধতি :** হেভীস্পার আকরিক (BaSO)<sub>4</sub>-কে কোকচূর্ণসহ গরম করে বেরিয়াম সালফাইড রূপে বিজারিত করা হয়। BaS-কে অতিতপ্ত স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে Ba(OH)<sub>2</sub> পাওয়া যায় এবং উহাকে উচ্চতাপ বিয়োজিত করে BaO প্রস্তুত করা হয়।

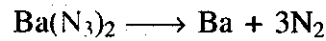


বেরিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণের সঙ্গে অল্প বেরিয়াম পারক্সাইড মিশিয়ে লৌহনলে 1473K তাপমাত্রায় গরম করা হয়। বেরিয়াম অক্সাইড বিজারিত হতে ধাতুতে পরিণত হয় এবং এই উচ্চ তাপমাত্রায় সেটি বাষ্পায়িত হয়ে যায়। বেরিয়াম বাষ্পকে ঠাণ্ডা লৌহপাত্রে ঘনীভূত করা হয়।



BaO-কে সিলিকন বা ক্যালসিয়াম ধাতুসহ 2173—2273K তাপমাত্রায় গরম করে বিজারণ করা যায়।

**বিশুদ্ধ বেরিয়াম প্রস্তুতি :** বেরিয়াম অ্যাজাইডকে তাপ-বিয়োজিত করে বিশুদ্ধ বেরিয়াম অল্প পরিমাণে প্রস্তুত করা যায়।



### ব্যবহার

খুব শক্ত ধাতুসংকর প্রস্তুতিতে বেরিলিয়ামের ব্যবহার হয়। এই জাতীয় ধাতুসংকর বিভিন্ন যন্ত্রাংশ কামান বা বন্দুকের গোলা প্রভৃতি তৈরির কাজে লাগে। বেরিলিয়ামের ধাতুসংকর অচুম্বকধর্মী এবং ঘর্ষণের ফলে ইহা থেকে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হয় না 1% Be ও 30% Ni সমন্বিত ইস্পাত মরিচারোধী এক্সরশ্মি যন্ত্রে, নিয়নবাতির তড়িৎদ্বার রূপে এবং পারমাণবিক চুল্লীতে দ্রুতগতিসম্পন্ন নিউট্রনের গতিবেগ মন্দীভূত করতে বেরিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

সাস্কেতিক আলোক উৎপাদনে, ফটোগ্রাফীর ফ্লাশলাইটে, বাজী প্রস্তুতিতে ও ধাতুসংকর গঠনে ম্যাগনেসিয়াম ব্যবহৃত হয়। বোরন ও সিলিকন প্রস্তুতিতে ও ধাতু নিষ্কাশনের সময় ধাতু থেকে অক্সিজেন দূর করতে ম্যাগনেসিয়ামের ব্যবহার প্রচলিত। ম্যাগনেসিয়ামের ধাতুসংকর বিজারক রূপে ব্যবহৃত হয়। বিশুদ্ধ ধাতু থেকে

প্রিগনার্ড বিজারক প্রস্তুত হয়। ম্যাগনেসিয়ামের প্রয়োজনীয় ধাতুসংকরের নাম এবং উহাদের উপাদান নিচে উল্লিখিত হল

ম্যাগনেসিয়াম	Al 98% Mg 2%
ডুরালুমিন	Al 95% Cu 4% Mg 0.5%
ইলেকট্রন	Mg 95% Zn 4.5% Cu 0.5%

এই সমস্ত ধাতুসংকর এরোপ্লেনের ও মোটরগাড়ির কাঠামো ও হাল্কা যন্ত্রাংশ তৈরিতে কাজে লাগে।

অনার্দ্র অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে, নাইট্রোজেন থেকে আর্গন গ্যাস পৃথকীকরণে, ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড প্রস্তুতিতে ও ধাতু ঢালাই কালে গলিত ধাতু থেকে নাইট্রোজেন বা অক্সিজেন অপসারিত করতে ক্যালসিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়। রঙ্গিন আতসবাজি প্রস্তুতিতে ও কোন কোন আলোক-তড়িৎকোষে স্ট্রনশিয়াম লবণ বা ধাতুটি ব্যবহৃত হয়।

প্রয়োজনীয় ধাতুসংকর প্রস্তুতিতে এবং ভাল্ভ ও ভ্যাকুয়াম টিউব গ্যাসশূন্য করতে বেরিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়।

### অনুশীলনী—3

- (i) চুন, (ii) চূনের জল, (iii) চূনাপাথর, (iv) প্লাস্টার অফ প্যারিস, (v) সোডা লাইমে যে যে রাসায়নিক যৌগ থাকে তাদের আণবিক সংকেত লিখুন। (vi) সোডা লাইমের দুটি ব্যবহার লিখুন।
- শুদ্ধ ও সিক্ত পদ্ধতিতে চূনাপাথরে যে ধাতব মৌলটি আছে সেটি কী করে সনাক্ত করবেন?
- শূন্যস্থান পূর্ণ করুন :
  - ..... আকরিক থেকে Sr এবং ..... আকরিক থেকে Ba ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।
  - বেরিয়াম ....., যৌগ তাপবিরোধিত করে বিশুদ্ধ বেরিয়াম এবং নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।
  - বেরিয়াম সালফেট এবং জিঙ্ক সালফাইডের মিশ্রণকে ..... বলে।

## 3.5 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলসমূহের বিভিন্ন ভৌতধর্ম নিচের সারণীতে উল্লেখ করা হল

মৌলের নাম	চিহ্ন	ইলেকট্রন সজ্জা	সাধারণ জারণ স্তর	আয়নায়ন শক্তি (KJ mol <sup>-1</sup> )			ব্যাসার্ধ (ppm)		ঘনত্ব (গ্রাম/সেমি <sup>-3</sup> )	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা	গলনাঙ্ক (K)
				প্রথম	দ্বিতীয়	তৃতীয়	পারমানবিক	আয়নিক			
বেরিলিয়াম	Be	[He]2S <sup>2</sup>	+2	906	1760	14860	89	30	1.85	1.5	1550
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	[Ne]3S <sup>2</sup>	+2	744	1460	7740	136	65	1.75	1.2	924
ক্যালসিয়াম	Ca	[Ar]4S <sup>2</sup>	+2	596	1150	4920	175	98	1.52	1.0	1112
স্ট্রনশিয়াম	Sr	[Kr]5S <sup>2</sup>	+2	556	1070	4210	190	112	2.60	1.0	1040
বেরিয়াম	Ba	[Xe]6S <sup>2</sup>	+2	509	975	3430	198	135	3.50	0.9	998

দ্বিতীয় শ্রেণীবিশিষ্ট ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলগুলি ধাতবধর্মী। ধাতব উজ্জ্বলতা এবং উচ্চ তড়িৎ ও তাপ সংবহন ক্ষমতা ধাতবধর্মের পরিচায়ক।

1. **ধাতব বন্ধন** : মৌলগুলির যোজ্যতাকক্ষে ২টি করে ইলেকট্রন থাকায় ধাতব বন্ধন গ্রুপ I মৌল অপেক্ষা সুদৃঢ়। ফলে গ্রুপ II-র মৌলসমূহ কঠিন, ঘনতর এবং ক্ষারধাতু অপেক্ষা উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক বিশিষ্ট। পূর্ণ যোজ্যতা কক্ষের s শক্তির স্তর ফাঁকা p শক্তিস্তরের সঙ্গে অভিলেপিত হয় এবং যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন পূর্ণ s কক্ষক থেকে ফাঁকা p শক্তিস্তরে অনায়াসে উন্নীত হতে পারে। এই কারণেই এই মৌলগুলি তাপ ও তড়িৎের সুপরিবাহী।

2. **কাঠিন্য** : ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল বেশ কঠিন হলেও এবং এদের কাঠিন্য ক্ষারধাতু অপেক্ষা বেশি হলেও ছুরি দ্বারা ছেদন করা সম্ভব।

3. **পারমাণবিক আয়তন** : পারমাণবিক আয়তনের মান Be থেকে Ra-এ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় কারণ পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ক্রমশ বাড়তে থাকে।

4. **ঘনত্ব** : বেরিলিয়াম থেকে ক্যালসিয়াম পর্যন্ত ঘনত্ব সামান্য হ্রাস পেলেও পরবর্তী ধাতুদুটির ক্ষেত্রে (Sr ও Ba) ঘনত্ব যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়।

5. **স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্কের কোন নির্দিষ্ট পরিবর্তন** ধারা লক্ষ্য করা যায় না, তবে এর মান ক্ষারধাতু অপেক্ষা বেশি।

6. **পারমাণবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ** : গ্রুপ I মৌল অপেক্ষা গ্রুপ II মৌলসমূহের আকার ছোট কারণ বর্ধিত নিউক্লিয় আধান যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন সুদৃঢ়ভাবে আকর্ষণ করে। এই কারণেই মৌলগুলি অধিকতর কঠিন, অধিক ঘনত্ব বিশিষ্ট এবং উচ্চতর গলনাঙ্কসম্পন্ন হয়। দ্বিযোজী পরাধানযুক্ত আয়নের ক্ষেত্রে ইলেকট্রন বিন্যাস নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ  $s^2$  বা  $s^2p^6$ । এবং এতে কোন অযুগ্ম সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে না। ফলে ক্ষারধাতু মৌলের আয়নের মতোই এগুলি তিরশ চুম্বকীয় এবং বর্ণহীন। জারণস্তর +2-তে সীমিত কারণ যোজ্যতা কক্ষে আর কোন ইলেকট্রন থাকে না।

পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ Be থেকে Ra বৃদ্ধি পায় কারণ ক্রমশ শক্তিস্তরের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

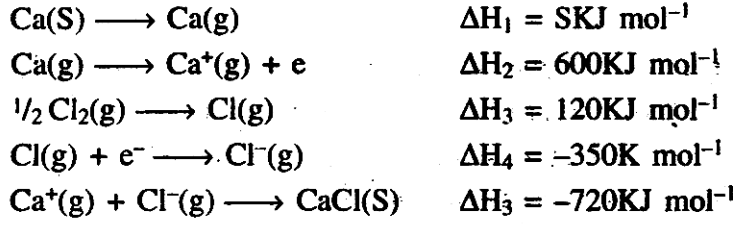
7. **অ্যাটমীভবন তাপ** : Be থেকে Mg-এ অ্যাটমীভবন তাপ কমে কিন্তু পরবর্তী ক্ষেত্রে পরিবর্তন খুবই কম। এর থেকে বোঝা যায় যে, ধাতু-ধাতু বন্ধনশক্তির মান Be-এর ক্ষেত্রে সর্বাধিক।

8. **আয়নায়ন শক্তি** : প্রথম এবং দ্বিতীয় উভয় আয়নায়ন শক্তির মান Be থেকে Ba পর্যন্ত হ্রাস পায়। এই পরিবর্তন মৌলগুলির আকার পরিবর্তনের উপর নির্ভরশীল। Ra-এর ক্ষেত্রে আয়নায়ন শক্তির মান Ba অপেক্ষা সামান্য বেশি যদিও এর কোন সঠিক কারণ নির্ণয় করা যায় না।

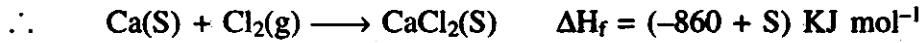
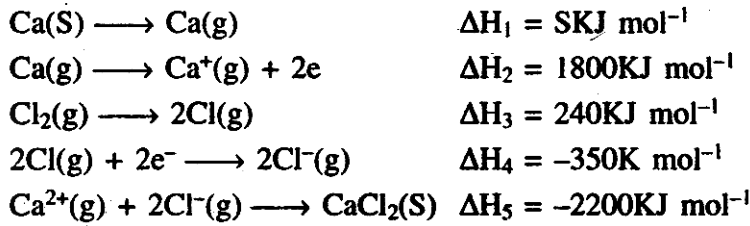
স্বাভাবিক নিয়মে দ্বিতীয় আয়নায়ন শক্তির মান প্রথম অপেক্ষা বেশি। এর ফলে ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলের +1 আয়ন গঠনের প্রবণতা +2 আয়ন গঠনের প্রবণতা অপেক্ষা বেশি হওয়া উচিত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে যৌগ গঠন কেবলমাত্র আয়ন শক্তির উপর নির্ভর করে না। যৌগ গঠনকালে অংশগ্রহণকারী অন্যান্য শক্তিমাত্রাগুলি বিবেচনা করলে বোঝা যায় কেন CaCl অপেক্ষা CaCl<sub>2</sub> গঠিত হয়।

ব্যাসার্ধ অনুপাত সূত্র থেকে জানা যায় যে, যদি CaCl আদৌ গঠিত হয় তবে তার গঠন NaCl-এর অনুরূপ হবে। CaCl<sub>2</sub>-র গঠন ক্লোরাইট গঠন। এই ধরনের বিভিন্ন গঠন-প্রকৃতি থেকে CaCl এবং CaCl<sub>2</sub> উভয় গঠনের জালকশক্তি বর্ণ সমীকরণ থেকে নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রথমে মৌলগুলির প্রমাণ অবস্থায় CaCl(S)-এর গঠন তাপ নির্ণয় করা যাক।



এবার CaCl<sub>2</sub>(S)-এর গঠন তাপ নির্ণয় করা যাক।



এবার নিম্নলিখিত পরিবর্তনকে ধরা যাক—



এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে—

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ পরিবর্তন} &= \Delta H_f (\text{উৎপন্ন পদার্থ}) - \Delta H_f (\text{বিকারক}) \\ &= [(-860 + S) + 0] - [2(-350 + S)] \\ &= -(160 + S) \text{ KJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

পরিবর্তন তাপ ঋণাত্মক হওয়ায় বোঝা যায় যে, CaCl(S) থেকে CaCl<sub>2</sub>(S) স্বতঃস্ফূর্ত। অর্থাৎ CaCl<sub>2</sub> কঠিন অবস্থায় CaCl অপেক্ষা অধিক স্থায়ী যদিও Ca<sup>+</sup> আয়ন তৈরি Ca<sup>2+</sup> অপেক্ষা সহজে হয়। CaCl<sub>2</sub>-র উচ্চ জ্বালক শক্তি বিক্রিয়াটিতে CaCl<sub>2</sub> গঠন ঘরাণ্ণিত করে।

আবার Ca<sup>2+</sup> আর্দ্রায়ন তাপ (heat of hydration) Ca<sup>+</sup> অপেক্ষা বেশি এটিও Ca<sup>2+</sup> আয়ন তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় উচ্চ আয়নন শক্তির বিরোধী প্রভাবকে প্রশমিত করে। সুতরাং জলীয় দ্রবণে Ca<sup>2+</sup>, Ca<sup>+</sup> অপেক্ষা অধিক স্থায়ী হয়।



ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর যৌগগুলি ক্ষারখাত্ত যৌগ অপেক্ষা অধিক আর্দ্র অর্থাৎ জলঅণু যুক্ত হয়। যেমন ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O এবং CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O রূপে কেলাসিত হয় কিন্তু সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাশিয়াম ক্লোরাইড অনার্দ্র NaCl বা KCl রূপে কেলাসিত হয়।

9. **আয়তনের আর্দ্রায়ন :** আর্দ্রায়নের প্রবণতা পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমশ কমে যায়।

10. **পরাতড়িৎধর্মিতা :** ক্ষারধাতু অপেক্ষা এই সকল মৌলের আয়নন শক্তি বেশি হওয়ায় দ্বিযোজী আয়ন তৈরি কষ্টসাধ্য। সুতরাং মৌলগুলি ক্ষারধাতুর মতো তীব্র পরাধর্মী নয়। তাই ক্ষারধাতু মৌলের মতো এগুলি আলোক দ্বারা উজ্জীবিত হয়ে ইলেকট্রন নিঃসরণ করে না। আয়নন শক্তির মান উপর থেকে নিচে ক্রমশ কমে তাই পরাধর্মিতাও বাড়তে থাকে, ফলে ঐ সকল মৌলের হাইড্রক্সাইডের ক্ষারীয়তার মাত্রা Be থেকে Ba বৃদ্ধি পায়।

11. **বিজারণ ধর্ম :** সকল ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলের দ্বিযোজী আয়ন তৈরির প্রবণতা থাকায় এগুলি তীব্র বিজারক রূপে ক্রিয়া করে। জারণ-বিভবের মাত্রা উপর থেকে নিচে ক্রমশ বৃদ্ধি পায় ফলে বিজারণ ধর্ম বাড়ে।

মৌল	জারণ বিক্রিয়া	প্রমাণ জারণ-বিভব Volt
Be	$\text{Be} \longrightarrow \text{Be}^{2+} + 2e$	1.85
Mg	$\text{Mg} \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$	2.37
Ca	$\text{Ca} \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2e$	2.87
Sr	$\text{Sr} \longrightarrow \text{Sr}^{2+} + 2e$	2.89
Ba	$\text{Ba} \longrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2e$	2.90

মনে রাখা প্রয়োজন যে, ক্ষারধাতুর বিজারণ ক্ষমতা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা অপেক্ষা বেশি।

12. **তড়িৎ-ঋণাত্মকতা :** উপরের আলোচনা থেকে বোঝা যায় যে, ঐ সকল মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কম এবং যা উপর থেকে নিচে ক্রমশ হ্রাস পায়।  $\text{Ca}^{2+}$ -এর ক্ষেত্রে এর মান অস্বাভাবিক।

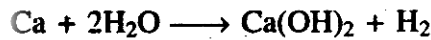
13. **শিখার বর্ণ :**

Ca : ক্ষণস্থায়ী ইটের ন্যায় লাল                      Sr : স্থায়ী গাঢ় লাল  
Ba : আপেল সবুজ    Ra : লাল

Be এবং Mg-এর আকার ছোট হওয়ায় ইলেকট্রন দৃঢ়বদ্ধ। শিখার শক্তি দ্বারা এদের ইলেকট্রনকে উজ্জীবিত করা যায় না। ফলে এরা বর্ণহীন শিখা উৎপন্ন করে।

### 3.5.1 রাসায়নিক ধর্ম :

1. **জল ও বায়ুর বিক্রিয়া :** ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের পরাধর্মিতা ক্ষারধাতু অপেক্ষা কম হওয়ায় সক্রিয়তা কম। তাই বায়ুতে ধাতুসমূহের জারণ অত্যন্ত ধীরে ঘটে। অক্সিজেনে দহনে আয়নীয় অক্সাইড গঠিত হয়। জলের সঙ্গে ধীর বিক্রিয়ায়  $\text{H}_2$  ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

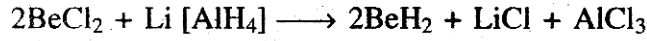


Be-এর সঙ্গে জলের কোন বিক্রিয়া হয় কিনা জানা নেই। ম্যাগনেসিয়াম কেবল উত্তপ্ত জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। অন্যান্য মৌল ঠাণ্ডা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করলেও বিক্রিয়ার গতি ক্ষারধাতু অপেক্ষা বেশ কম।



2.  $H_2$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া : Be ব্যতীত অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রাইড গঠন করে।

বেরিলিয়াম হাইড্রাইড উপরোক্ত পদ্ধতিতে Be ও  $H_2$ -এর সরাসরি বিক্রিয়ায় তৈরি করা যায় না। বেরিলিয়াম ক্লোরাইডকে  $LiAlH_4$  সহযোগে বিজারিত করলে সমযোজী বেরিলিয়াম হাইড্রাইড গঠিত হয়।



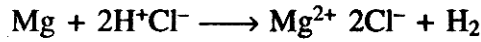
ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রাইড সমযোজী হলেও Ca, Br, Ba হাইড্রাইডসমূহ মূলত আয়নীয় যৌগ।

$Be^{2+}$  আয়নের ক্ষুদ্র আকার এবং উচ্চ আধান তাকে উচ্চ ধ্রুয়ন শক্তিবিশিষ্ট করে তোলে ফলে  $H^-$  আয়নের ইলেকট্রন আধান স্তরকে ধ্রুয়িত করে  $H^-$  এবং  $Be^{2+}$  আয়নের শক্তিস্তরকে অভিলেপিত করে।  $BeH_2$ -এর সমযোজী ধর্মের কারণ এই অভিলেপন। একই কথা  $MgH_2$ -এর ক্ষেত্রেও কিঞ্চিৎ প্রযোজ্য। Ca, Sr, Ba-এর ধ্রুয়ন শক্তি কম হওয়ায় এদের হাইড্রাইড মূলত আয়নীয়।

3. হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : সমস্ত ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল উচ্চ তাপমাত্রায় হ্যালোজেনসমূহের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হ্যালাইড  $MX_2$  গঠন করে। বেরিলিয়াম হ্যালাইড সমযোজী এবং অন্যান্য হ্যালাইড আয়নীয় এবং জলে দ্রব্য। হ্যালাইডের দ্রব্যতা উপর থেকে নিচে হ্রাস পায়।

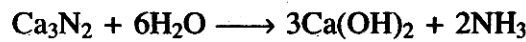
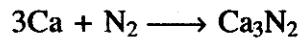
4. অ্যামালগাম ও অ্যালয় প্রস্তুতি : পারদের সঙ্গে পারদ সংকর ও অন্যান্য ধাতুর সঙ্গে ধাতু সংকর গঠন করে।

5. অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়া : উচ্চ জারণ-বিভবসম্পন্ন হওয়ায় এই ধাতুগুলি লঘু অম্লের সঙ্গে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উদাহরণ—



Be-এর জারণ-বিভব সবচেয়ে কম হওয়ায় অম্লের সঙ্গে সবচেয়ে ধীরে বিক্রিয়া করে।

6. নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : নাইট্রোজেন গ্যাসে এই মৌলগুলি বিক্রিয়া করে নাইট্রাইড  $M_3N_2$  গঠন করে। এই নাইট্রাইডগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।



7. ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের কার্বোনেট লবণের স্থায়িত্ব উপর থেকে নিচে বাড়ে। এর প্রভাব কার্বোনেটগুলির বিশ্লেষণী তাপমাত্রায় লক্ষ্য করা যায়।

8. Be ও Mg-এর যড়কোণী নিকটবদ্ধ গঠনাকৃতিও Ca ও Sr-এর মুখকেন্দ্রিক ঘনক গঠনাকৃতি লক্ষ্য করা যায়।

### 3.6 বেরিলিয়াম ধাতুর সঙ্গে দ্বিতীয় শ্রেণীর অন্যান্য ধাতব মৌলের তুলনা

Be দ্বিতীয় শ্রেণীর প্রথম মৌল হওয়ায় অন্যান্য মৌলের থেকে বেশ পৃথক। এর কারণ সম্ভবত এটির ক্ষুদ্র আকার এবং উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা।

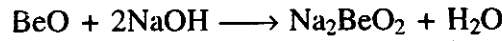
মূল পার্থক্যগুলি নিচে আলোচনা করা হল—

1. আয়নন শক্তি : আয়নীয় যৌগ গঠনের প্রবণতা Be এর আয়নন শক্তি সর্বাধিক (899 KJ mol<sup>-1</sup>) সূত্রাং Be<sup>2+</sup> গঠনের প্রবণতা সবচেয়ে কম, ফলে এটি আয়নীয় যৌগ গঠন করে না।

2. সমযোজী যৌগ গঠনের প্রবণতা : Be-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ঐ শ্রেণীর মৌলসমূহের মধ্যে সর্বাধিক (1.5)। ফলে অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন বা সালফার গঠিত যৌগগুলি Mg, Ca, Sr বা Ba-র যৌগগুলি অপেক্ষা অধিক সমযোজী।

3. জলের সঙ্গে বিক্রিয়া : Be অতি উচ্চ তাপমাত্রাতেও জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় BeO গঠন ও H<sub>2</sub> উৎপন্ন হওয়া সন্দেহজনক।

4. জারণ-বিভব : Be-এর জারণ-বিভব সবচেয়ে কম হওয়ায় এর পরাধর্মিতা সবচেয়ে কম। ফলত BeO এবং Be(OH)<sub>2</sub>-এর ক্ষারীয়তা প্রায় নেই। অপরপক্ষে এরা উভধর্মী, অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে লবণ ও ক্ষারে দ্রবীভূত হয়ে বেরিলেট উৎপন্ন করে।



অন্যান্য দ্বিতীয় শ্রেণী মৌলের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড যৌগগুলি ক্ষারীয় এবং এই ক্ষারীয়তা উপর থেকে নিচে বৃদ্ধি পায়। ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড মৃদু ক্ষার কিন্তু Ca, Sr, Ra হাইড্রক্সাইড নিশ্চিতরূপে ক্ষারীয়।

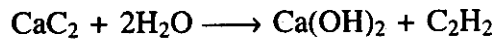
5. অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়া : খুব কম জারণ-বিভব হওয়ায় Be অন্যান্য মৌলের মত অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না।

6. হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : অন্যান্য মৌলের ন্যায় Be হাইড্রোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় হাইড্রাইড গঠন করে না। BeH<sub>2</sub> এবং MgH<sub>2</sub> সমযোজী হলেও অন্যান্য মৌলের হাইড্রাইডগুলি আয়নীয়।

7. হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : সমস্ত দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌল সরাসরি হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালাইড গঠন করে। Be-হ্যালাইড সমযোজী হলেও অন্যান্য হ্যালাইডগুলি আয়নীয়।

8. নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া : সকল দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌল নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় M<sub>3</sub>N<sub>2</sub> নাইট্রাইড গঠন করে, কেবলমাত্র বেরিলিয়াম নাইট্রাইড উদ্বায়ী।

9. কার্বাইড গঠন : Mg থেকে Ba পর্যন্ত সমস্ত মৌল আয়নীয় কার্বাইড MC<sub>2</sub> গঠন করে যখন মৌল বা তাদের অক্সাইডকে কার্বনসহ উত্তপ্ত করা হয়। অপরপক্ষে Be থেকে প্রাপ্ত কার্বাইডের সংকেত Be<sub>2</sub>C। এই Be<sub>2</sub>C-কে জল সঙ্গে বিক্রিয়া করলে মিথেন উৎপন্ন হয় কিন্তু অন্যান্য কার্বাইডগুলি থেকে অ্যাসিটিলিন মুক্ত হয়।



10. জটিল লবণ গঠন : ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতব আয়নগুলি বেশি সংখ্যক জটিল লবণ গঠন করে না। কিন্তু বেরিলিয়াম আয়নের ক্ষুদ্র আকার হেতু বেশ স্থায়ী জটিল লবণ তৈরি হয় [BeF<sub>3</sub><sup>-</sup>] বা [BeF<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> জটিল লবণ গঠনের প্রবণতা উপর থেকে নিচে হ্রাস পায়।

### অনুশীলনী—4

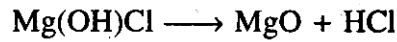
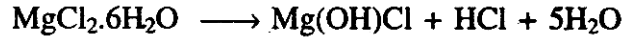
(a) নিচের প্রশ্নগুলির উত্তর দিন :

- (i)  $\text{BeCl}_2$  এবং  $\text{BaCl}_2$  যৌগ দুটির মধ্যে কোন যৌগে ধাতু ও ক্লোরিনের বন্ধন অধিক আয়নীয় এবং কেন?
- (ii) “ $\text{BeCl}_2$  একটি লুইস অম্ল”—কারণ উল্লেখ করে একটি উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দিন।
- (iii)  $\text{Be}_2\text{C}$  এবং  $\text{CaC}_2$ -এর সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় জলের বিক্রিয়া লিখুন।

## 3.7 ম্যাগনেসিয়ামের আচরণ

ম্যাগনেসিয়ামের ধর্মাবলী Be ও Ca, Sr, Ba-এর মধ্যবর্তী। Ca, Sr, Ba অপেক্ষা পৃথক বৈশিষ্ট্যগুলি নিচে উল্লেখ করা হল।

1. Ca, Sr, Ba অপেক্ষা Mg কম পরাধর্মী।
2. বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় Mg-র বিক্রিয়া ঘটে না কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় বায়ুর সঙ্গে উজ্জ্বল আলোক বিকিরণ করে অক্সাইড গঠন করে।
3. Mg কেবলমাত্র বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু Ca, Sr, Ba ঠাণ্ডা জলের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে।
4. Mg সহজে  $\text{H}_2$ -র সঙ্গে সহজে বিক্রিয়া করে না উচ্চ তাপে ও চাপে,  $\text{MgI}_2$ -র উপস্থিতিতে Mg হাইড্রাইড গঠন করে। Ca, Sr, Ba কিন্তু সামান্য উষ্ণতায় হাইড্রাইড গঠন করে।
5. Mg-র অক্সাইড পার-অক্সাইডে পরিবর্তিত হয় না। Ca, Sr, Ba সহজেই পার-অক্সাইডে জারিত হয়।
6. কেবলমাত্র আর্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  উত্তাপনে অক্সাইড অবশেষ পাওয়া যায় অন্যান্য আর্দ্র ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে এরূপ পরিবর্তন লক্ষিত হয় না।



7. অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াম কার্বোনেট যোগ করলে ম্যাগনেসিয়াম কার্বোনেটে অধঃক্ষিপ্ত হয় না। এই অবস্থায় Ca, Ba, Sr-র কার্বোনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।
8. ম্যাগনেসিয়াম সালফেট সহজে জলে দ্রবীভূত হয় যেখানে  $\text{CaSO}_4$  সামান্য দ্রব্য এবং  $\text{BaSO}_4$  প্রায় অদ্রব্য। ম্যাগনেসিয়াম সালফেট  $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  জিঙ্ক সালফেট  $\text{ZnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  লবণের সমাকৃতি সম্পন্ন। অন্যান্যদের এ ধরনের সমাকৃতি লক্ষ্য করা যায় না।

## 3.8 বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে কর্ণসম্পর্ক

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, Be-এর কোন কিছু ধর্মাবলী অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু অপেক্ষা পৃথক। Be কিন্তু Al-র সাথে সাদৃশ্য দেখায়। এই ধরনের সম্পর্ককে পর্যায়সারণীর কর্ণসম্পর্ক বলে। Be-র ধ্রুবায়ন শক্তি Al-এর সঙ্গে তুলনীয় হওয়ায় দুটি মৌলের ধর্মাবলী সদৃশ হয়।

1. Be পরমাণু ছোট হওয়ায় আধান ঘনত্ব বেশি, ফলে সমযোজী যৌগ গঠনের প্রবণতা অত্যন্ত তীব্র Al ও সমযোজী যৌগ গঠন করে।

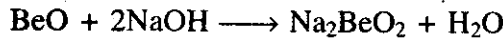
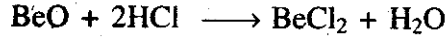
2. দুই মৌলের প্রমাণ জারণ-বিভবের মান তুলনীয়।

3. Al-এর ন্যায় Be গাঢ় HNO<sub>3</sub> দ্বারা নিষ্ক্রিয় হয়।

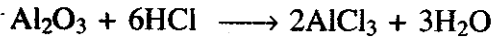
4. Al-এর ন্যায় Be বহু জটিল লবণ উৎপন্ন করে।

5. Al এর ন্যায় Be-র অক্সাইড উভধর্মী।

অম্ল এবং ক্ষার উভয়েই অক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

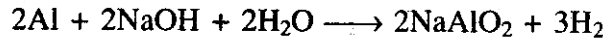
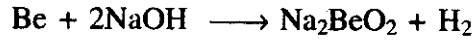


সোডিয়াম বেরিলেট

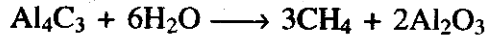
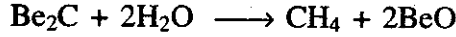


সোডিয়াম মেটা অ্যালুমিনেট

6. Be এবং Al উভয়েই NaOH-র সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



7. বেরিলিয়াম কার্বাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড উভয়েই জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথেন উৎপন্ন করে।



8. দ্রাব্যতা সাপেক্ষে বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম হ্যালাইডগুলি তুলনীয়।

### 3.9 হাইড্রক্সাইড ও সালফেট লবণের দ্রাব্যতা গুণফলের তুলনা

এই শ্রেণীর ধাতব হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা গুণফল উপর থেকে নিচে বৃদ্ধি পায়, কিন্তু সালফেট লবণের দ্রাব্যতা গুণফল উপর থেকে নিচে ক্রমশ হ্রাস পায়।

যেকোন আয়নীয় কঠিনের জলে দ্রাব্যতা দুটি শক্তির উপর নির্ভর করে। একটি হল জালক শক্তি অপরটি হল আদ্রায়ন শক্তি। এই দুই শক্তির প্রভাব কিন্তু বিপরীতমুখী। যদি জালক শক্তি বাড়ে তবে আয়নগুলি তীব্রভাবে নিকটবদ্ধ হয় এবং দ্রাব্যতা কমে আবার আদ্রায়ন শক্তি যদি বাড়ে তবে আয়নগুলি জল দ্বারা আবৃত হবার প্রবণতা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ দ্রাব্যতা বাড়ে। ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর সালফেট লবণগুলির জালক শক্তি প্রায় সমান। সালফেট আয়নের আকার এত বড় (ব্যাসার্ধ  $\approx 300$  pm) যে Be<sup>2+</sup> থেকে Ba<sup>2+</sup>-র সামান্য আকার পরিবর্তনজনিত কোন প্রভাব জালক শক্তিতে লক্ষ্য করা যায় না। কিন্তু আদ্রায়ন শক্তির মান Be<sup>2+</sup> থেকে Ba<sup>2+</sup> পর্যন্ত ক্রমশ কমে। এই কারণেই সালফেট লবণের দ্রাব্যতা আয়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমতে থাকে।

হাইড্রক্সাইডগুলির ক্ষেত্রে, হাইড্রক্সাইড আয়নের আকার খুব বড় না হওয়ায় ধাতব আয়নের আকার পরিবর্তন দ্রাব্যতার উপর প্রভাব ফেলে। ধাতব আয়নের আকার Be থেকে Ba পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়, জালক শক্তি হ্রাস পায়। এই কারণে দ্রাব্যতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায় এবং আদ্রায়ন শক্তি সমন্বিত বিপরীতমুখী প্রভাবকে প্রশমিত করে। ফলে হাইড্রক্সাইডসমূহের দ্রাব্যতা উপর থেকে নিচে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

### অনুশীলনী—5

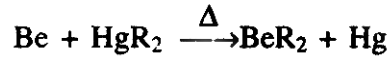
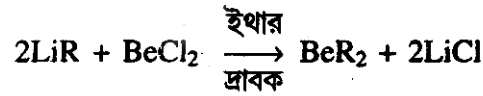
(a) ভুল কি নির্ভুল লিখুন :

- Be<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> এবং Ba<sup>2+</sup> আয়নগুলির প্রত্যেকের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে 8 (আট)টি করে ইলেকট্রন আছে।
- 293K তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলে Ca(OH)<sub>2</sub> এবং Ba(OH)<sub>2</sub>-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 0.15 এবং 3.75।
- ক্ষারীয় মৃত্তিকাসমূহের প্রথম আয়নন শক্তি পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।
- Mg, Ca এবং Ba-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যথাক্রমে— Mg > Ca > Ba।

## 3.10 জৈব ধাতব যৌগ

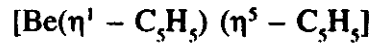
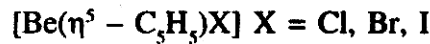
দ্বিতীয় শ্রেণীর সকল মৌলই জৈব ধাতব যৌগ গঠন করে।

বেরিলিয়াম একাধিক জৈব ধাতব যৌগ গঠন করে। ডাইঅ্যালকিল বেরিলিয়াম যৌগ নিম্নলিখিতভাবে প্রস্তুত করা যায়।

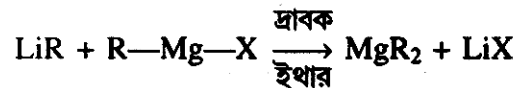


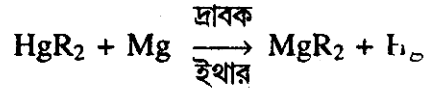
এই সকল ডাইঅ্যালকিল যৌগ বর্ণহীন কঠিন অথবা সান্দ্র তরল। ডাইমিথাইল বেরিলিয়াম বহুগুণিত এবং Be—CH<sub>2</sub>—Be সেতু দ্বারা গঠিত। অ্যালকিল মূলকের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে ডাইঅ্যালকিল বেরিলিয়াম যৌগের বহুগুণিত হবার প্রবণতা হ্রাস পায়, ফলে ডাই-টারসিয়ারী বিউটাইল বেরিলিয়াম একক আকার বিশিষ্ট হয়।

বেরিলিয়াম সাইক্লোপেন্টাডাইনের সাথে জটিল যৌগ গঠন করে। সাইক্লোপেন্টাডাইনাইল মূলক ধাতুর সঙ্গে সিগমা অথবা পাই বন্ধনে যুক্ত থাকে। যথাক্রমে উদাহরণ—

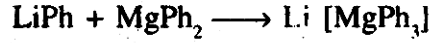


ডাইঅ্যালকিন এবং ডাইঅ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম যৌগ নিম্নলিখিতভাবে প্রস্তুত করা যায়।

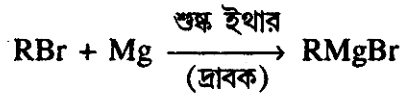




ডাইমিথাইল ম্যাগনেসিয়াম বহুগণক। এর গঠনে  $\text{Mg}-\text{CH}_3-\text{Mg}$  সেতু বর্তমান। ডাইফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ইথারে দ্রবীভূত হয়ে  $\text{Ph}_2\text{Mg}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$  গঠন করে। ডাইফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ফিনাইল লিথিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{Li}(\text{MgPh}_2)$  গঠন করে।

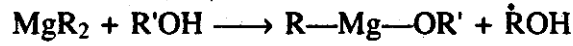


ম্যাগনেসিয়াম আরেক ধরনের জৈব ধাতব যৌগকে গ্রিগনার্ড বিকারক বলে। অ্যালকিল বা অ্যারিল হ্যালাইডের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়ামের শুষ্ক ইথার দ্রাবক মাধ্যমে বিক্রিয়ার ফলে গ্রিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন হয়।



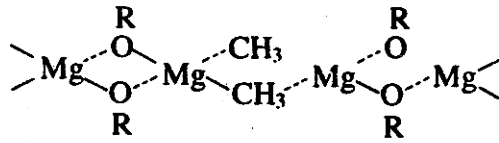
এই ধরনের বিকারক জৈব রসায়নের সংশ্লেষণী বিক্রিয়ার একটি প্রধান বিকারক।

ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত একটি অ্যালকিল ও অপরটি অ্যালকক্সিমূলক বিশিষ্ট জৈবধাতব যৌগ নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় ডাইঅ্যালকিল ম্যাগনেসিয়াম যৌগের সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় সংশ্লেষিত হয়।

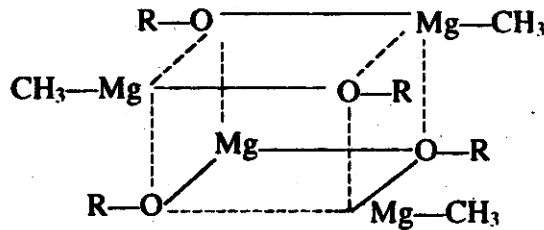


এই যৌগগুলি বহুগুণিত এবং দুটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর মধ্যে অ্যালকিল ও অ্যালকক্সি মূলক দ্বারা সেতুবন্ধনে যুক্ত।

$\text{CH}_3\text{MgOR}$  ( $\text{R} = \text{CH}_3$  বা  $\text{C}_2\text{H}_5$ ) দুটি বহুগুণিত গঠনাকৃতিতে পাওয়া যায়।



চেন বহুগুণিত



ত্রিমাত্রিক গঠনবিশিষ্ট বহুগুণিত

যে গঠনগুলি উপরে আঁকা হল সেগুলি প্রকৃত অণুর সরলীকৃত ছবি।

Be ও Mg-এর জৈবধাতব যৌগ অপেক্ষা Ca, Sr, Ba-এর জৈবধাতব যৌগ সক্রিয়। যেহেতু সহজেই এগুলি বিক্লিষ্ট হয়ে যায় সেহেতু এগুলি রসায়ন বিশেষ জানা যায় না। নিম্ন তাপমাত্রায় ক্যালসিয়ামের সঙ্গে  $HgR_2$ -র বিক্রিয়ায়  $CaR_2$  গঠিত হয়। কিন্তু এটি অস্থায়ী।  $RMgI$ -র প্রস্তুতির অনুরূপ পদ্ধতি দ্বারা  $RCaI$  সংশ্লেষিত করা যায়। Ca, Sr ও Ba-র সাইক্লোপেন্টাডাইনাইল জটিল যৌগের গঠন জটিল এবং  $C_5H_5$ -এর বৃত্তাকার মূলক ধাতুর সঙ্গে সিগমা ও পাইবণ্ড দ্বারা গঠিত।

#### অনুশীলনী—6

(a) কোনটি জৈবধাতব যৌগ এবং কোনটি নয় কারণসহ উল্লেখ করুন :

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| (i) $C_6H_5Li$     | (ii) $CH_3COONa$ |
| (iii) $(CH_3)_2Zn$ | (iv) $CH_3MgI$   |
| (v) $C_6H_5OK$     |                  |

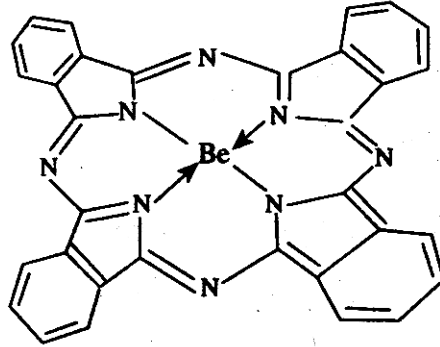
উপরে উল্লিখিত যৌগগুলির মধ্যে  $CH_3MgI$  কীভাবে প্রস্তুত করবেন?

### 3.11 দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌলসমূহের জটিল যৌগের রসায়ন

অতিসংযুক্ত সামতলিক লিগ্যান্ডের সঙ্গে Be-এর জটিল যৌগ গঠন :

$Be-X$  ও  $Be-O$  বন্ধনযুক্ত জটিল যৌগ সাধারণত পাওয়া গেলেও N যুক্ত Be-এর জটিল যৌগ চরাচর গঠিত হয় না। কিন্তু অতিসংযুক্ত সামতলিক লিগ্যান্ডের সঙ্গে Be-এর জটিল যৌগ বেশ স্থায়ী। লিগ্যান্ডের স্থায়ী সামতলিক বৃত্তাকার গঠন Be-কে চতুঃস্ফোপী সামতলিক জ্যামিতিক আকার দান করে  $BeN_4$ ।

ঐ ধরনের একটি লিগ্যান্ডের সঙ্গে Be নিম্নলিখিত গঠনবিশিষ্ট জটিল গঠন সৃষ্টি করে।

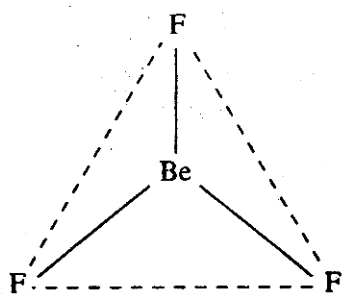


এই জটিল লবণ সহজেই দুটি জল অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়। একটি জল অণু চিলেট বৃত্তের উপরিতল থেকে ও অপরটি নীচের তল থেকে অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয় ফলে জটিল যৌগের  $N \rightarrow Be$  বন্ধন দুটি  $H_2O-Be$  বন্ধন দ্বারা এমনভাবে প্রতিস্থাপিত হয় যে চতুঃস্ফলকীয়  $BeN_2O_2$  গঠন লাভ করে।

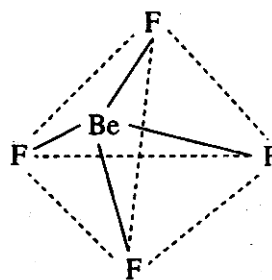
Be-পরমাণুর ভূমিস্তরে কোন অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণ সম্ভবপর নয়। উত্তেজিত অবস্থায় এর দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন সৃষ্টি হয় এবং দুটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হতে পারে। এর দ্বারা  $BeF_2$ -অণুর সৃষ্টি হয়। sp সংকরায়ণের মাধ্যমে সৃষ্ট  $BeF_2$ -অণু সরলরৈখিক।

$\text{BeF}_2$ -অণুতে দুটি ফাঁকা p-কক্ষক থাকায় এবং যেহেতু Be-পরমাণুর আকার খুবই ছোট।  $\text{BeF}_2$  সহজেই অতিরিক্ত  $\text{F}^-$  আয়তনের সঙ্গে অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে  $[\text{BeF}_3]^-$  বা  $[\text{BeF}_4]^{2-}$  জটিল আয়ন গঠন করে।

ভূমিস্তরে Be-পরমাণুর গঠন	$\uparrow\downarrow$ 1s	$\uparrow\downarrow$ 2s	— — — —	কোন অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় সমযোজী বন্ধন গঠিত হয় না।
উত্তেজিত অবস্থায় Be-পরমাণুর গঠন	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$ — — —	দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রনের উপস্থিতি দুটি সমযোজী বন্ধন গঠন করে
$\text{BeF}_2$ -অণুর গঠন	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$		sp-সংকরায়ণের দ্বারা সরলরৈখিক $\text{BeF}_2$ অণু গঠন।
$\text{BeF}_3^-$ জটিল আয়নের গঠন	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$		sp <sup>2</sup> -সংকরায়ণের মাধ্যমে ত্রিকোণী সামতলিক $\text{BeF}_3^-$ আয়ন গঠন
$\text{BeF}_4^{2-}$ জটিল আয়নের গঠন	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$		sp <sup>3</sup> সংকরায়ণের মাধ্যমে চতুঃস্তলকীয় $\text{BeF}_4^{2-}$ আয়ন গঠন

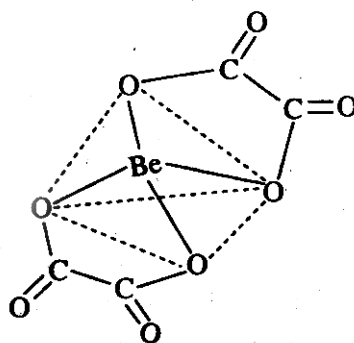


সামতলিক ত্রিকোণী গঠন  
 $\text{BeF}_3^-$  জটিল আয়ন



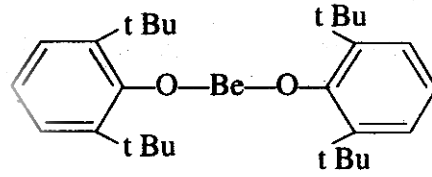
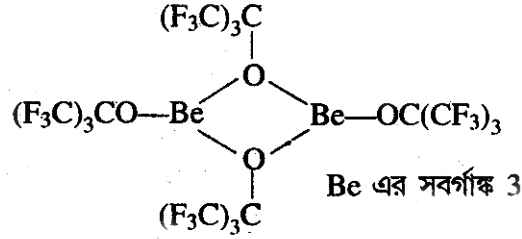
চতুঃস্তলকীয় গঠন  
 $\text{BeF}_4^{2-}$  জটিল আয়ন

Be অক্সালিক অ্যাসিডের সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে Be অক্সালেট আয়ন  $[\text{Be}(\text{Ox})_2]^{2-}$  চতুঃস্তলকীয়।

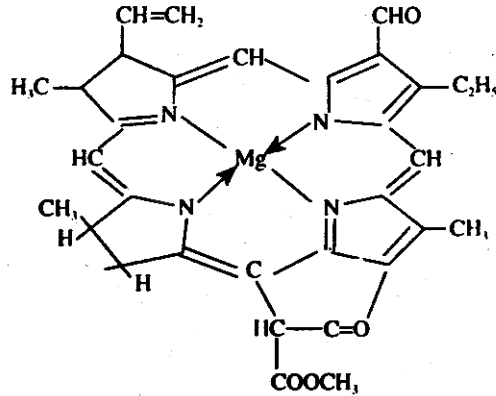




Be-এর সর্বগাঙ্ক সংখ্যা সচরাচর 4 হলেও লিগাণ্ডের আকার বৃহৎ হলে তা 3 বা 2-এ হ্রাস পেতে পারে। নিচে এইরকম দুটি উদাহরণ দেওয়া হল।



ম্যাগনেসিয়াম চতুঃস্তলকীয় হ্যালাইড জটিল যৌগ গঠন করে  $[(C_2H_5)_4N]_2 [MgCl_4]$ । EDTA এবং পাইরোফসফেটের সঙ্গে Mg চিলেট লবণ গঠন করে। তবে Mg-এর সবচেয়ে প্রধান জটিল যৌগ হল ক্লোরোফিল। মূল টেট্রাপাইরোল অণু পরফাইরিন থেকে এই বৃহৎ বৃত্তাকার লিগাণ্ড সংশ্লেষিত হয়। ক্লোরোফিলের গঠনে Mg-পরমাণু চিলেট বৃত্ততলের সামান্য উপরে অবস্থিত Mg-পরমাণু অক্ষবরাবর এক বা দুটি জল-অণু সংযোজিত করতে পারে। এই অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ জল-অণু একাধিক ক্লোরোফিল অণুকে H-বন্ধনের মাধ্যমে আবদ্ধ করতে সাহায্য করে।



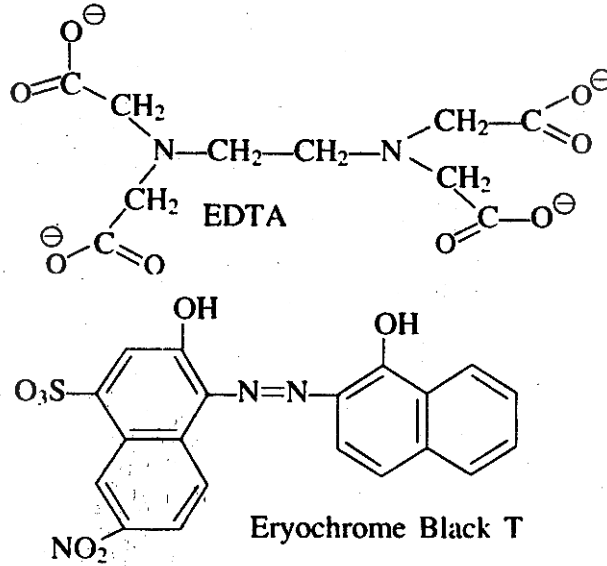
### 3.12 ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম খাতুর জটিল যৌগ গঠনের প্রবণতা এবং জলের খরতা নির্ণয়ে এর প্রয়োগ

জলে  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  দ্রবীভূত থাকলে জল খর হয়। জলের খরতা নির্ণয়ের জন্য EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) ও নির্দেশক এরিওক্রোম ব্ল্যাক টি (Eryochrome Black T) ব্যবহৃত হয়।

মুদু জলীয় দ্রবণে নির্দেশকের বর্ণ নীল হয়।  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  EDTA-র সঙ্গে বিক্রিয়া করে বর্ণহীন জটিল লবণ তৈরি করে। Eryochrome Black T ও  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং জলীয় দ্রবণ বেগুনী বর্ণের হয়।

খরজলের  $\text{pH}$  10-এ রেখে দু'এক ফোঁটা নির্দেশক যোগ করলে জলের বর্ণ বেগুনী হবে। এবার EDTA দ্রবণে যোগ করলে খরজলের  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  আয়ন EDTA-এর সঙ্গে প্রথমে বিক্রিয়া করে জটিল লবণ উৎপন্ন করে। সমস্ত  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  আয়নের বিক্রিয়া শেষ হয়ে গেলে নির্দেশকের সঙ্গে যুক্ত  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  আয়ন EDTA-এর সঙ্গে বিক্রিয়া আরম্ভ করে। যখন নির্দেশকের সঙ্গে যুক্ত সমস্ত  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  আয়ন EDTA-র সঙ্গে বিক্রিয়া শেষ করে তখনই জলীয় দ্রবণের বর্ণ বেগুনী বর্ণ থেকে নীল বর্ণ হয়।

ব্যবহৃত জলের পরিমাণ ও EDTA-র পরিমাণ থেকে জলের খরতা নির্ণয় করা যায়।



এখানে মনে রাখতে হবে—

1.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  ও  $\text{Ba}^{2+}$ -এর জটিল যৌগের মধ্যে  $\text{Ca}(\text{EDTA})^{2-}$  জলে দ্রব্য।
2.  $\text{Mg}(\text{EDTA})^{2-}$  বা  $\text{Ca}(\text{EDTA})^{2-}$  জটিল লবণ Eryochrome Black T/ $\text{Mg}^{2+}$  বা  $\text{Ca}^{2+}$  জটিল লবণের তুলনায় অধিক স্থায়ী।

### 3.13 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল সম্বন্ধে অনেক তথ্য জানতে পেরেছেন। এখানে খুব সংক্ষেপে তার উল্লেখ করা হল।

- ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌল বলতে কী বুঝায় এবং এই মৌলগুলির নাম কী।

- মৌলগুলির প্রাকৃতিক উৎস ও সংকেত।
- বিভিন্ন পদ্ধতিতে আকরিক থেকে মৌলগুলির নিষ্কাশন।
- ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বৈশিষ্ট্য কী; মৌলগুলির পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধ, এবং আয়নন শক্তির তুলনা।
- বেরিলিয়াম ও তার যৌগের ধর্মের সঙ্গে শ্রেণীর অন্যান্য মৌল ও তাদের যৌগের ধর্মের তুলনা।
- কর্ণসম্পর্ক বলতে কী বুঝি; বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম ধাতু দুটি আলাদা শ্রেণীভুক্ত হওয়া সত্ত্বেও এদের মধ্যে ধর্মের মিল দেখতে পাওয়া যায় কেন। যেমন, Be এবং Al উভয় ধাতুই ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। BeO এবং Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> উভধর্মী। অর্থাৎ এই দুটি অক্সাইড যেমন (HCl) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তেমনি আবার ক্ষারের (NaOH) সঙ্গেও বিক্রিয়া করে।
- Be থেকে Ba পর্যন্ত ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইডের জলে দ্রাব্যতা পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে এদের সালফেটের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। যেমন, BaSO<sub>4</sub> শুধু জলে অদ্রাব্যই নয় অল্পরাজেও এটি অদ্রাব্য।
- Be ও Mg ধাতু জৈব ধাতব যৌগ উৎপন্ন করে। ম্যাগনেসিয়ামের জৈব ধাতব যৌগ রাসায়নিক সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। যেমন, গ্রীগনার্ড বিকারক, RMgX.
- Ca, Mg ধাতুর জটিল যৌগ গঠনের প্রবণতা লক্ষ্য করা যায়। EDTA-র সঙ্গে Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> যে দ্রাব্য জটিল যৌগ উৎপন্ন করে সেই নীতিকে কাজে লাগিয়ে জলের খরতা নির্ণয় করা যায়।

### 3.14 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. একটি ধাতব মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন সজ্জায় K, L ও M সেলে (Shell) যথাক্রমে 2, 8 ও 2 সংখ্যক ইলেকট্রন আছে। পরমাণুটির ক্ষেত্রে নিচে উল্লেখিত প্রত্যেকটি প্রশ্নের উত্তর দিন।
 

(a) পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	(b) সাবশেল (Subshell) সংখ্যা
(c) কক্ষকে ইলেকট্রন সংখ্যা	(d) জোড় ইলেকট্রন সংখ্যা
(e) বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা	(f) পরমাণুর যোজ্যতা
(g) ধাতব পরমাণুর নাম	
2. BaSO<sub>4</sub> বা SrSO<sub>4</sub> যৌগ দুটি নিয়ে প্রথাগতভাবে শিখা পরীক্ষা করলে Ba বা Sr ধাতুর জন্য কোন রঙিন শিখা পাওয়া যান না কেন? এই দুটি লবণ থেকে ধাতুর জন্য সফল শিখা পরীক্ষা কীভাবে করা যেতে পারে?
3. বেরিলের আণবিক সংকেত লিখুন। বেরিল থেকে বেরিলিয়াম কীভাবে নিষ্কাশন করা হয় সমীকরণ সহ আলোচনা করুন।

4. ক্যালসিয়াম পরমাণুর দ্বিতীয় আয়নন বিভবের মান প্রথম আয়নন বিভবের মান অপেক্ষা বেশি হওয়া সত্ত্বেও  $\text{CaCl}_2$  গঠিত হয় কিন্তু  $\text{CaCl}$  গঠিত হয় না। কারণ ব্যাখ্যা করুন।

5. Be এবং Al-এর কর্ণসম্পর্ক কারণ সহ আলোচনা করুন। অন্তত চারটি ধর্মের উল্লেখ করুন যেখানে ধাতুদুটির ধর্মের মিল দেখতে পাওয়া যায়।

6. একই শ্রেণীতে অবস্থিত ক্ষারকীয় মুক্তিকা মৌলগুলির হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পায়, কিন্তু ঐ মৌলগুলির সালফেটের দ্রাব্যতা হ্রাস পায় কেন?

7. “Be এবং Mg ধাতুদুটির ক্ষেত্রে জৈব ধাতব যৌগ গঠন করার প্রবণতা লক্ষ্য করা যায়”—উদাহরণ সহ আলোচনা করুন।

8. জলে দ্রবীভূত  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ , EDTA-র সঙ্গে বিক্রিয়া করে জটিল লবণ তৈরি করে। এই বিক্রিয়া কীভাবে জলের ক্ষরতা নির্ণয়ের সহায়ক হয় আলোচনা করুন।

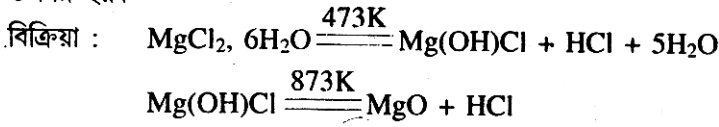
### 3.15 উত্তরমালা

#### অনুশীলনী—1

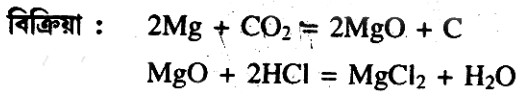
- (a) (i)  $\text{Na}_2\text{SF}_6$  (ii)  $\text{Na}_2\text{BeF}_4$  (iii)  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$   
 (b) (i) ক্যালসিয়াম (ii) ফ্লুরোস্পার, চূনাপাথর, জিপসাম

#### অনুশীলনী—2

- (a)  $\text{NaCl}$  ও  $\text{CaF}_2$  মিশ্রিত করলে তড়িৎ-বিশ্লেষের গলমাঙ্ক কমে যায়। এছাড়া  $\text{NaCl}$ -এর উপস্থিতিতে  $\text{MgCl}_2$ -এর আর্দ্রবিশ্লেষণ হতে পারে না।  
 (b) Mg একটি সক্রিয় ধাতু। বায়ুর  $\text{O}_2$  ও  $\text{N}_2$ -এর সঙ্গে উচ্চ তাপমাত্রায় (প্রায় 973K) Mg ধাতু বিক্রিয়া করে  $\text{MgO}$  এবং  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  উৎপন্ন করে। তাই পাত্রস্থ বায়ু  $\text{H}_2$  বা কোল গ্যাস-এর সাহায্যে অপসারণ করা হয়।  
 (c) সোদক ধাতব ক্রোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে। জলীয় বাষ্প ও হাইড্রোজেন ক্রোরাইড উৎপন্ন হয়। কম তাপমাত্রায় প্রথমে ম্যাগনেসিয়াম অক্সিক্রোরাইড  $[\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}]$  ও পরে উচ্চ তাপমাত্রায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ( $\text{MgO}$ ) উৎপন্ন হয়।



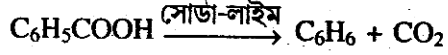
- (d) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতা গ্যাসজারে প্রবেশ করলে অত্যধিক আলো বিচ্ছুরণ করে Mg ফিতা জ্বলতে থাকবে। গ্যাসজারের গায়ে সাদা ছাই ও কার্বন কণা জমা হবে। গ্যাসজারের অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকাইলে উৎপন্ন  $\text{MgO}$  (সাদা ছাই) দ্রবীভূত হবে এবং অদ্রাব্য কাল কার্বন কণা দেখা যাবে।



### অনুশীলনী—3

- (a) (i) চুন—CaO (ii) চুনের জল—Ca(OH)<sub>2</sub>  
 (iii) চূনাপাথর—CaCO<sub>3</sub> (iv) প্লাস্টার অফ প্যারিস—2CaSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O  
 (v) সোডা লাইম—Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH [বা CaO, NaOH]  
 (vi) স্ন্যাকড লাইম ও কস্টিক সোডার শুষ্ক মিশ্রণকে সোডা লাইম বলে। Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH

ব্যবহার : (i) জৈব অ্যাসিড যৌগ থেকে CO<sub>2</sub> অপসারণ করতে

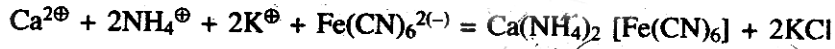
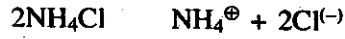


(ii) জৈব শোষক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(b) চূনাপাথরে ধাতব মৌলটি হল ক্যালসিয়াম।

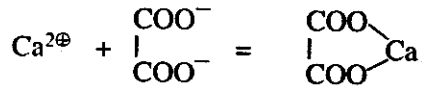
সনাক্তকরণ :

- (i) শুষ্ক পদ্ধতি : শিখা পরীক্ষা—ক্ষণস্থায়ী ইটের মত লাল রং-এর শিখা দেখতে পাওয়া যায়।  
 (ii) সিক্ত পরীক্ষা : সামান্য চূনাপাথর গুঁড়া করে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণটি ফুটাইয়া CO<sub>2</sub> অপসারণ করা হল। এবার দ্রবণে কঠিন NH<sub>4</sub>Cl যুক্ত করে দ্রবণ সম্পৃক্ত করা হল। এই দ্রবণে অতিরিক্ত পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করে কিছুক্ষণ অপেক্ষার পর ফিকে হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে।



ফিকে হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ

অথবা, চূনাপাথরের গুঁড়াকে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে NH<sub>4</sub>OH-এর সাহায্যে ক্ষারীয় করা হল, এই ক্ষারীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট মিশাইলে সঙ্গে সঙ্গে অদ্রব্য ক্যালসিয়াম অক্সালেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়বে।

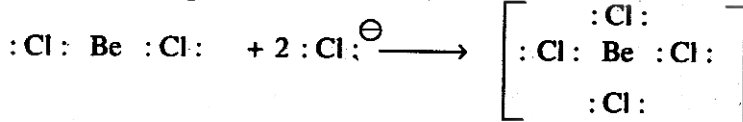


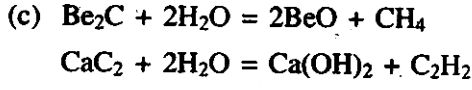
(c) (i) সেলেনস্টাইন ; উইদেরাইট (ii) অ্যাজাইড (iii) লিথোফেন

### অনুশীলনী—4

- (a) Ba—Cl বন্ধন বেশি আয়নীয় ; কারণ Be-এর তুলনায় Ba অধিক ভড়িৎ-খনাত্মক.  
 (b) BeCl<sub>2</sub> যৌগে Be ধাতুর মোট চারটি ইলেকট্রন (Be-এর নিজস্ব 2টি ও দুটি ক্লোরিন থেকে 2টি ইলেকট্রন)। Be ধাতুর ইলেকট্রন চাহিদা আছে বলেই BeCl<sub>2</sub> একটি লুইস অম্ল।

উদাহরণ : BeCl<sub>2</sub> ≡ :Cl: Be :Cl:





অনুশীলনী—5

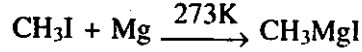
- (a) ভুল— $\text{Be}^{2+}$ -এর ক্ষেত্রে 2টি ইলেকট্রন আছে (b) নির্ভুল (c) ভুল (d) নির্ভুল

অনুশীলনী—6

(a), (c) এবং (d) জৈব ধাতব যৌগ।

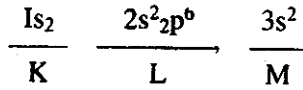
যে যৌগে ধাতব মৌল সরাসরি কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তাকে জৈব ধাতব যৌগ বলে।

ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ইথারে নিমজ্জিত করে পাত্রস্থ সমস্ত বায়ু  $\text{N}_2$  গ্যাসের সাহায্যে অপসারিত করে মিথাইল আয়োডাইড ( $\text{CH}_3\text{I}$ ) অল্প অল্প করে যোগ করা হয় যতক্ষণ না সমস্ত Mg ফিতা বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। তাই বরফের তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটান হয়।



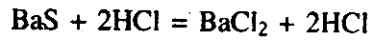
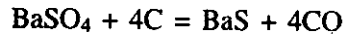
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (a) পরমাণুর ইলেকট্রন সজ্জা



(i) 12 ; (b) 6 ; (c) 6 ; (d) 12 ; (e) 0 (শূন্য) ; (f) 2 ; (g) Mg.

- (b)  $\text{BaSO}_4/\text{SrSO}_4$  ঘন HCl-এ অদ্রব্য। ধাতুর উদ্বায়ী ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না বলে রঙিন শিখা পাওয়া যায় না।  $\text{BaSO}_4$  বা  $\text{SrSO}_4$ -এর সামান্য লবণ একটি প্লাটিনাম তারের অগ্রভাগে লইয়া বুনসেন প্রদীপের বিজারণ শিখায় বিজারিত করে সঙ্গে সঙ্গে ঘন HCl দিয়ে সিক্ত করে বুনসেন প্রদীপের জারণ শিখায় ধরলে রঙিন শিখা পাওয়া যাবে।



[মনে রাখবেন যে বিজারণের পর উৎপন্ন বেরিয়াম সালফাইড, BaS সাইজেই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে আবার  $\text{BaSO}_4$  উৎপন্ন করবে। তাই  $\text{BaSO}_4$  এর বিজারণের পর সঙ্গে সঙ্গেই শিখা পরীক্ষা করতে হবে।  $\text{BaS} + 2\text{O}_2 = \text{BaSO}_4$ ]

- (c) 3.3.1 দেখুন। (d) 3.5-এর (8) দেখুন।

- (e) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে—

(i) কোন পর্যায়ে মৌলের তড়িৎ-ধনাত্মকতা এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।

(ii) কোন শ্রেণীতে মৌলের তড়িৎ-ধনাত্মকতা এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়।

Be এবং Al-এর ক্ষেত্রে

আয়ন :	$\text{Be}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$
আধান :	+2	+3
আয়নীয় ব্যাসার্ধ :	31 pm	51 pm
আধান/ব্যাসার্ধ অনুপাত :	6.4	6.0

পরের অংশের জন্য 3.8 দেখুন

- (f) 3.9 দেখুন। (g) 3.10 দেখুন। (h) 3.12 দেখুন।

**ECH 03**  
**Inorganic Chemistry**  
**Block 2**





---

## একক 4 □ 13 শ্রেণীর মৌলসমূহ

---

গঠন

- 4.1 প্রস্তাবনা
  - উদ্দেশ্য
- 4.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন, ব্যবহার
  - 4.2.1 অবস্থিতি (Occurrence) ও প্রাচুর্য (Abundance)
  - 4.2.2 নিষ্কাশন (Extraction)
  - 4.2.3 ব্যবহার
- 4.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ (General Characteristics)
  - 4.3.1 ভৌত ধর্মাবলি (Physical Properties)
  - 4.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলি
- 4.4 যৌগসমূহ
  - 4.4.1 হাইড্রাইডসমূহ
  - 4.4.2 হ্যালাইডসমূহ
  - 4.4.3 অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
  - 4.4.4 জটিল যৌগসমূহ
  - 4.4.5 জৈব ধাতব যৌগসমূহ (Organometallic Compounds)
- 4.5 বোরন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ
  - 4.5.1 বোরন হাইড্রাইডসমূহ
  - 4.5.2 টেট্রাহাইড্রিডো বোরোটসমূহ (বোরোহাইড্রাইডসমূহ)
  - 4.5.3 বোরাজিন বা (বোরাজোল) : অজৈব বেঞ্জিন
  - 4.5.4 বোরন নাইট্রাইড (অজৈব গ্রাফাইট)
  - 4.5.5 বোরন কার্বাইড
- 4.6 অ্যালুমিনিয়ামের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ
  - 4.6.1 টেট্রাহাইড্রোঅ্যালুমিনেটসমূহ বা (অ্যালুমিনোহাইড্রাইডসমূহ)
  - 4.6.2 আলট্রাম্যারাইন (Ultramarine)
  - 4.6.3 অ্যালামসমূহ (ফটকিরি)
  - 4.6.4 পারমুটিট (Permutit)

#### 4.7 নিরীক্ষা (Detection) ও পরিমাপন (Estimation)

4.7.1 বোরণ

4.7.2 অ্যালুমিনিয়াম

4.7.3 গ্যালিয়াম

4.7.4 ইন্ডিয়াম

4.7.5 থ্যালিয়াম

4.8 সারাংশ

4.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

4.10 উত্তরমালা

4.11 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

---

### 4.1 প্রস্তাবনা

---

বর্তমান এককে আপনারা 13 শ্রেণীর মৌলসমূহ (অর্থাৎ বোরন (B), অ্যালুমিনিয়াম (Al), গ্যালিয়াম (Ga), ইন্ডিয়াম (In), থ্যালিয়াম (Tl))-র পর্যালোচনা করবেন। পর্যায় সারণীর বৈশিষ্ট্যই এই যে এক শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির বহির্ভাগ কক্ষের ইলেক্ট্রন-বিন্যাস অনুরূপ হওয়ার ফলে তাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্ত হয়। এক্ষেত্রেও তার ব্যতিক্রম হয় না। তবে অন্যান্য শ্রেণীর মত এক্ষেত্রেও প্রথম মৌলটির সঙ্গে অপরাপর সমশ্রেণিক (congener) গুলির ধর্মের পার্থক্য আছে—বরং কিছু বেশিই। যেমন—বোরন একটি অধাতু, আর অন্যসমশ্রেণিকগুলি প্রকৃতিতে পরিষ্কারভাবে ধাতব। আর একটা জিনিস এখানে নজরে পড়বে। মৌলগুলির ইলেক্ট্রন সংখ্যা উপস্থিত অরবিট্যাল সংখ্যার চেয়ে কম—এজন্য এদের যৌগসমূহকে ন্যূন ইলেক্ট্রন (electron deficient) যৌগ বলা হয়।

### উদ্দেশ্য

বর্তমান এককটি পড়ে আপনারা—

- 13 শ্রেণীর মৌলসমূহের অবস্থিতি, নিষ্কাশন ও ব্যবহার জানতে পারবেন
- এই শ্রেণীর মৌলগুলির ধর্মের পর্যায়বৃত্ততা ব্যাখ্যা করতে পারবেন
- ন্যূন-ইলেক্ট্রন যৌগসমূহের আচরণ বুঝতে পারবেন
- মৌলগুলির হাইড্রাইড, হ্যালাইড, অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহের ধর্ম ও গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবেন
- বোরন-এর রসায়নের বৈচিত্র্য, বৈশিষ্ট্য ও অসম্যতা জানতে ও ব্যাখ্যা করতে পারবেন। বুঝতে পারবেন বোরনের প্রকৃতির ব্যতিক্রান্ত আচরণ
- এই শ্রেণীর মৌলগুলির জটিলীভবনের পরিচয়ও পাবেন

## 4.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন, ব্যবহার

### 4.2.1 অবস্থিতি (Occurrence) ও প্রাচুর্য (Abundance)

এই শ্রেণীর মৌলগুলি যথেষ্ট সক্রিয়। তাই এদের কোনটিই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না। ভূ-পৃষ্ঠে বোরন প্রধানতঃ বোরিক অ্যাসিড ( $H_3BO_3$ ) এবং বোরেট [যেমন প্রাকৃতিক বোরাক্স/সোহাগা বা টিন্‌ক্যাল,  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ , কারনাইট বা র্যাসোরাইট  $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$  এবং কোলম্যানাইট,  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ ] হিসাবে থাকে। ক্যালিফোর্নিয়ার মোজাভে মরুভূমি ও উটার ডেথ ভ্যালিতে পৃথিবীর বৃহত্তম বোরন আকরিকের অবস্থিতি। 1998-এ সারা পৃথিবীতে 2.4 মিলিয়ন টন বোরন আকরিক উত্তোলিত হয়—যার মধ্যে ইউ.এস.এ. তে 53%, তুর্কিতে 30%, রাশিয়ায় 8% ও আর্জেন্টিনায় 7%। ভারতবর্ষ ও শ্রীলঙ্কায়ও প্রাকৃতিক সোহাগা পাওয়া যায়। চিলিতে আছে ইউলেঞ্জাইট বা বোরোনেট্রো ক্যালসাইট  $Na_2B_4O_7 \cdot Ca_2B_6O_{11} \cdot 16H_2O$  আর স্ট্যাসফাট-এ বোরাসাইট  $MgCl_2 \cdot 2Mg_3B_8O_{15}$ -এর ভাণ্ডার আছে।

অ্যালুমিনিয়াম সাধারণ ধাতুগুলি মধ্যে প্রাপ্তির দিক থেকে আধুনিকতম। 1825 সালে এটি প্রথম নিষ্কাশিত হয় এবং 1885-তে প্রথম সাধারণে প্রচারিত হয়। ধাতুসমূহের মধ্যে অ্যালুমিনিয়ামের প্রাচুর্য সর্বাধিক, আর সমস্ত মৌল ধরলে প্রকৃতিতে এর প্রাচুর্য তৃতীয় সর্বাধিক (প্রথম অক্সিজেন ভূ-পৃষ্ঠের 46.6%, দ্বিতীয় সিলিকন 27.7%, অ্যালুমিনিয়াম 8.13%)। প্রকৃতিতে এর অবস্থিতি প্রধানতঃ জটিল অ্যালুমিনোসিলিকেট হিসাবে (যেমন ক্রোকেওলিন বা চীনা মাটি)—এ থেকে ধাতুটিকে নিষ্কাশিত করা সম্ভব নয়। গ্রহরত্নগুলিও মূলতঃ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড। প্রকৃতিতে প্রাপ্তব্য খনিজগুলি হল :

(ক) সিলিকেট : ফেলস্পার,  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ; চীনা মাটি,  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ; মাইকা (অত্র), গারনেট ও টুরম্যালাইন।

(খ) অক্সাইড :  $Al_2O_3 \cdot xH_2O$  [ডায়াস্পোর-এ  $x=1$ ; বক্সাইট-এ  $x=2$  এবং গিবসাইট-এ  $x=3$ ]; কালো রঙ-এর  $Al_2O_3$ -কে কোরাণ্ডাম বলে।

(গ) ফ্লুওরাইড : ক্রায়োলাইট,  $Na_3AlF_6$

(ঘ) ফস্ফেট : নীলকান্তমণি (Turquoise, টার্কোয়াজ)  $AlPO_4 \cdot Al(OH)_3 \cdot H_2O$ -এর নীল রঙ উপস্থিত কপার সালফেটের জন্য [স্যাফায়ার (Sapphire) কিন্তু  $Al_2O_3$ ]

(ঙ) অন্যান্য : স্পিনেল,  $MgO \cdot Al_2O_3$ ; ক্রাইসোবেরিল,  $BeO \cdot Al_2O_3$ ; অ্যালুসাইট,  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$

উপরোক্ত খনিজগুলির মধ্যে কেবলমাত্র বক্সাইট-ই অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক হিসাবে গণ্য হয়। এর প্রাপ্তিস্থান ফ্রান্সের দক্ষিণাঞ্চল, দঃ আফ্রিকা, আয়ারল্যান্ড, ইউ-এস-এ এবং ভারতবর্ষ (কাটুনি, বেলগাঁও, কোলাপুর, রাঁচি, দাহরডাঙ্গা, ভূপাল ও অন্যত্র)। একমাত্র গ্রীণল্যান্ডে পাওয়া যায় ক্রায়োলাইট; ধাতুটির নিষ্কাশনে এটি দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ভারতবর্ষে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত হয় নিম্নোক্ত স্থানগুলিতে :

পঃ বঙ্গ (বর্ধমান জেলার আসানসোল মহকুমার জেকেনগরে); কেরল (আলওয়েতে); ওড়িশা (হীরাকুদে); উঃ প্রদেশ (রিহাঁদ বাঁধ-এ)।

গ্যালিয়াম, ইণ্ডিয়াম ও থ্যালিয়াম তুলনায় অনেক বেশি অপ্রচুর (Ga,  $1.9 \times 10^{-3}\%$ , In  $2.1 \times 10^{-5}\%$ , Tl  $7.0 \times 10^{-5}\%$ )। গ্যালিয়াম ও ইণ্ডিয়াম পাওয়া যায় অ্যালুমিনিয়াম ও জিংক-এর আকরিকে। থ্যালিয়াম ছড়িয়ে আছে জিংক, লেড, কপার ও আয়রণের সালফাইড খনিজে।

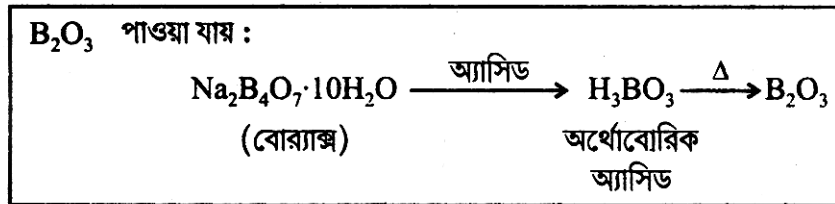
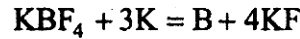
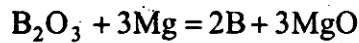
সব বিষয়েরই তো একটা ইতিহাস আছে। আসুন আমরা এক নজরে 13 শ্রেণীর মৌলগুলির আবিষ্কারের ইতিহাসটা একটু ঝালিয়ে নিই :

মৌল	আবিষ্কারের সাল	আবিষ্কার্তা	প্রথম নিষ্কাশন	নামকরণের সূত্র
B	1808	স্যার হামফ্রেডেডি	$B_2O_3 + K$	উৎস (বোরাক্স) ও কার্বনের সঙ্গে সাদৃশ্য হেতু BORAX + CARBON
Al	1808	ঐ (যদিও 18 শ শতাব্দীর শেষে এর অস্তিত্ব ঘোষণা করা হয়।	1825 (হাঁস ক্রিশ্চেন ওয়েরস্টেড) $AlCl_3 + K$	লাটিন 'গ্র্যাপুলমেন' [=তিক্ত লবণ; প্রাকৃতিক পটাস অ্যালাম] থেকে
Ga (মেডেলিভ একে 'এক বোরন' নামে চিহ্নিত করেছিলেন)	1875	লেকক্ দ্য বয়বৌদ্রা	বর্ণালী আলোকমিতিক পরীক্ষায় পাওয়া যায় জিংকের পাতনের অবশেষ থেকে	আবিষ্কার্তার মাতৃভূমি 'গ্যালিয়া' (ফ্রান্সের লাতিন নাম)
In	1863	রাইক্ ও রিক্টার	জিংক ব্লেন্ডের বর্ণালী আলোকমিতিক পরীক্ষায়	বর্ণালীতে পাওয়া উজ্জ্বল নীল রঙ থেকে [লাটিন : ইন্ডিকাম]
Tl	1861	ডুক্	$H_2SO_4$ এর প্রস্তুতিতে নির্গত বর্জ্য গ্যাসের বর্ণালী আলোকমিতিক পরীক্ষায়	উজ্জ্বল সবুজ শিখা থেকে [লাটিন-থ্যালোম্ = শিশু কান্ড (গাছের)]

## 4.2.2 নিষ্কাশন (Extraction)

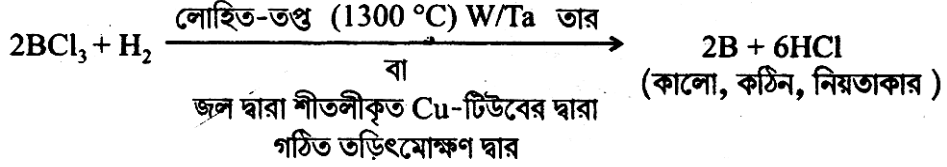
বোরন : বোরনের দুটি বহুরূপ—অনিয়তাকার ও নিয়তাকার।

- (i) বোরন ট্রাইঅক্সাইডকে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম অথবা  
(ii) পটাসিয়াম ফ্লুওবোরেট-কে Mg/Al দিয়ে বেশি তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে অনিয়তাকার বোরন (ময়সাঁ বোরন) পাওয়া যায়। প্রাপ্ত মৌল 95-98% শুদ্ধ (অশুদ্ধি থাকে ধাতব বোরাইড)। বিক্রিয়ালব্ধ কঠিনকে ঠাণ্ডা করে পরপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও গরম জল দিয়ে ধুয়ে শেষে স্টীম ওভেন (steam oven)-এ শুষ্ক করে বাদামী বর্ণের বোরন পাওয়া যায়।



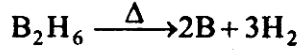
নিয়তাকার (অ্যাডাম্যান্টাইন) বোরন পাওয়া কঠিন, কারণ এর গলনাংক খুব বেশি (2180 °C) এবং তরল বোরন ক্ষয়কারী (corrosive)। খুব শক্ত ইম্পাত ধূসর বর্ণের নিয়তাকার বোরন নিচের পদ্ধতিগুলিতে পাওয়া যায় :

(i) H<sub>2</sub> দ্বারা BCl<sub>3</sub>-র বিজারণ ঘটিয়ে। কিলোগ্রাম মাত্রায় এ পদ্ধতি প্রযুক্ত হয় :



(ii) লোহিততপ্ত ট্যান্টালাম তন্তুতে BI<sub>3</sub> বিয়োজন ঘটিয়ে (ফন্ আর্কেল পদ্ধতি)

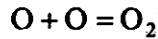
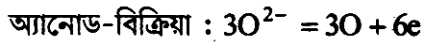
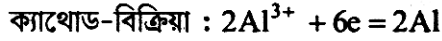
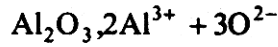
(iii) ডাইবোরেন বা অপরাপর বোরন হাইড্রাইড-এর তাপ-বিয়োজন ঘটিয়ে



অ্যালুমিনিয়াম :

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> থেকে ধাতুটি নিষ্কাশনে বিস্তারিত অসুবিধা দেখা যায়। প্রথমতঃ এটি H<sub>2</sub> দ্বারা বিজারিত হয় না। কার্বন সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> উৎপন্ন হয়। Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2300 K-র নিচে গলে না, আর তাই এর তড়িৎ বিশ্লেষণ সহজ নয়। তবে 1100-1300 K তাপমাত্রায় বিগলিত ক্রায়োলাইট-এ দ্রবীভূত বিশুদ্ধ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> কে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে Al নিষ্কাশিত হয়।

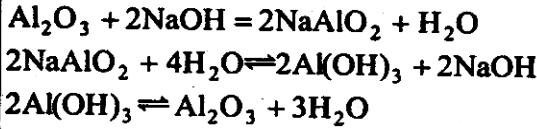
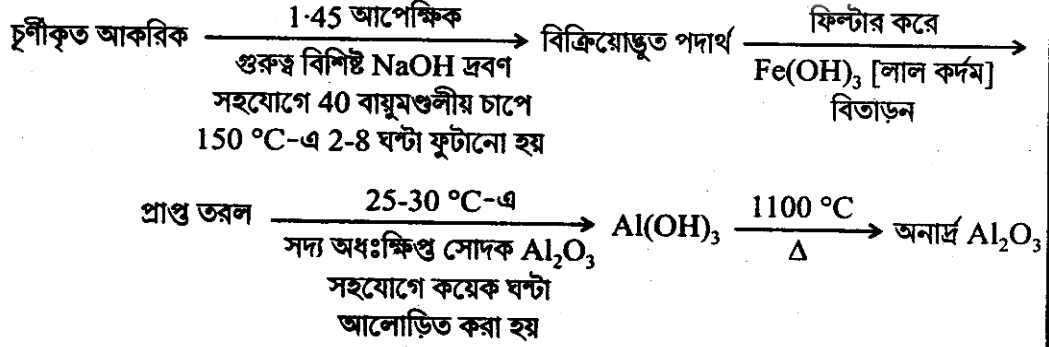
হল (Hall) ও হেরো (Hérault) পদ্ধতিতে নিষ্কাশন : বিগলিত ক্রায়োলাইট (প্রাকৃতিক উৎস থেকে না পাওয়া গেলে 1 : 3 AlF<sub>3</sub>- NaF মিশ্রণ)-এ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> দ্রবীভূত করা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণে ওজন সংযুতি : ক্রায়োলাইট 85%, CaF<sub>2</sub> 5%, AlF<sub>3</sub> 5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%। গ্র্যাফাইটের আন্তরণ বিশিষ্ট (ক্যাথোড) স্টীলের গায়ে তড়িৎবিশ্লেষণ নেওয়া হয়। এ্যানোডও গ্র্যাফাইট দস্ত। তাপমাত্রা 950 °C তড়িৎবিশ্লেষণ নিরবচ্ছিন্নভাবে চলতে থাকে। সপ্তাহে দুবার নিচে থেকে অ্যালুমিনিয়াম (গলনাংক 660 °C) বের করে নেওয়া হয় এবং অ্যালুমিনা যোগ করা হয়। এ্যানোডে O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, F<sub>2</sub> এবং কার্বনের ফ্লুরাইড উৎপন্ন হয়। এগুলো এ্যানোডকে ক্ষয়িয়ে দেয়। তাই বর্তমানে প্রচুর Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> তড়িৎবিশ্লেষণে যোগ করা হয় :



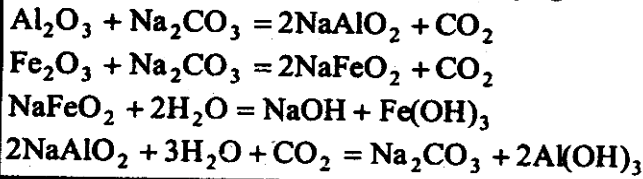
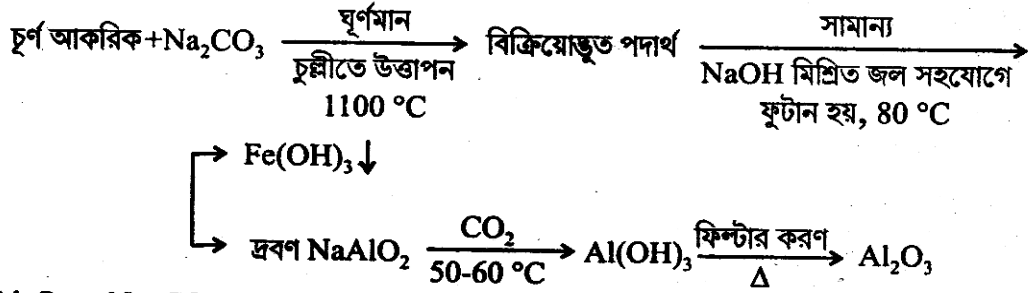
এই Al 99% শুদ্ধ। একে বিশুদ্ধতর করা হয় হোপের পদ্ধতিতে। কোষে বিভিন্ন ঘনত্বের পর প-তিনটি স্তর থাকে। নিচে থাকে বিগলিত অশুদ্ধ Al-Cu সংকর এ্যানোড, মাঝে থাকে তড়িৎবিশ্লেষণ (ক্রায়োলাইট + AlF<sub>3</sub> + BaF<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) এবং উপরে বিগলিত বিশুদ্ধ Al ক্যাথোড। এটি 99-99% শুদ্ধ। এ্যানোড থেকে Al দ্রবীভূত হয়ে ক্যাথোডে জমা হয়।

বক্সাইট [ $Al_2O_3 = 50\%$ ,  $Fe_2O_3 = 15\%$ ,  $TiO_2 = 2\%$ ,  $SiO_2 = 3\%$ ,  $H_2O = 25\%$ ] থেকে বিশুদ্ধ  $Al_2O_3$  প্রস্তুতি :

(i) বায়ার পদ্ধতি :



(ii) ফার্নেস পদ্ধতি (পুরাণো পদ্ধতি) :



গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম, থ্যালিয়াম :

বক্সাইটে খুব সামান্য পরিমাণ গ্যালিয়াম থাকে ( $Ga : Al = 1 : 5000$ )। বায়ার পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা শোধনের সময় প্রাপ্ত ক্ষারীয় দ্রবণে এই অনুপাত দাঁড়ায়  $1 : 250$ -এ। এই দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষণে  $Ga$  নিষ্কাশিত হয়।

$ZnS$  ও  $PbS$  আকরিকে খুব সামান্য পরিমাণে ইন্ডিয়াম ও থ্যালিয়াম থাকে। সালফাইড আকরিকের তাপজারণে  $ZnO$  ও  $PbO$  উৎপন্ন হয়। নির্গত ধূম-কণা (flue dust) থেকে  $Ga$  ও  $In$  সংগৃহীত হয়। এদের লবণের দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষণে ধাতু পাওয়া যায়।

### অনুশীলনী—1

1. অ্যালুমিনার কার্বন বিজারণে Al পাওয়া যায় না কেন?
2. তড়িৎবিপ্লেষণ পদ্ধতিতে Al নিষ্কাশনে তড়িৎবিপ্লেষ্য CaF<sub>2</sub>, AlF<sub>3</sub> যোগ করা হয় কেন?
3. ফন্ আর্কেল পদ্ধতিতে B তৈরীর রাসায়নিক বিক্রিয়া দিন।

### 4.2.3 ব্যবহার

#### বোরন :

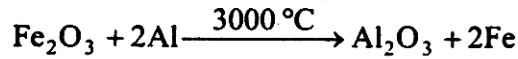
- (1) স্টীলের দৃঢ়তা বাড়াতে বোরন যোগ করা হয়।
- (2) নিয়তাকার বোরন ট্রানজিস্টারে ব্যবহৃত হয়।
- (3) বোরন নিউট্রন শোষক—তাই পারমাণবিক চুল্লীতে আবরক ও নিয়ন্ত্রক দশ রূপে ব্যবহৃত হয়।
- (4) বিভিন্ন ধাতুর বোরাইড তৈরিতে—এই বোরাইড সমূহের নির্দিষ্ট ব্যবহার আছে।

#### অ্যালুমিনিয়াম :

(1) অ্যালুমিনিয়াম-এর কিছু প্রয়োজনীয় ধর্ম আছে—যেমন, কম ঘনত্ব, উঁচু তাপ ও তড়িৎ পরিবাহিতা, ক্ষয় নিরোধক ক্ষমতা, ক্ষতিকারক ধর্মের অভাব। এইসব কারণে এটি লৌহের (non-ferrous) ধাতুর মধ্যে সর্বাধিক ব্যবহৃত।

- (2) তড়িৎপরিবাহী, রান্নার বাসনপত্র ও আবরক পদার্থ তৈরিতে Al ব্যবহৃত হয়।
- (3) Al ও তার ধাতুসংকর বায়ুযান, জাহাজ ও বাড়ি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
- (4) Al চূর্ণ রঙ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
- (5) Al পাত (রাংতা) সিগারেট, চকোলেট ইত্যাদির মোড়ক, দুধের বোতল ইত্যাদির ঢাকনা তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
- (6) অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ বাজি তৈরিতে এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সঙ্গে মিশ্রিত করে বিস্ফোরক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(7) থার্মাইট মিশ্রণে Al—থাকে এই মিশ্রণ রেললাইন সংস্কারে (ওয়েল্ডিং), ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ নিষ্কাশনে, আগুনে বোমা তৈরিতে, বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয় :



(8) ক্ষয়কারী তরলের ধারক তৈরিতে; দরজা, জানালা ইত্যাদি তৈরিতে।

Ga, In, Tl এর বিরাট কোনও ব্যবহার নেই। তবে অল্প পরিমাণে Ga ট্রানজিস্টার তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। সেমিকন্ডাক্টর তৈরিতে অতিবিশুদ্ধ Ga লাগে। GaAs (গ্যালিয়াম আর্সেনাইড) আলোক-নিষ্কাশী ডায়োড (light-emitting diode LED) ও লেজার ডায়োড কম্প্যুটারের

‘মোমোরি চীপ’ তৈরীতে লাগে। In লাগে p-n-p ট্রানজিস্টার তৈরীতে। কম গলনাংক বিশিষ্ট ধাতুসংকর তৈরীতেও In ব্যবহৃত হয়—এই সংকর কম্প্যুটারে চীপ জুড়তে লাগে।

নাম	সংযুতি	ব্যবহার
ম্যাগনেসিয়াম	Al 98 Mg 2	তুলাযন্ত্র ও লেদ মেশিনে রূপ দেওয়া যন্ত্রপাতি তৈরীতে
ডুরালুমিন	Al 95 Cu 4 Mg 0.5 Mn 0.5	এরা হালকা অথচ দৃঢ় ও ক্ষয়নিরোধক বলে বায়ুযান তৈরীতে
Y-অ্যালয়	Al 92.5 Cu 4 Mg 1.5 Ni 2	
অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Al 10 Cu 90	শৌখিন ঘর সাজাবার জিনিস, মুদ্রা, বাসনপত্র তৈরীতে
অ্যালনিকো	ইম্পাত 50 Al 20 Ni 20 Co 10	স্থায়ী চুম্বক তৈরীতে
অ্যালুমিনাড	Al দ্বারা আবৃত ডুরালুমিন	সমুদ্র-বিমান তৈরীতে।

### 4.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ (General characteristics)

13 শ্রেণীর মৌলসমূহের সাধারণ কিছু বৈশিষ্ট্য নিচের সারণিতে দেওয়া হল :

সারণি—1

ধর্ম	B	Al	Ga	In	Tl
পারমাণবিক সংখ্যা	5	13	31	49	81
পারমাণবিক ওজন	10.81	26.98	69.72	114.82	204.38
বহির্তম ইলেকট্রন বিন্যাস	$2s^2 2p^1$	$3s^2 3p^1$	$4s^2 4p^1$	$5s^2 5p^1$	$6s^2 6p^1$
ঘনত্ব কিগ্রা মি <sup>-3</sup> × 10 <sup>3</sup>	2.34	2.7	5.93	7.29	11.85
পারমাণবিক আয়তন	4.62	10.0	11.76	15.74	17.25
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ pm	80	125	124	150	155
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M <sup>3+</sup> pm	27	50	60	81	95
আয়নন বিভব kJ mol <sup>-1</sup>	800	577	580	558	590
E° M <sup>3+</sup> / MV	—	-1.67	-0.52	-0.34	0.72
E° M <sup>+</sup> / MV	—	—	—	-0.25	-0.34
m.p. °C	2180	660	30	156	303
b.p. °C	3650	2470	2403	2070	1457
অপরাতড়িত্বধর্মিতা	2.0	1.5	1.6	1.7	1.80
জারণ সংখ্যা	(2)*,3	3	(1)*,3	1,3	1,(3)*

\*অপেক্ষাকৃত কম স্থিতির



### 4.3.1 ভৌত ধর্মাবলি (Physical properties)

উপরের সারণী থেকে দেখতে পাচ্ছেন যে 13 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির গলনাংক 1,2-শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের মত নির্দিষ্ট ক্রম মেনে চলে না। এর মূলে আছে B ও Ga-এর অস্বাভাবিক কেলাস গঠন।

#### (ক) গলনাংক ও স্ফুটনাংক

B-এর গলনাংক অত্যন্ত বেশি। এর অন্ততঃ চারটি বহুরূপ আছে। B এর ইলেক্ট্রন সংখ্যা কক্ষক-সংখ্যার প্রেক্ষিতে কম। বহুরূপগুলির গঠনবৈচিত্র্য ও বন্ধ-প্রকৃতি এই উঁচু গলনাংকের কারণ। অন্য মৌলগুলির ক্ষেত্রে ধাতববন্ধ (metallic bond) গঠন থেকে গলনাংকের ব্যাখ্যা পাওয়া সম্ভব, কিন্তু ক্ষুদ্র আকার ও উঁচু আয়নন বিভব বোরনের ক্ষেত্রে এ ধরণের ব্যাখ্যা অচল। বোরনের সবকটি বহুরূপেই কেলাসাকার আইকোসাহেড্রাল (20 টি কৌণিক বিন্দু ও 12 টি তল)। 12টি B পরমাণু একটি সুষম (regular) আকার গঠন করে, এবং প্রতিটি B পরমাণু পাঁচটি সমতুল প্রতিবেশি পরমাণুর সঙ্গে বন্ধ থাকে (বন্ধ-দূরত্ব 77 pm)। এই আইকোসাহেড্রনগুলি নিজেদের মধ্যে কীভাবে সংযুক্ত, তার উপর নির্ভর করে চারটি কেলাসাকার গঠিত হয়। সরলতমটি  $\alpha$ -রম্বোহেড্রাল (rhombohedral) বোরন। এতে অর্ধেক সংখ্যক বোরন অপর আইকোসাহেড্রনের একটি বোরন পরমাণুর সঙ্গে বন্ধ (দূরত্ব 177 pm); অপর অর্ধেক দুটি বিভিন্ন আইকোসাহেড্রনের দুটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত (দূরত্ব 203 pm)। মোট অধিকৃতস্থানের মাত্র 37% পরমাণুগুলি অধিকার করে থাকে [তুলনীয় : ঘন-সংবদ্ধ (close packed) সজ্জায় 74% পরমাণু দ্বারা অধিকৃত]। দেখা যাচ্ছে আইকোসাহেড্রন সুষ্ঠুভাবে স্থান অধিকারে অক্ষম। অন্য বহুরূপগুলির গঠন জটিলতর।

Al, In, Tl-এর কেলাস ঘনসংবদ্ধ (close packed)। প্রতিটি পরমাণুর নিকটতম প্রতিবেশী পরমাণু থাকে 243 pm দূরে, আরও 6টি থাকে 270-279 pm-এর মধ্যে। এর ফলে ধাতব গঠনের চাইতে বিচ্ছিন্ন দ্বি-পরমাণুক অণু গঠনের প্রবণতা বেশি হয়। Ga-এর অস্বাভাবিক কম গলনাংকের ব্যাখ্যা এখানেই। Ga (তুলনীয় : Ge, Bi)-এর গলনে আয়তন কমে অর্থাৎ কঠিন অপেক্ষা তরলের ঘনত্ব বেশি। এটাও Ga-এর অন্যতম বৈশিষ্ট্য। প্রত্যাশামত গলনাংক Al→In কমে, কিন্তু Tl-এ আবার বাড়ে।

B-এর স্ফুটনাংক খুব বেশি। কিন্তু তারপর প্রত্যাশামত কমে। লক্ষণীয় Ga-এর গলনাংক অস্বাভাবিক হলেও স্ফুটনাংক ধারাবাহিকতা রক্ষা করেছে। এর কারণ অস্বাভাবিক কেলাসগঠন (যা গলনাংকের ব্যাখ্যা দেয়) তরল অবস্থায় আর থাকে না।

#### অনুশীলনী—2

13 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে Ga গরমকালে তরল কেন?

#### (খ) পরমাণু ও আয়ন-এর আকার

মৌলগুলির পারমাণবিক ব্যাসার্ধের বৃদ্ধির ধারাবাহিকতা নেই। বোরন তো আর ধাতু নয়। তাই পারমাণবিক ব্যাসার্ধের মান কেলাসে দুটি পরমাণুর ন্যূনতম দূরত্বের অর্ধেক। Ga-এর গঠন অস্বাভাবিক।

পারমাণবিক ব্যাসার্ধের মানও তাই কিছুটা অস্বাভাবিক। বাকী মৌলগুলির ক্ষেত্রে ঘনসংবদ্ধ ধাতব গঠন অনুযায়ী পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।

$M^{3+}$  আয়নের ব্যাসার্ধ গ্রুপ বরাবর নিচের দিকে বাড়ে, তবে এই বৃদ্ধি 1 ও 2 শ্রেণীর মত অতটা সুসম নয়। এর দুটি কারণ :

1.  $B^{3+}$  এর অস্তিত্বের পক্ষে প্রমাণ নেই। প্রদত্তমান গড় হিসাবে।

2. মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসে পার্থক্য আছে। Ga, In, Tl 10 টি সন্ধিগত মৌলের অব্যবহিত পরের মৌল। কাজেই তাদের পরমাণুতে 10 টি  $d$  ইলেকট্রন আছে—এদের আবরণী ক্ষমতা  $s$  ও  $p$  ইলেকট্রনের চেয়ে কম (এই ক্ষমতার ক্রম  $s > p > d > f$ )। আবরণী ক্ষমতা কম হওয়ার অর্থ বহির্তম ইলেকট্রনগুলির কেন্দ্রীয় (nucleus) দ্বারা দৃঢ়তরভাবে আকর্ষিত হয়ে থাকা। কাজেই ভিতরের কক্ষে  $d$  ইলেকট্রনযুক্ত পরমাণু-আকারে ক্ষুদ্রতর ও আয়নন শক্তি ক্ষুদ্রতর। আকারের এই সংকোচনকে  $d$ -রুদ্ধ সংকোচন বলা হয়। Tl-আবার  $f$ -রুদ্ধ মৌলগুলির ঠিক পরে আসছে। এই  $14f$  ইলেকট্রনের উপস্থিতি এর আকার এবং আয়নন শক্তিকে আরও বেশি প্রভাবিত করে। নিউক্লিয়াসকে আবরণ করার ক্ষমতা কম বলে Tl-এর আকার ও আয়নন শক্তির মানের পরিবর্তন অন্যরকম।

B এবং Al-এর আকারের বিরাট পার্থক্য এদের ধর্মেরও অনেক পার্থক্য সূচিত করে। B অধাতু, অনেক বেশি গলনাংক সম্পন্ন। সবসময় সমযোজী বন্ধ গঠন করে এবং এর অক্সাইড আম্লিক। অপরদিকে A একটি ধাতু, গলনাংক অনেক কম এবং অক্সাইড উভধর্মী।

অনুশীলনী—3

1. B ও Al-এর আকারের বিরাট পার্থক্য কীভাবে ব্যাখ্যা করবেন?
2.  $r_{Al} > r_{Ga} < r_{In}$  ( $r$  = পারমাণবিক ব্যাসার্ধ)—ক্রমটি ব্যাখ্যা করুন।
3. ল্যাঙ্কানাইড সংকোচন (lanthanide contraction) কাকে বলে?

(গ) পরাতড়িৎধর্মিতা (electropositive character)

$B \rightarrow Al$ -এই ক্রমে মৌলগুলির পরাতড়িৎধর্মিতা বাড়ে, কিন্তু  $Al \rightarrow Tl$  আবার তা কমতে থাকে।  $M^{3+} + 3e \rightleftharpoons M$  বিক্রিয়ার প্রামাণ্য তড়িৎদ্বার-বিভবের মান থেকে এটা বোঝা যায়।  $B \rightarrow Al$  ক্রমে ধাতব ধর্মের বৃদ্ধি যে কোনও শ্রেণীরই মত—আকার বৃদ্ধির সঙ্গে জড়িত। কিন্তু  $Ga \rightarrow Tl$ -এর ক্ষেত্রে এই ধারাবাহিকতা বজায় থাকে না। এদের পরমাণু ইলেকট্রন বর্জনের প্রবণতা কম আর তাই তারা কম তড়িৎধনাত্মক। এর মূলে আছে  $d$ -ইলেকট্রন এর আবরণী ক্ষমতার খামতি।  $Al \rightarrow Ga \rightarrow I$  ক্রমে  $E^\circ_{M^{3+}/M}$  এর মান কম ঋণাত্মক হতে থাকে। যেহেতু  $\Delta G = -nFE^\circ$ , অতএব  $Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$  বিক্রিয়া ধাতুর উত্তরের মুক্ত শক্তি (free energy)  $\Delta G$ , ধনাত্মক।  $E^\circ$  মান থেকে বোঝা যাচ্ছে যে  $M^{3+} + 3e \rightarrow Me$  বিক্রিয়ায় সংঘটন শ্রেণী বরাবর নিচের দিকে কমতে থাকে। অর্থাৎ এই ক্রমে দ্রবণে জারণসংখ্যার স্থায়িত্ব কমে। একইভাবে  $E^\circ_{M^+/M}$ -এর মান দেখাচ্ছে যে +1 জারণসংখ্যার স্থায়িত্ব এদিকে বাড়ে। Tl-এর ক্ষেত্রে +1 অবস্থা +3 অবস্থা থেকে সুস্থিরতর।

সারণি—2

মৌল	$M^{3+} / M / V$	$M^{+} / M / V$
B	- 0.87*	—
Al	- 1.66	+ 0.55
Ga	- 0.56	- 0.79
In	- 0.34	- 0.18
Tl	+ 1.26	+ 0.34

\*গণনা-প্রাপ্ত

অনুশীলনী—4

Tl-এর সম্ভাব্য জারণসংখ্যা কত? এর মধ্যে কোনটির স্থায়িত্ব বেশি?

(ঘ) আয়নন শক্তি (Ionisation energy)

প্রত্যাশা মতই  $I_1 < I_2 < I_3$ .  $I_1 + I_2 + I_3$ -র মান প্রতি ক্ষেত্রেই খুব বেশি। তাই B-এর আয়নন গঠনের প্রবণতা কম; সব যৌগেই সমযোজ্যতা দেখায়। অন্য মৌলগুলিও সমযোজী যৌগ গঠন করে—অবশ্য দ্রবণে ছাড়া।

প্রত্যাশা মত আয়নন শক্তি শ্রেণীবরাবর কমে। কিন্তু এই হ্রাস যে একেবারে সরল, তা নয়। সারণি দেখে পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে চেষ্টা করুন তো!

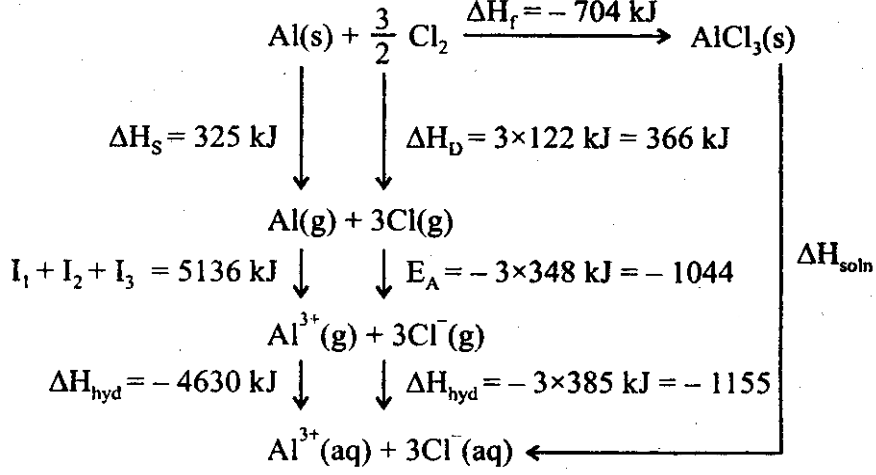
সারণি—3

আয়নন শক্তি

ধাতু	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_1 + I_2 + I_3$
	← $\text{kJ mol}^{-1}$ →			
B	800	2428	3660	6888
Al	576	1815	2745	5136
Ga	580	1980	2962	5522
In	560	<del>1820</del>	2705	5085
Tl	590	1970	2876	5436

দেখুন,  $B \rightarrow Al$ -এ আকার বৃদ্ধির জন্য  $I$ -এর মান কমছে। পরের ক্ষেত্রে যে মানে হেরফের হচ্ছে তার মূলে আছে d-ব্লক সংকোচন।

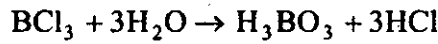
দ্রবণে ধাতুর সোদক আয়নরূপে অবস্থিতির কারণ এই যে উদ্ভূত প্রচুর সোদকীভবন (hydration) শক্তি আয়নন শক্তির উঁচু মানকে পূরণ করে দেয়। বর্ন-হাবের চক্র দিয়ে এটা ব্যাখ্যাত হতে পারে :



দেখা যাচ্ছে (হেস-এর সূত্রানুযায়ী) :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{soln}} &= 704 + 325 + 366 + 5136 - 1044 - 4630 - 1155 \\
 &= 6531 - 6829 \\
 &= -298 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

কাজেই এটা স্পষ্ট যে Al-এর আয়নন শক্তির মান খুব বেশি হলেও AlCl<sub>3</sub>-এর দ্রবণন শক্তি (solvation energy)-র মান ঋণাত্মক এবং বেশি। জলীয় দ্রবণে AlCl<sub>3</sub> তাই Al<sup>3+</sup>(aq) ও Cl<sup>-</sup>(aq) রূপে অবস্থান করে। আপনাদের মনে হচ্ছে যে BCl<sub>3</sub>-র ক্ষেত্রেও অনুরূপ ঘটনা ঘটতে পারে। কিন্তু তা হয় না। B<sup>3+</sup> এর আকার ছোট—তাই এর সোদকীভবন শক্তির মান অত বেশি হয় না, যতটা আলোচ্য মান বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দরকার। জলীয় দ্রবণে BCl<sub>3</sub> তাই আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়;



অনুশীলনী—5

1. d-ব্লক সংকোচন কীভাবে 13 শ্রেণীর মৌলের আয়ন বিভবকে প্রভাবিত করে?
2. আয়নন বিভব শ্রেণী বরাবর কীভাবে পরিবর্তিত হয়? শ্রেণী 13-র ক্ষেত্রে এই পরিবর্তন ব্যাখ্যা করুন।
3. Al-এর আয়নন শক্তি খুবই বেশি হলেও জলীয় দ্রবণে এটি আয়নিত অবস্থায় থাকে—ব্যাখ্যা করুন।

### 4.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলি

(ক) জারণ-সংখ্যা ও বন্ধ-প্রকৃতি

সারণী—1 থেকে দেখতে পাচ্ছেন যে বক্ষ্যমাণ মৌলগুলির আয়ন আকারে ছোট এবং এদের আধান-ঘনত্ব খুব বেশি, এদের তিনটি আয়নন শক্তির সমষ্টিও খুব বেশি (সারণী—3)। এর থেকে কী

সিদ্ধান্ত করবেন বলুত তো? সিদ্ধান্ত হবে এই যে, এরা তড়িৎযোজী অপেক্ষা সমযোজী যৌগ করতে বেশি প্রবণতা দেখাবে। বোরন তো সবসময়ই সমযোজী যৌগ গঠন করে,  $B^{3+}$  হয়ই না। Al ও Ga-এর অনেক সাধারণ যৌগ, যেমন  $AlCl_3$ ,  $GaCl_3$  অনার্দ্র অবস্থায় সমযোজী। জলীয় দ্রবণে অবশ্য খাতব আয়ন সোদক অবস্থায় থাকে। [4.4.1 (গ) দেখুন]

সারণী—1-এ আপনারা মৌলগুলির দ্বারা প্রদর্শ্য সম্ভাব্য জারণ সংখ্যা জেনেছেন। আসুন, এই সব জারণসংখ্যার ক্ষেত্রে মৌলগুলির আচরণ কেমন হবে এক নজরে দেখে নিই।

### +3 জারণসংখ্যা

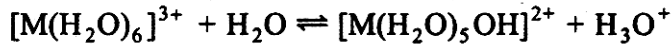
এটা তো জানেনই যে মৌলগুলির বহির্মত কক্ষে তিনটি ইলেক্ট্রন আছে। Tl ছাড়া অন্যরা এই তিনটিকে ব্যবহার করে তিনটি বন্ধ গঠন করে আর +3 জারণসংখ্যা দেখায়। বন্ধগুলি যে সমযোজী তার পক্ষে আমরা তিনটি যুক্তি দিতে পারি :

(i) ফ্যাজাঁ-র স্ট্রানুযায়ী—ছোট আকার ও উঁচু (+3) আধান সমযোজী বন্ধের পক্ষে।

(ii)  $I_1 + I_2 + I_3$ -র মান খুবই বেশি।

(iii) 1 ও 2 শ্রেণী মৌলের চাইতে এদের অপরাতিড়িৎধর্মিতা বেশি এবং অন্যান্য মৌলের সঙ্গে যখন বিক্রিয়া করে, তখন তাদের মধ্যে অপরাতিড়িৎধর্মিতার পার্থক্য খুব বেশি থাকে না।

আপনারা আগেই দেখেছেন যে B সব যৌগেই সমযোজী হলেও Al, Ga, In, Tl জলীয় দ্রবণে সোদক  $M^{3+}$  আয়ন গঠন করে। তবে এটাও ঠিক যে,  $MCl_3$ -র জলীয় দ্রবণ আনিক হয়, অর্থাৎ আর্দ্র-বিগ্লেষণ ঘটে। এর কারণ  $[M(H_2O)_6]^{3+}$  আয়ন অষ্টতলকীয় (octahedral); M—O বন্ধ খুব দৃঢ় হওয়ার ফলে O—H বন্ধগুলি দুর্বল হয়ে পড়ে আর প্রতিবেশী জলীয় অণুর দিকে প্রোটন বিমুক্ত হয়ে  $H_3O^+$  উৎপন্ন করে :



### +2 জারণসংখ্যা

বোরন কয়েকটি অস্থায়ী বা কম স্থায়ী যৌগে এই জারণ সংখ্যা দেখায়—যেমন  $B_2F_4$ ,  $B_2Cl_4$  .

আবার Ga কয়েকটি যৌগে আপাত দ্বি-জারণ সংখ্যা দেখায়। যেমন ধরুন  $GaCl_2$ . প্রকৃতপক্ষে জারণ সংখ্যা কিন্তু +2 নয়, কারণ এর গঠন  $(GaCl_2)_2$  বা  $Ga^+[GaCl_4]^-$  অর্থাৎ Ga(I) ও Ga(III)-র মিশ্র যৌগ।

### +1 জারণসংখ্যা

s-ব্লক, p-ব্লক যৌগে জারণ সংখ্যা পুরাণে শ্রেণী জ্ঞাপক সংখ্যা (I, II, ...) অনুসারী হয়ে থাকে। সেই অনুযায়ী এদের জারণ সংখ্যা +3, তবে ন্যূনতর জারণসংখ্যার ক্ষেত্রে মান হয়  $(n-2)$  [ $n$  = শ্রেণী জ্ঞাপক সংখ্যা]। অর্থাৎ এখানে আরেকটি সম্ভাব্য জারণ সংখ্যা +1, অর্থাৎ শুধু  $p^1$  ইলেক্ট্রন সংশ্লিষ্ট হয়। এক জারণসংখ্যা দেখাবার প্রবণতা শ্রেণীর নিচের দিকে বৃদ্ধি পায়। Ga(I), In(I), Tl(I) জানা আছে। Ga ও In-এর ক্ষেত্রে +1 জারণসংখ্যা +3 অপেক্ষা কম সুস্থির, আর Tl-এর ক্ষেত্রে বিপরীতটি সত্য।

এর কারণ জানতে নিশ্চয়ই কৌতুহল হচ্ছে, না? হয়ত এর মধ্যে কারণটা জেনেও গেছেন। বোঝাই যাচ্ছে  $s^2 p^1$  ইলেক্ট্রন-বিন্যাসে  $s^2$  ইলেক্ট্রন জোড় অংশগ্রহণ না করলেই এক জারণসংখ্যা সম্ভব। এই যে বাইরের কক্ষের  $s$  ইলেক্ট্রন জোড় অবিকৃত থাকছে, বন্ধ গঠনে অংশগ্রহণ করছে না—একে বলে ‘নিষ্ক্রিয় জোড় প্রভাব’ (inert pair effect)। যদি এমনটি ঘটে যে, বন্ধ গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি ইলেক্ট্রন জোড় ভাঙতে প্রয়োজনীয় শক্তির চেয়ে কম, তবে আর  $s$  জোড় ভাঙবে না।  $MX_3$  যৌগের বন্ধ-শক্তি (bond strength) শ্রেণী বরাবর নিচের দিকে কমে। গড় বন্ধ শক্তি এরূপ : Ga = 242, In = 206, Tl = 153 kJ mol<sup>-1</sup>. কাজেই Tl-এর ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় জোড় প্রবণতার প্রভাব সবচেয়ে বেশি।

তবে একটা ব্যাপার মনে রাখবেন—নিষ্ক্রিয় জোড় প্রভাব কিন্তু 13 শ্রেণীতে এক জারণসংখ্যা প্রদর্শনের ব্যাখ্যা নয়; এটি কেবলমাত্র জানাচ্ছে যে ইলেক্ট্রন-জোড় টি বন্ধ গঠনে অংশ নেয় না। আর এই অংশ না নেওয়ার পিছনে যে কারণ তা হচ্ছে সংশ্লিষ্ট শক্তির মান।

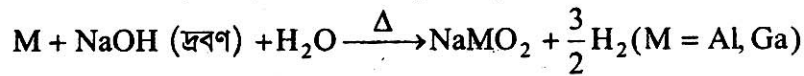
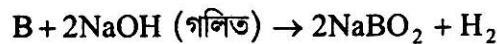
আরও একটা ব্যাপার মনে রাখবেন। একই মৌলের একাধিক জারণসংখ্যা থাকলে, উচ্চতর জারণ-সংখ্যায় যৌগ বেশি সময়োজী। এর কারণ আধান বেশি হলে ক্যাটায়নের অ্যানায়নকে বিকৃত করার (deforming) ক্ষমতা বাড়বে (ফ্যাজা-র সূত্র)।

#### অনুশীলনী—6

1. GaCl<sub>2</sub>-তে Ga-এর জারণসংখ্যা কত?
2. স্থায়িত্বের দিক দিয়ে বিচার করলে Ga(I) < Ga(III), অথচ Tl(I) > Tl(III)—ব্যাখ্যা করুন।

#### (খ) রাসায়নিক বিক্রিয়া

13 শ্রেণীর মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্ষারীয় (শ্রেণী 1) ও ক্ষারমৃত্তিকা (শ্রেণী 2) মৌলগুলির চেয়ে কম। আবার সক্রিয়তা শ্রেণীর নিচে বরাবর বাড়ে। নিয়তাকার বোরন খুবই শক্ত ও নিষ্ক্রিয়। এটি সাধারণতঃ উঁচু তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটায়। অনিয়তাকার বোরন 2-5% অশুদ্ধি থাকায় এটি বেশি সক্রিয়। বায়ু/অক্সিজেনে উঁচু তাপমাত্রায় (700 °C)-এ বায়ুতে স্থলে উঠে বোরন ট্রাইঅক্সাইড (BrO<sub>3</sub>) ও কিছুটা বোরন নাইট্রাইড (BN) উৎপন্ন করে। Al তো আপনারা জানেনই, হালকা ধাতু। আর্দ্র বাতাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্সাইডের একটি সংরক্ষক (protective) নিষ্ক্রিয় অক্সাইডের আস্তরণ ফেলে—ফলে (i) ধাতুটি অনুজ্জ্বল হয়ে পড়ে আর (ii) এর ক্ষয় নিরুদ্ধ হয়। পারদ প্রলেপনে এই অক্সাইড আস্তরণ দূর হয় এবং অক্সিজেন, জল ও লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে। N<sub>2</sub>-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে AlN উৎপন্ন হয়। Ga, In, Tl আরও নরম ধাতু, এদের সক্রিয়তাও বেশি। সাধারণ তাপমাত্রায় Ga, In বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু উত্তপ্ত করলে M<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ও সামান্য MN উৎপন্ন হয়। Tl বায়ুর সংস্পর্শে উপরিতলে জারিত হয়, উত্তপ্ত করলে Tl<sub>2</sub>O পাওয়া যায়। স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বা উত্তপ্ত ধাতু ও জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় B, BrO<sub>3</sub> ও H<sub>2</sub>, Al পারদ সংকর, Al(OH)<sub>3</sub> ও H<sub>2</sub> এবং Tl, Tl(OH) ও H<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। ক্ষারের সঙ্গে B, Al, Ga-এর বিক্রিয়া ঘটে :



অজারক অ্যাসিডের সঙ্গে B-এর বিক্রিয়া নেই, জারক অ্যাসিড (যেমন  $\text{HNO}_3$ , গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় বোরিক অ্যাসিড ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) উৎপন্ন হয়। Al, Ga, In লঘু অজারক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $\text{M}^{2+}$  ও  $\text{H}_2$  উৎপন্ন করে; Tl দেয়  $\text{TI}^+$ . উত্তপ্ত গরম  $\text{HNO}_3$ , Al ও Ga-কে নিষ্ক্রিয় করে দেয়। In ও Tl থেকে তৈরি হয়  $\text{M}(\text{NO}_3)_3$  :



হ্যালোজেন ও চ্যালকোজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে সব মৌলই হ্যালাইড ( $\text{MX}_3$ ) চ্যালকোজেনাইড (যেমন  $\text{M}_2\text{S}_3$ ) উৎপন্ন করে। Tl অবশ্য  $\text{TI}_3$ ,  $\text{TI}_2\text{S}$  দেয়।

বোরনকে অন্য কিছু ধাতুর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে দ্বি-মৌলিক (binary) যৌগ পাওয়া যায়—এদের বোরাইড বলে। যেমন  $\text{Mg}_3\text{B}_2$ , VB ইত্যাদি; অন্য সমশ্রেণিকরা ধাতুসংকর গঠন করে। ধাতব বোরাইড খুবই শক্ত, রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, অনুদ্রাব্য, উচ্চ গলনাংকবিশিষ্ট, উচ্চ তাপ ও তড়িৎ পরিবাহিতা সম্পন্ন।  $\text{MB}_2$  ( $\text{M} = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Hf}, \text{Nb}, \text{Ta}$ )-এর গলনাংক  $3000^\circ\text{C}$ -এর বেশি।  $\text{TiB}_2$  ও  $\text{ZrB}_2$ -র তাপ ও তড়িৎবাহিতা সংশ্লিষ্ট ধাতুর প্রায় দশগুণ।

কার্বনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে B ও Al যথাক্রমে  $\text{B}_{12}\text{C}_3$  ও  $\text{Al}_4\text{C}_3$  কার্বাইড উৎপন্ন করে।  $\text{Al}_4\text{C}_3$  বর্ণহীন, উঁচু গলনাংক বিশিষ্ট কঠিন তড়িৎযোজী যৌগ এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথেন উৎপন্ন করে। তাই একে অ্যালুমিনিয়াম মিথেনাইডও বলে। বোরনকার্বাইডের আণবিক  $\text{B}_{13}\text{C}_2$  (তবে গড় সংযুতি  $\text{B}_{12}\text{C}_3$ )। এটি কালো, খুবই শক্ত (হীরকের কাছাকাছি), উঁচু গলনাংক বিশিষ্ট, রাসায়নিক দিক থেকে নিষ্ক্রিয় সমযোজী যৌগ। ধাতুকে ঘষে পরিষ্কার করতে বা যন্ত্রপাতি ধার দিতে এর ব্যবহার আছে।

অনুশীলনী—7

নিচের বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লিখুন :

1.  $\text{Al} + \text{HNO}_3 \rightarrow ?$
2.  $\text{B} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{গাঢ়}) \rightarrow ?$
3.  $\text{Al}_4\text{C}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow ?$
4.  $\text{BN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow ?$

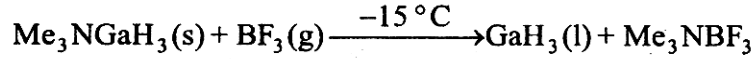
#### 4.4 যৌগসমূহ

এবার আমরা 13 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির যৌগসমূহের তুলনামূলক বৈশিষ্ট্যগুলি বুঝতে চেষ্টা করব। তারপর আবার ক্ষেত্রবিশেষে এদের বিস্তারিত আলোচনা করব।

#### 4.4.1 হাইড্রাইডসমূহ

কোন মৌলই সরাসরি হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু বেশ কিছু কৌতূহলোদ্দীপক হাইড্রাইড এই মৌলগুলির ক্ষেত্রে জানা আছে। B-হাইড্রাইডগুলি দুটি শ্রেণীতে পড়ে (i)  $B_nH_{n+4}$  (যথা  $B_2H_6, B_5H_9, B_6H_{10}$ ) এবং (ii)  $B_nH_{n+6}$  (যথা  $B_4H_{10}, B_5H_{11}, B_9H_{15}, B_{10}H_{16}$ )। বোরন হাইড্রাইড ন্যূন-ইলেক্ট্রন বা ইলেক্ট্রন-খামতি (electron-deficient) যৌগ। এদের গঠনবৈশিষ্ট্যের জন্য এরা অজৈব যৌগ সমষ্টিতে এক বিশেষ স্থানের অধিকারী। পরে (4.6) এদের বিস্তারিত আলোচনা করা আছে।

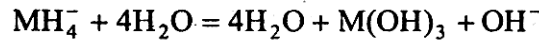
অন্য সমশ্রেণিকরাও ন্যূন-ইলেক্ট্রন হাইড্রাইড গঠন করে। যদিও গ্যাসীয় দশায় ন্যূনচাপে  $AlH_3$  ও  $Al_2H_6$ -এর উপস্থিতির পক্ষে কিছু প্রমাণ আছে, তবুও Al-এর একমাত্র সুস্থির দ্বি-মৌলিক হাইড্রাইড  $(AlH_3)_n$ । ইথার মাধ্যমে  $Al_2Cl_6$ -এর উপর লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড  $(LiAlH_4)$ -এর বিক্রিয়ায় এটি পাওয়া যায়। একটি সাদা গুঁড়া পদার্থ এবং H-সেতু বিশিষ্ট বহুযৌগিক পদার্থ (H-bridged polymer); 3c-2c (ত্রি-ও দ্বি-কেন্দ্রিক) অসরলরৈখিক Al—H—Al বন্ধের মাধ্যমে বহুলিত অনুরূপ গ্যালেন পাওয়া যায়নি। কিন্তু  $-15^\circ C$  তাপমাত্রায় একটি অস্থায়ী সান্দ্র তৈলল পদার্থ পাওয়া গেছে নিচের বিক্রিয়ায় :



$GaH_3$  ধীরে ধীরে বহুযৌগিক  $(GaH_3)_n$ -এ রূপান্তরিত হয়। I.R. বীক্ষণে দেখা গেছে যে এতে Ga—H বন্ধ আছে। বীক্ষণাগারিক তাপমাত্রায় অনুরূপ বিক্রিয়া একটি অস্থায়ী গ্যালেন-এর উপস্থিতি টের পাওয়া গেছে। গ্যাসীয়  $Ga_2H_6$ , কঠিন  $(GaH_3)_n$  ও  $Et_2O \cdot GaH_3$  এবং  $(InH_3)_n$ -এর অস্তিত্ব বিজ্ঞাপিত হয়েছে, কিন্তু নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয়নি।

Polymer – বহুযৌগিক  
Oily – তৈলল  
I.R.  $\equiv$  infrared – অবলোহিত

কিন্তু লুইস্ অ্যাসিড  $MH_3$  বা  $MR_3$  ( $M \equiv B, Al, Ga$ )-র থেকে সঞ্জাত যৌগের অস্তিত্ব জানা আছে। যেমন  $MH_4^-$  ( $M \equiv B, Al, Ga$ ) যৌগগুলি সদৃশ ধর্মবিশিষ্ট। তাপ ও রাসায়নিক সুস্থিরতার ক্রম :  $B > Al > Ga$ ,  $BH_4^-$  জলে সুস্থির, কিন্তু Ga ও Al যৌগেরা আর্দ্রবিশিষ্ট হয় :



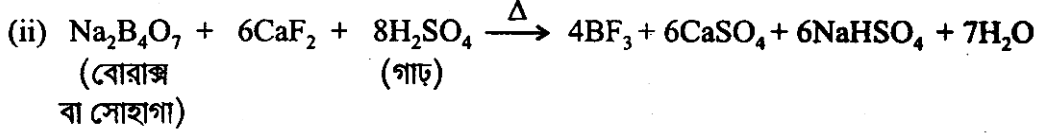
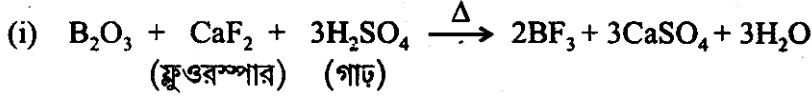
#### 4.4.2 হ্যালাইডসমূহ

(ক) ট্রাইহ্যালাইড

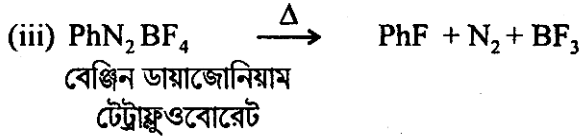
13 শ্রেণীর সব মৌলই দ্বি-মৌলিক হ্যালাইড গঠন করে। সবকটি ট্রাইহ্যালাইডই জানা আছে। ব্যতিক্রম শুধু একটি;  $TlI_3$  থ্যালিয়াম (III) আয়োডাইড নয়, এটি আসলে থ্যালিয়াম (I) ট্রাইআয়োডাইড  $Tl^+ I_3^-$ ।



বোরন ট্রাইহ্যালাইড  $BX_3$  ( $X = F, Cl, Br, I$ ) জানা আছে। প্রস্তুত পদ্ধতি :

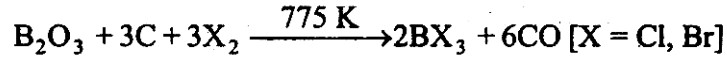


এই দুটিই শিল্প-প্রস্তুতির পদ্ধতি :



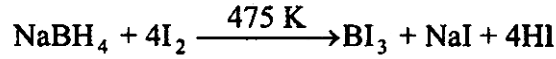
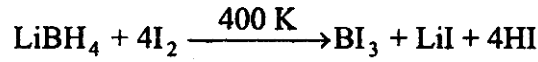
এই পদ্ধতিতে বীক্ষণাগারে বিশুদ্ধ  $BF_3$  পাওয়া যায়।

$BCl_3$  /  $BBr_3$ -র শিল্প প্রস্তুতির পদ্ধতি :

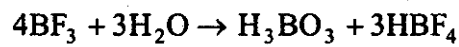
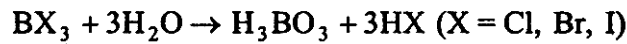


বীক্ষণাগারে  $BF_3 + Al_2X_6 \rightarrow BX_3 + AlF_3$  বিক্রিয়ায়  $BCl_3$  /  $BBr_3$  পাওয়া যায়।

$BiI_3$  পাওয়া যায় নিচের বিক্রিয়ায়; উৎপাদন হার খুবই সন্তোষজনক :



$BX_3$  যৌগগুলি উদ্বায়ী,  $BI_3$  নিচু গলনাংক বিশিষ্ট কঠিন। এরা আর্দ্রবিশিষ্ট হয়; এর কারণ ফাঁকা p-কক্ষকের উপস্থিতি :



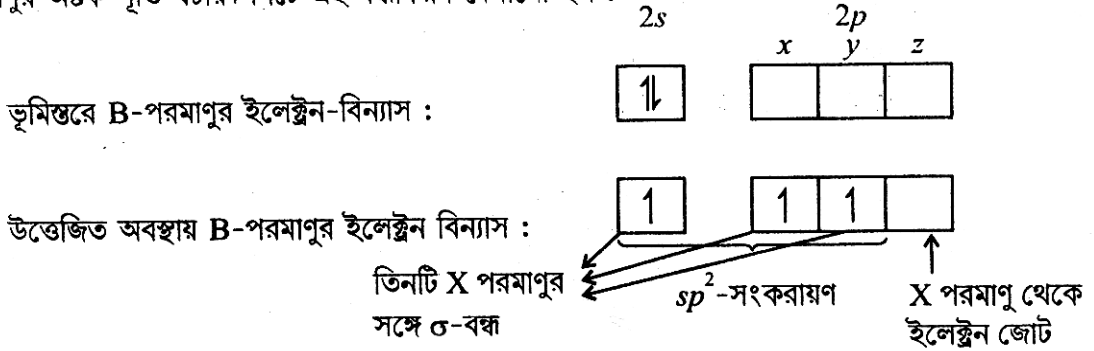
সারণি—4

যৌগ	গলনাংক K	স্ফুটনাংক K	ভৌত অবস্থা
$BF_3$	146	173	গ্যাসীয়
$BCl_3$	166	260.5	”
$BBr_3$	227	319	উদ্বায়ী তরল
$BI_3$	323	483	কঠিন

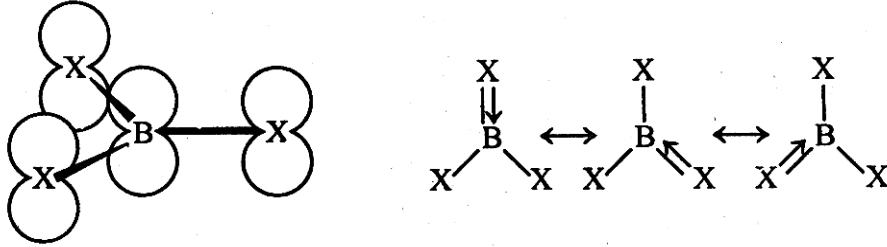
এই ধর্মের জন্যই  $BF_3$  ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্ট বিক্রিয়ায় একটি কার্যকরী অনুঘটক। B-এর ক্ষেত্রে কয়েকটি নিম্নতর হ্যালাইড  $B_2X_4$  জানা আছে, যেমন— $B_2F_4$  ও  $B_2Cl_4$ । সাধারণ তাপমাত্রায় প্রথমটি বর্ণহীন

গ্যাস ও দ্বিতীয়টি বর্ণহীন তরল। ট্রাইহ্যালাইড থেকে এরা কম সুস্থির, সুস্থিরতার দিক থেকে  $B_2F_4$ -ই সর্বোচ্চ। বাতাসে এরা স্বততই জ্বলে ওঠে;  $H_2, H_2O, Cl_2, ROH$  ইত্যাদির সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

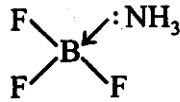
$BH_3$  জানা নেই, কিন্তু  $BX_3$  যৌগগুলি একযৌগিক (monomer), এদের দ্বি-যৌগিকীভবন ঘটে না। এদিক থেকে দেখলে এরা  $BR_3$ -র মত,  $B_2H_6 / Al_2X_6$ -এর থেকে পৃথক। তিনটি  $B-X$  বন্ধ সমন্বিত  $BX_3$  যৌগও ন্যূন-ইলেক্ট্রন।  $B-X$  বন্ধ দূরত্ব প্রত্যাশার থেকে কম। উদাহরণস্বরূপ :  $r_B = 80 \text{ pm}, r_F = 72 \text{ pm}$ ; কাজেই  $B-F$  বন্ধ দূরত্ব হওয়া উচিত  $152 \text{ pm}$ ; কিন্তু এর পরীক্ষালব্ধ মান  $130 \text{ pm}$ . এর কারণ এই যে,  $sp^2$  সংকরায়িত বোরন-এর খালি  $p$  কক্ষকটি ত্রিভুজ-তলের সঙ্গে উল্লম্বভাবে অবস্থিত এবং এটি একটি  $F$  পরমাণুর ভর্তি  $p$  কক্ষক থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে  $p\pi-p\pi$  বন্ধ রচনা করে। অর্থাৎ এভাবে পশ্চাদবন্ধীভবন (back bonding) ঘটে। এই অসমযোজী  $\pi$ -বন্ধ  $B$  পরমাণুর অষ্টক পূর্তি ঘটায়। নিচে এই বন্ধীকরণ দেখানো হল :



তাই  $BX_3$  অণুর গঠন সামতলিক সুষ্ম ত্রিভুজাকার।  $p\pi-p\pi$  পশ্চাদবন্ধীভবনের জন্য এটি তিনটি সংস্পন্দক গঠনের (canonical/resonating forms) সংস্পন্দন-সংকর (resonance hybrid) :

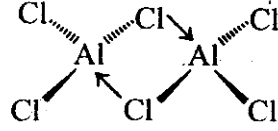


যদি  $B$ -এর খালি  $2p$  কক্ষকটি  $NH_3/Me_3N$ -এর মত দাতা (donor) অণুর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোট দিয়ে ভর্তি করা হয়, তবে চতুস্তলকীয় অণু পাওয়া যাবে :



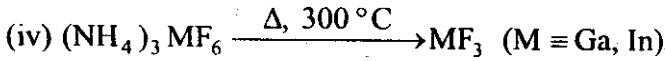
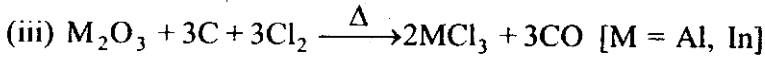
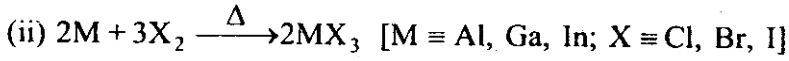
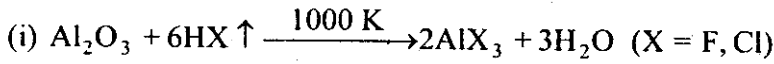
$\pi$ -বন্ধীভবনের পরিমাণ  $X$  পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সঙ্গে ( $BF_3 \rightarrow BI_3$  ক্রমে) কমেতে থাকে, কারণ সেক্ষেত্রে পর্যাপ্ত উপর্যুপাতন ঘটে না। লুইস্ অ্যাসিড হিসাবে  $BF_3 < BCl_3 < BBr_3 < BI_3$  ক্রমের ব্যাখ্যাও এখানেই।

অন্য সমশ্রেণিকদের ট্রাইহ্যালাইড দ্বি-যৌগিক, কারণ এক্ষেত্রে মৌলের বৃহত্তর আকারের জন্য  $\pi$ -প্রদানজনিত পশ্চাদবন্ধীকরণ সম্ভব হয় না।  $AlCl_3$ ,  $AlBr_3$ ,  $GaCl_3$  ইত্যাদি যৌগ অপর অণুর হ্যালোজেন পরমাণু থেকে ইলেক্ট্রন জোঁট গ্রহণ করে অষ্টকপূর্তি ঘটায়। এ-ই দ্বি-যৌগিকতার কারণ :

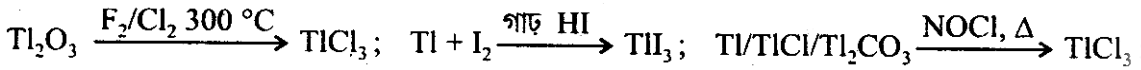


এই দ্বিযৌগিকতা  $C_6H_6$ ,  $CCl_4$ -এর মত অপ্রবীণ দ্রাবকের দ্রবণেও বজায় থাকে।

$Al$ ,  $Ga$ ,  $In$ -এর চারটি হ্যালাইডই জানা আছে। প্রস্তুতি :

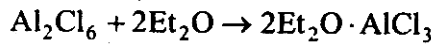


$Tl$ -এর ক্ষেত্রে  $TlF_3$  ও  $TlCl_3$  জানা আছে। সরাসরি ধাতু  $HF$ -এর বিক্রিয়ায় ফ্লুরাইড পাওয়া যায়।  $TlCl$  ( $AgCl$ -এর মত জলে অদ্রবণীয়)-এর জলীয় দ্রবণে  $Cl_2$  পাঠিয়ে  $60^\circ C$ -এ উদ্বায়িত করলে  $TlCl_3 \cdot 4H_2O$  পাওয়া যায়। অন্যান্য প্রস্তুতি পদ্ধতি :

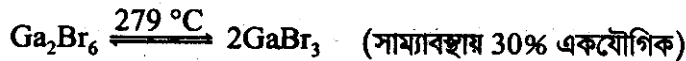


অসমযোজী (Coordinating) দ্রাবকে (যেমন  $Et_2O$ ,  $NMe_3$ ,  $POCl_3$ )  $AlCl_3$

$AlCl_3 \cdot L$  ( $L \equiv$  লাইগ্যান্ড) জাতীয় জটিল যৌগ গঠন করে :



অ্যালকিন ও অ্যাসাইল ক্লোরাইড  $R^+ AlCl_4^-$  ও  $RCO^+ AlCl_4^-$  জাতীয় জটিল যৌগ গঠন করে। ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্টস্ বিক্রিয়ার অন্তর্বর্তী ধাপে এগুলি গঠিত হয়। জলীয় দ্রবণে ট্রাইহ্যালাইডগুলি আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়। [4.4.2 (ক) অংশ দেখুন] ট্রাইহ্যালাইডগুলির দ্বি-যৌগিক গঠনের কথা আগে জেনেছেন। এও জেনেছেন যে  $TlI_3$  প্রকৃতপক্ষে ট্রাইঅ্যায়োডাইড নয়। বাষ্পীয় অবস্থায় কঠিন দ্বি-যৌগিক অংশতঃ একযৌগিকে বিয়োজিত হয় :



$Al_2Cl_6$ -এর ক্ষেত্রে গ্যাসীয় দশায়ও দ্বি-যৌগিক অবস্থারই প্রাধান্য।  $Al_2Cl_6$ -এর একটি মজার বৈশিষ্ট্য আছে। কঠিন অবস্থায় এটি স্তর পরস্পরায় বিন্যস্ত এবং  $Al$ -এর সবর্গাংক (coordination

number) 6। তরল অবস্থায় এটি হ্যালোজেন সেতুবিশিষ্ট দ্বি-যৌগিক, সর্বগাংক 4. ফলে তরল অবস্থায় আয়তনের প্রসারণ ঘটে এবং ঘনত্ব 45% কমে যায়। ট্রাইহ্যালাইডগুলির মধ্যে ফ্লুরাইডের দ্রাব্যতা কম, অন্যগুলি মোটামুটি থেকে বেশি দ্রাব্য।  $TlBr_3$  উত্তাপনে  $Br_2$  মুক্ত করে  $TlBr_2$  [প্রকৃতপক্ষে  $Tl^I[Tl^{III}Br_4]$  উৎপন্ন করে]। সারণি—5এ ট্রাইহ্যালাইডগুলিকে পরিচায়িত করা হল। একনজরে দেখে নিন।

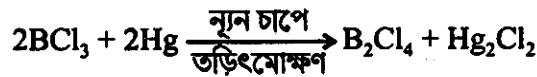
### সারণি—5

প্রতি সারিতে ক্রমঃ গলনাংক/গঠন/বর্ণ/দ্রাব্যতা

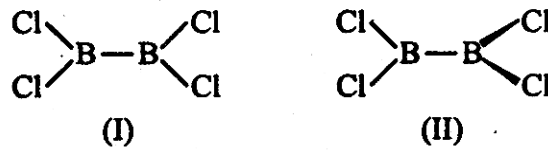
মৌল	$MF_3$	$MCl_3$	$MBr_3$	$MI_3$	ব্যবহার
Al	1564(s), অষ্টতল; w 0.5 g/1000 g জল	465, অষ্টতল, দ্রাব্য	370, দ্বি-যৌগিক, w, দ্রাব্য	463, দ্বি-যৌগিক w, দ্রাব্য	$AlCl_3$ (অনান্দ্র)। অনুঘটকরূপে [প্রধানতঃ ট্রিডেল-ক্র্যাফ্টস বিক্রিয়াম ইথাইল ব্রোমাইড তৈরিতে, অ্যান্-কুইনোন, ডোডেকাইল বেঞ্জিন (ডিটার্জেন্ট তৈরিতে লাগে), পেট্রোলিয়াম শিল্পে]
Ga	1275, অষ্টতল, w দ্রাব্যতা মাঝারি	350, দ্বি-যৌগিক, w, দ্রাব্য	395, দ্বি-যৌগিক, ফিকা হলুদ, দ্রাব্য	485, দ্বি-যৌগিক, লেমন হলুদ, দ্রাব্য	
In	1445, অষ্টতল, w মোটামুটি দ্রাব্য	860, অষ্টতল, w, দ্রাব্য	710, অষ্টতল, হলুদ	483, দ্বি-যৌগিক, কমলা হলুদ, দ্রাব্য	
Tl	820, অষ্টতল সাদা, 105/1009 জল	338, অষ্টতল, w, দ্রাব্য	—	$-Tl^+I_3$ কালো, দ্রাব্য	—

#### (খ) ডাইহ্যালাইড

বোরন ডাইহ্যালাইড  $B_2X_4$  গঠন করে (আগে বলা হয়েছে)। এরা সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে বিয়োজিত হয়।  $B_2Cl_4$  প্রস্তুতি :



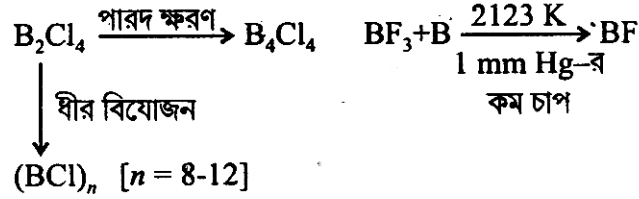
কঠিন অবস্থায় গঠন সামতলিক (I), তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় অণুটি অনাড়ালকৃত (non-eclipsed) ঘূর্ণনবয়ব (conformation) (II) গ্রহণ করে। B—B অক্ষে মুক্ত ঘূর্ণন থাকায় এরূপ ঘটে :



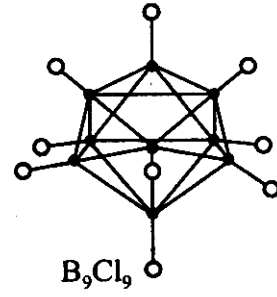
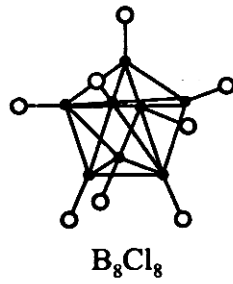
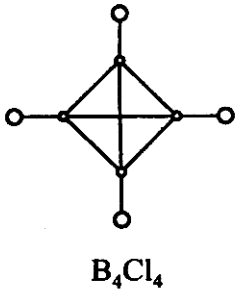
Ga ও In-ও ডাইহ্যালাইড গঠন করে।  $2GaCl_3 + Ga \xrightarrow{\Delta} 3GaCl_2$ . কিন্তু উচ্চতর তাপমাত্রায় এর স্বতঃ জারণ-বিজারণ ঘটে (বিপরীত বিক্রিয়া)। এখন যদিও আপাতদৃষ্টিতে মনে হচ্ছে যে যৌগটিতে দ্বি-খনাস্ক Ga আছে, কিন্তু সেক্ষেত্রে তা অযুগ্ম ইলেক্ট্রনের উপস্থিতি হেতু যৌগটি অয়নচুম্বকীয় (paramagnetic) হবে। কিন্তু তা তো নয়। এর গঠন আয়নীয়  $Ga^+[GaCl_4]^-$ -এতে এক-খনাস্ক ও দ্বি-খনাস্ক Ga রয়েছে।  $InCl_2$ -র ক্ষেত্রেও তাই।

(গ) মনোহ্যালাইড

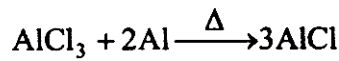
বোরনের একাধিক মনোহ্যালাইড জানা আছে। এগুলো সবই বহুযৌগিক এবং সাধারণ সংকেত  $(BX)_n$  :



$B_4Cl_4$ ,  $B_8Cl_8$ ,  $B_9Cl_9$  নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। এগুলিতে B-পরমাণুর একটি বন্ধ খাঁচা বা বহুতলক থাকে, প্রতিটি B পরমাণু অন্য তিনটি B এবং একটি Cl পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। এখন যেহেতু B-এর তিনটি মাত্র যোজ্যতা ইলেক্ট্রন এবং ইলেক্ট্রন জোড় বন্ধ তৈরির মত যথেষ্ট ইলেক্ট্রন নেই, এটাই সম্ভব যে সব B পরমাণুর ক্ষেত্রেই বহু-কেন্দ্রিক (multi-centre)  $\sigma$ -বন্ধ আছে :



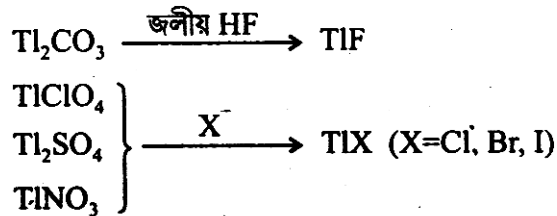
উঁচু তাপমাত্রায় Al, Ga ও In-ও গ্যাসীয় দশায় মনোহ্যালাইড গঠন করে :



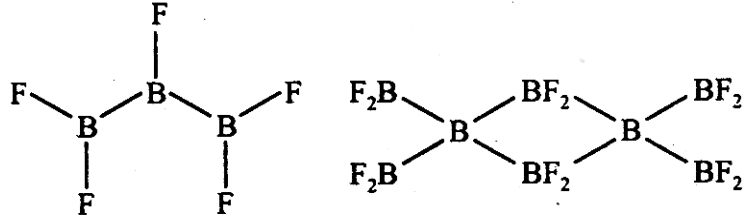
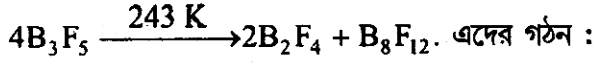
এই যৌগগুলি সমযোজী ও অসুস্থির।

Tl-এর মনোহ্যালাইড ট্রাইহ্যালাইডের থেকে সুস্থির। TlF আয়নীয়।

প্রস্তুতি :



TlF আয়নীয়, জলে দ্রবণীয়। TlX (X=Cl, Br, I)-এর দ্রাব্যতা AgX-এর মত। TlBr ও TlI-এর বর্ণ যথাক্রমে ফিকা হলুদ ও হলুদ (AgX-এর মত)। গঠন : TlF বিকৃত NaCl; TlCl ও TlBr এর গঠন CsCl ধরনের; TlI-এর দুটি রূপভেদ আছে—(i) স্তরবিন্যস্ত এবং (ii) 448 K ও উচ্চচাপে CsCl গঠন। B-এর আরও দুটি হ্যালাইড (সাবহ্যালাইড) B<sub>3</sub>F<sub>5</sub> ও B<sub>8</sub>F<sub>12</sub> জানা আছে। BF ও BF<sub>3</sub> কে একত্রে 77 K তে ঘনীভূত করলে B<sub>2</sub>F<sub>4</sub> এর সঙ্গে B<sub>3</sub>F<sub>5</sub> পাওয়া যায়।



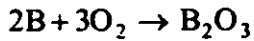
In-এর ক্ষেত্রে In<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub> বিজ্ঞাপিত হয়েছে-এর গঠন In<sub>3</sub>[In<sup>III</sup>Cl<sub>6</sub>]

অনুশীলনী—৪

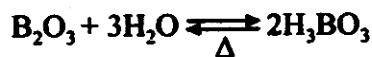
1. BCl<sub>3</sub> একযৌগিক কিন্তু AlCl<sub>3</sub> দ্বি-যৌগিক—ব্যাখ্যা করুন।
2. BX<sub>3</sub> ও AlX<sub>3</sub>-র আর্দ্রবিশ্লেষণ ব্যাখ্যা করুন।
3. BF<sub>3</sub>-র B—F বন্ধ-দূরত্ব ব্যাখ্যা করুন।
4. TlBr<sub>2</sub>, TlI<sub>3</sub>-এর গঠন কী?
5. (BCl)<sub>n</sub>-এর গঠন ঐকে দেখান [n = 4, 8, 9]
6. BCl<sub>3</sub> গ্যাস কিন্তু AlCl<sub>3</sub> কঠিন পদার্থ—ব্যাখ্যা করুন।

#### 4.4.3 অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

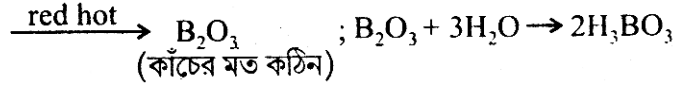
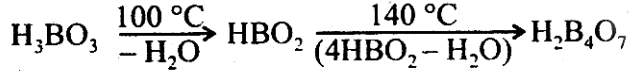
13 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির সবারই ট্রাই/সেসকুই অক্সাইড জানা আছে, সংকেত M<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Tl সুস্থির Tl<sub>2</sub>O-ও গঠন করে। অক্সাইডগুলির ক্ষারকীয় ধর্ম শ্রেণীবরাবর নিচের দিকে পারমাণবিক সংখ্যাবৃদ্ধির সঙ্গে বাড়তে থাকে। তাই, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> অম্লিক, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ও Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> উভধর্মী এবং In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ক্ষারকীয়। ট্রাইঅক্সাইডগুলি সংশ্লিষ্ট মৌলকে অক্সিজেনে উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়। যেমন :



B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-র সংশ্লিষ্ট একটি অ্যাসিড বোরিক অ্যাসিড। সেজন্য বোরিক অ্যাসিডকে লোহিত তপ্ত করেও বোরিক অক্সাইড বা বোরিক অ্যান্‌হাইড্রাইড পাওয়া যায় :

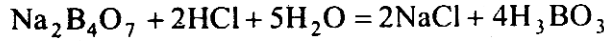


$B_2O_3$  নিয়তাকার ও কাঁচের মত অবস্থায় পাওয়া যায়। বোরন-এর সবশুদ্ধ তিনটি অক্সোঅ্যাসিড আছে। সবগুলিরই সংশ্লিষ্ট অ্যানহাইড্রাইড  $B_2O_3$ । অ্যাসিড তিনটি—অর্থোবোরিক অ্যাসিড,  $H_3BO_3$ ; মেটাবোরিক অ্যাসিড,  $HBO_2$  এবং পাইরোবোরিক অ্যাসিড,  $H_2B_4O_7$ । এদের মধ্যে সম্পর্ক :



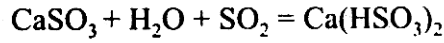
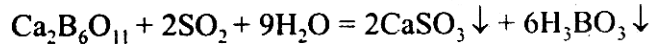
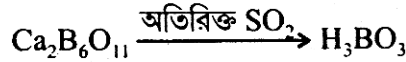
বোরিক অ্যাসিড বলতে সাধারণতঃ আমরা অর্থোবোরিক অ্যাসিডই বুঝি। একে বোরাসিক অ্যাসিডও বলে। টাস্কানির আগ্নেয়গিরি-নিঃসৃত উষ্ণ ফোয়ারা সাফনি (Saffoni)-র জলে এটি থাকে। এটি পাওয়া যায় :

(i) সোহাগার গরম সম্পৃক্ত দ্রবণের সঙ্গে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-এর বিক্রিয়ায় :



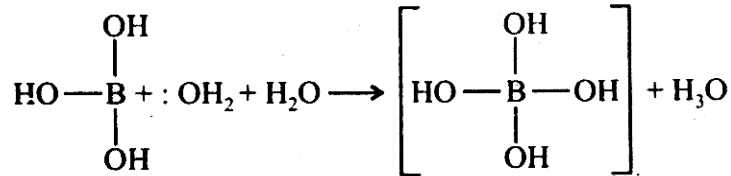
ঠাণ্ডা করলে বোরিক অ্যাসিডের কেলাস জমা হয়। একে ফিল্টার করে ঠাণ্ডা জলে ধুয়ে নিয়ে, আবার গরম জল থেকে পুনর্কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

(ii) চূর্ণ কেলম্যানাইট :



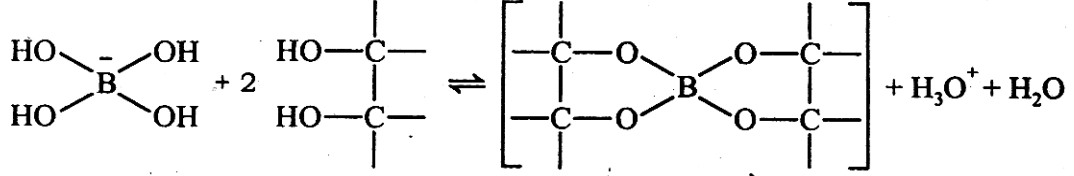
বোরিক অ্যাসিড নরম রেশমের মত মুক্তা-সাদা কেলাসাকার, ছুঁলে পিচ্ছিল মনে হয়, জলে অল্প দ্রবণীয়, কিন্তু গরম জলে দ্রবণীয় (দ্রাব্যতা : 285 K তে 4.01%, 373 K তে 28%), স্টীম-উদ্বায়ী।

এটি খুব মৃদু অ্যাসিড,  $pK=9.25$ , কারণ  $H^+$  প্রদানকারী (আরহেনিয়াস) অ্যাসিড নয়, এটি  $OH^-$ -এর থেকে ইলেকট্রন জোট গ্রহণকারী লুইস অ্যাসিড। দ্রবণে এটি একক্ষারকীয় অ্যাসিড হিসাবে আচরণ করে :



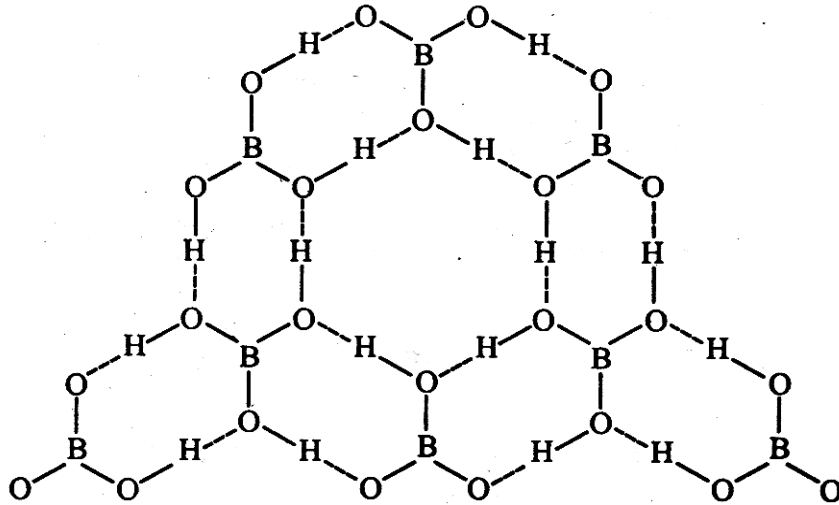
এই অ্যাসিড টার্মারিক কাগজকে বাদামী করে, নীল লিটমাসকে মদ্য-লাল করে, কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জের উপর এর প্রভাব নেই। খুব মৃদু বলে বোরিক অ্যাসিড-এর দ্রবণীয় লবণ সহজেই আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়, তাই কস্টিক সোডা দিয়ে এর অনুমাপন (titration) সম্ভব নয়। গ্লাইকল, গ্লিসারল, ম্যানিটলজাতীয় পলিহাইড্রিক অ্যালকোহলের সঙ্গে কিলেট (chelate) জটিলায়নের ফলে অ্যাসিড-তীব্রতা বেশ বাড়ে;

ম্যানিটলের সঙ্গে  $pK$ -এর মান 5.15-এ নেমে যায় (অর্থাৎ তীব্রতা  $10^4$  গুণেরও বেশি বাড়ে)। তখন ফিনলথ্যালাইন সূচকের উপস্থিতিতে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে এর অনুমাপন সম্ভব :



পরস্পরের সঙ্গে *cis*-অবস্থানে থাকা —OH কারকপুঞ্জ (যেমনটি পলিহাইড্রিক অ্যালকোহলে থাকে)-ই এরূপ কিলেট যৌগ উৎপন্ন করে। তাই ইথানল এরূপ প্রভাববিহীন। ক্যাটিকল ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সঙ্গে অনুরূপ কিলেটায়নের ফলে অ্যানায়নীয় বোরন জটিল উৎপন্ন হয়। 4-ক্রোরোক্যাটিকল ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের যৌগ দুটিকে ক্রসিন ও স্ট্রিক্টনিন লবণ মারফৎ আলোক সক্রিয় সমাবয়বে বিভাজিত করা হয়েছে। এ থেকে বোঝা যায় যে B-এর চারদিকে বন্ধগুলি চতুস্তলকীয় (4.5.4 দেখুন)।

বোরিক অ্যাসিডের রঞ্জনরশ্মি বর্ণালী থেকে দেখা যায় যে অর্থোবোরিক অ্যাসিডের কেলাস-জাফরি স্তর-বিন্যস্ত; ত্রিভুজাকৃতি  $\text{B}(\text{OH})_3$  এককগুলি H- বন্ধ দ্বারা যুক্ত অবস্থায় দ্বি-মাত্রিক চাদরের মত প্রসারিত।  $\text{B}(\text{OH})_3$ -এককের অক্সিজেন পরমাণুগুলি H- বন্ধ দ্বারা সংযুক্ত (চিত্র) এই চাদরগুলি একে অপরের উপর দিয়ে অগ্রসর হতে পারে। তাই এরা পিচ্ছিল। চাদরগুলি পরস্পরের সঙ্গে মৃদু ভ্যান ডার ওয়াল বল দ্বারা আকৃষ্ট। তাই সহজেই আঁশের আকারে বিশ্লিষ্ট হয় :

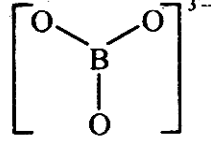


$\text{H}_3\text{BO}_3$ -এর ব্যবহার :

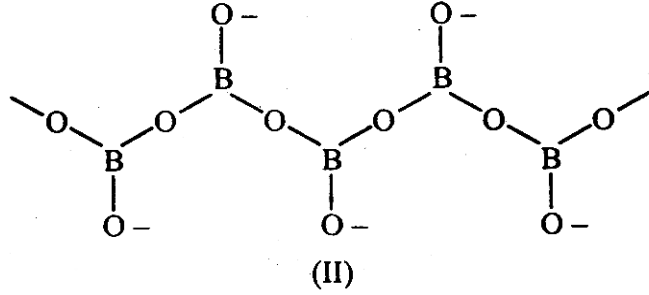
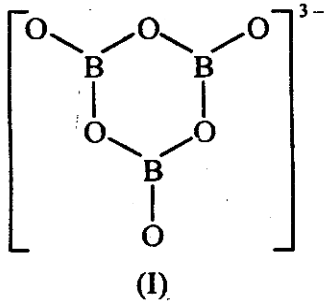
- (i) ওষুধ শিল্পে—এ্যান্টিসেপ্টিক মলম, বোরিক তুলো তৈরিতে, বোরিক পাউডার রূপে;
- (ii) কাঁচ ও গ্ল্যাজ তৈরিতে; (iii) মোনোপারঅক্সো বোরিক অ্যাসিড  $[\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow (\text{OH})_2\text{B}(\text{OOH})]$  এর সোডিয়াম লবণ  $\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{OH})_4(\text{O}_2)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  বিরঞ্জক হিসাবে ও কাপড় কাঁচা গুঁড়োয় ব্যবহৃত হয়।  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  মিশ্রিত সোডিয়াম মেটাবোরেটের তড়িৎবিশ্লেষণেও এটি পাওয়া যায়।



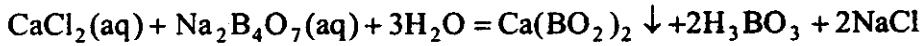
(i) ধাতব বোরেট : ধাতব বোরেট নিম্নলিখিত প্রকারের হতে পারে : (i) অর্থোবোরেট—খুব বেশি পাওয়া যায় না। ত্রিযোজী মৌলের কয়েকটি জানা আছে। যেমন  $MBO_3$  ( $M \equiv Sc, Y, In$ )। এদের মধ্যে অবস্থিত  $BO_3^{3-}$  আয়ন  $CO_3^{2-}$  ও  $NO_3^-$  এর সঙ্গে সম্বন্ধিত্বীয় ও এদের মত প্রতিসম।  $sp^2$  সংকরায়ন ঘটে :



(ii) মেটাবোরেট : খুবই পরিচিত। বোরাক্স (সোহাগা)-এর সঙ্গে অন্য লবণের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। যেমন,  $CaCl_2 + Na_2B_4O_7 + 3H_2O = Ca(BO_2)_2 + 2H_3BO_3 + 2NaCl$ . সোহাগা-গুটি পরীক্ষায়ও (পরে দেখুন) এরা তৈরি হয়। রামন বর্ণালী দেখায় যে মেটাবোরেট আয়ন সরলরৈখিক,  $O = B - O^-$  বা  $O \leftarrow B - O^-$ . কিন্তু এটি কখনই এককভাবে থাকে না। সোডিয়াম মেটাবোরেট ( $NaBO_2$ )<sub>3</sub> ষড়ভুজাকৃতি (I),  $Ca(BO_2)_2$ -তে  $BO_2$  এককগুলি অসীম শৃঙ্খল (II) উৎপন্ন করে :



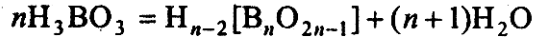
সোডিয়াম মেটাবোরেট  $NaBO_2 \cdot 4H_2O$  তৈরি হয় বোরাক্স ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের বিক্রিয়ায় :  $Na_2B_4O_7 + 2NaOH = 4NaBO_2 + H_2O$ . দ্রবণ কেলাসিত করলে ছুঁচের মত কেলাস পাওয়া যায়।  $Ca(BO_2)_2$  পাওয়া যায় :



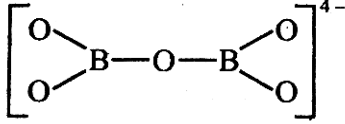
(iii) ঘনীভূত (Condensed) বোরেট : উদাহরণ ডাইবোরেট  $MgB_2O_5, CoB_2O_5$ ; পাইরোবোরেট  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  (বারাক্স/সোহাগা); আরও ঘনীভূত অবস্থা যেমন, কোলম্যানাইট  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ , ইউলেঞ্জাইট  $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$ ; বোরাসাইট  $MgCl_2 \cdot 2Mg_3B_8O_{15}$ . এদের মধ্যে  $[B_nO_{2n-1}]^{(n-2)-}$ -অ্যানায়ন থাকে।

লেডমেটাবোরেট  $Pb(BO_2)_2 \cdot H_2O$ ,  $Mg_2B_2O_5$  ও  $Co_2B_2O_5$  রঙ শিল্পে শুষ্কারী রাসায়নিক রূপে ব্যবহৃত হয়।  
ঘনীভূত বোরেটের সংশ্লিষ্ট অ্যাসিডকে সমবহুযৌগিক অ্যাসিড (isopoly acid) বলে।

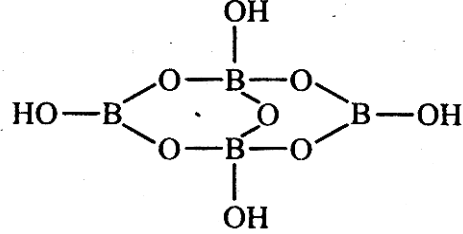
এটি আবার বোরিক অ্যাসিড থেকে নিচের পদ্ধতিতে গঠিত হয় :



নিচে দূরকম ঘনীভূত বোরোটের গঠন দেখানো হল :



ডাইবোরেট



বোরাক্স কেলাস

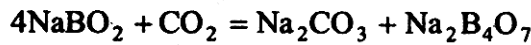
বোরাক্স  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  তে থাকে  $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$  বা  $[\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]^{2-}$  আয়ন, এটি দুটি ত্রিভুজাকার ও দুটি চতুস্তলকীয় একক বুনে গঠিত।

বোরাক্স একটি পরিচিত ও প্রয়োজনীয় যৌগ। আসুন এর সম্বন্ধে একটু বিস্তারিত জেনে নিই। আপনারা তো সোহাগা-গুটি পরীক্ষার কথাও জানেন। এ প্রসঙ্গে তা-ও বিশদে জেনে নেব আমরা, কেমন?

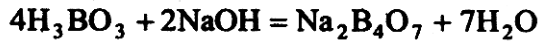
বোরাক্স (সোডিয়াম পাইরোবোরেট/টেট্রাবোরেট ডেকাহাইড্রেট)

প্রস্তুতি :

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বোরাক্সকে টিন্‌ক্যাল বলে। তিব্বত-এর শুকিয়ে যাওয়া হুদে ও ক্যালিফোর্নিয়ার সার্লিস্ (Searle's) হুদে এটি পাওয়া যায়। এতে 55% বোরাক্স থাকে, কেলাসন পদ্ধতিতে এর থেকে বোরাক্স পাওয়া যায়। চূর্ণীকৃত কোলম্যানাইট থেকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ সহযোগে ফুটিয়ে বোরাক্স তৈরি হয়।  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 2\text{NaBO}_2$  ফিল্টার করে পরিশ্রুতকে গাঢ় করলে বোরাক্স কেলাস পাওয়া যায়। শেষ দ্রবের মধ্যে কার্বন ডাইঅক্সাইড পাঠিয়ে দ্বিতীয় দফায় বোরাক্স পাওয়া যায় :



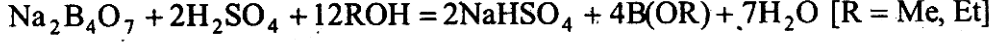
বোরিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বা কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে ফুটিয়েও বোরাক্স পাওয়া যায় :



ধর্মাবলী :

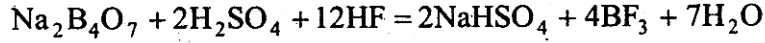
335 K-এর নিচে  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  মনোক্লিনিক কেলাসাকার; এই তাপমাত্রার উপরে অষ্টতলকীয় (octahedral)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  কেলাসিত হয়। বোরাক্স উদ্ভাসী পদার্থ। জলীয় দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের জন্য ক্ষারকীয় :  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ .

বোরাক্স বা (যে কোনও ধরনের বোরোট), গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও মিথাইল বা (ইথাইল) অ্যালকোহলের মিশ্রণকে একটা পরখ নলে নিয়ে উত্তপ্ত করে, নির্গত বাষ্পে আগুন ধরালে সবুজ ধার-বিশিষ্ট শিখা পাওয়া যাবে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন উদ্বায়ী ট্রাইমিথাইল বা (ইথাইল) বোরোট স্বলে :

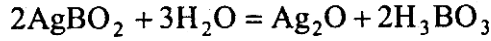
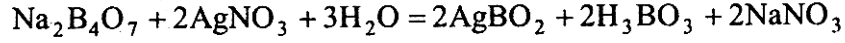


বোরিক এসিড নিলে সালফিউরিক অ্যাসিড দিতে হয় না।

বোরাক্স বা (যে কোনও বোরোট বা বোরিক অ্যাসিড), ক্যালসিয়াম বা (যে কোনও) ফ্লুওরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-এর মিশ্রণকে কাঁচের দণ্ড দিয়ে নেড়ে দণ্ডটাকে বুনসেন দীপের জারক শিখার তলদেশে ঠিক বাইরে ধরা হলে শিখার ধারটি সবুজ রঙ-এর হবে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন উদ্বায়ী বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড শিখাই এই রঞ্জনের জন্য দায়ী :  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$



সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বোরাক্সের গাঢ় জলীয় দ্রবণে যোগ করলে সাদা সিলভার মেটাবোরেট অধঃক্ষিপ্ত করে; এটি জলে আর্দ্রবিশিষ্ট হয়ে সিলভার অক্সাইড-এর বাদামী অধঃক্ষেপ ফেলে। লঘু দ্রবণে অবশ্য একবারেই সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



এই তিনটি বিক্রিয়াই বোরোট/বোরিক অ্যাসিড সনাক্ত করতে প্রযুক্ত হয়।

#### সোহাগা-গুটি পরীক্ষা (Borax-bead test) :

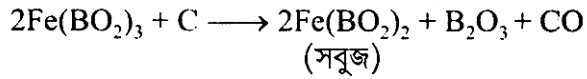
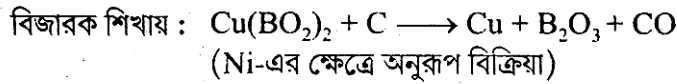
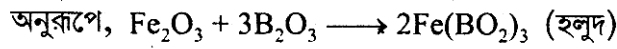
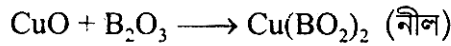
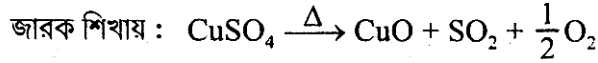
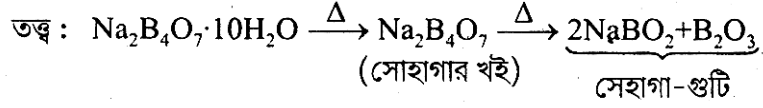
আসুন আমরা সোহাগা-গুটি পরীক্ষা ও তার তত্ত্বটা এই ফাঁকে জেনে নিই। পরীক্ষা : একটি প্লাটিনাম তার বাঁকিয়ে গরম করে বোরাক্সে ডুবিয়ে আবার গরম করা হলে প্রথমে ফুলে উঠে অনার্দ্র বোরাক্স (সোহাগার খঁই) ও তারপরে একটি স্বচ্ছ সোহাগার গুটি তৈরি করবে। এই গুটিটাকে লবণে স্পর্শ করিয়ে পর্যায়ক্রমে বুনসেন দীপের জারক ও বিজারক শিখায় ধরা হয়।

পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত : গুটির রঙ দেখে লবণের ক্ষারকীয় মূলক সম্বন্ধে ধারণা হবে। নিচের সারণিটি দেখুন।

#### সারণি—৬

মূলক	গুটির রঙ			
	জারক শিখা		বিজারক শিখা	
	উত্তপ্ত অবস্থায়	শীতল অবস্থায়	উত্তপ্ত অবস্থায়	শীতল অবস্থায়
(i) কপার	সবুজ	আসমানী	—	অস্বচ্ছ লাল
(ii) কোবাল্ট	গাঢ় নীল	গাঢ় নীল	গাঢ় নীল	গাঢ় নীল
(iii) ক্রোমিয়াম	পান্না-সবুজ	পান্না-সবুজ	পান্না-সবুজ	পান্না-সবুজ
(iv) আয়রন	লালাভ হলুদ	হলুদ	বোতল-সবুজ	বোতল-সবুজ
(v) ম্যাঙ্গানিজ	—	অ্যামেথিস্ট	—	বর্ণহীন
(vi) নিকেল	—	বাদামী	—	অস্বচ্ছ ধূসর

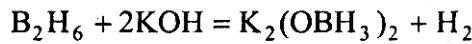
কোবাল্ট লবণের পরীক্ষায় প্রাপ্ত সোহাগা গুটির রঙ একরকম বিশেষ নীল। একে 'কোবাল্ট ব্লু' বলে।



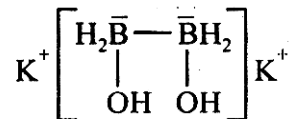
সোহাগার ব্যবহার : (i) চশমার কাঁচ, শক্ত কাঁচ, এনামেল, গ্লেজ তৈরিতে, (ii) এ্যান্টিসেপ্টিক সাবান তৈরি করতে, খাদ্য-সংরক্ষণে, রাং-ঝাল দেওয়ার সময় পরিষ্কারক হিসাবে, মোমবাতির পলতে শক্ত করতে ও রেশম কাপড়ে ইন্দ্রি করে চকচকে করতে, (iii) বীক্ষণাগারে ধাতব মূলকের শুষ্ক পরীক্ষায়, (iv) কস্টিক সোডার সঙ্গে মিশ্রণ দিয়ে কাঠ ও হার্ডবোর্ডের উপর প্রলেপ দেওয়া হয়, যাতে ঘুণপোকা না ধরে, (v) সোনা পরিষ্কার ও উজ্জ্বল করতে।

সোনাকে সেহাগা মিশিয়ে কাঠকয়লার উপরে গরম করলে সোনা উজ্জ্বল হয়। এ থেকেই বাংলায় 'সোনায় সোহাগা' বাগ্মীতি এসেছে।

বোরন হাইপোবোরেট গঠন করে। মুক্ত হাইপোবোরিক অ্যাসিড অবশ্য পাওয়া যায়নি। তাও শুধু পটাসিয়াম লবণই জানা আছে,  $\text{K}_2[\text{HO} \cdot \text{H}_2\text{B} \cdot \text{BH}_2 \cdot \text{OH}]$ । ডাই- বা টেট্রা-বোরেনকে 273 K-তে KOH দ্রবণে যোগ করলে এটি পাওয়া যায়।

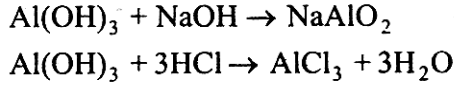


শূন্যস্থানে উদ্বায়িত করলে অষ্টতলকীয় কেলাসাকারে উর্ধ্বপাতিত হয়। এটি বিজারক (সিলভার/মার্কারি লবণ থেকে ধাতু, কপার (II) সালফেট থেকে কপার হাইড্রাইড ও নিকেল (II) সালফেট থেকে কালো  $\text{NiB}_2$  অধঃক্ষিপ্ত করে। তিরশ্চুম্বকত্ব (diamagnetism) দ্বি-যৌগিক গঠন বোঝায় :



$Ni(II) \rightarrow NiB_2$  হাইপোবোভেটর সুবেদী পরিচায়ক পরীক্ষা।

Al, Ga, In, Tl-এর অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিড :  $Al_2O_3$  উভধর্মী। সোদক  $Al_2O_3$  বা  $Al(OH)_3$ , NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট  $NaAlO_2$  উৎপন্ন করে, আবার লঘু HCl-এ  $AlCl_3$  রূপে দ্রবীভূত হয় :



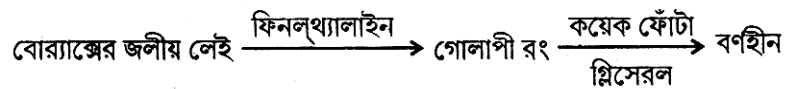
কঠিন অবস্থায়  $NaAlO_2$  দুই অণু জলে নিয়ে থাকে। pH 13-র উপরে  $Al(OH)_4^-$  রূপে অবস্থান করে। 8-12 pH-এ OH-সেতুর মাধ্যমে বহুযৌগিত অবস্থায় থাকে, Al অষ্টতলকীয় অবস্থায় থাকে। 1.5 M-এর অধিক গাঢ়ত্রে এর অবস্থিতি  $[(HO)_3-Al-O-Al(OH)_3]^{2-}$  রূপে।  $NaAlO_2$  দ্রবণ থেকে অ্যাসিড-এর সংযোগে এমনকি  $CO_2$  বা  $NH_4F$  বা  $(NH_4)_2CO_3$  দিলেও  $Al(OH)_3$  অধঃক্ষিপ্ত হয়। এ থেকে  $Al(OH)_3$ -র খুব মৃদু আল্পিক ধর্ম বোঝা যায়।  $Al(OH)_3$  কে 750 K-এর নিচের তাপমাত্রায় শুষ্ক করলে যে  $Al_2O_3$  পাওয়া যায় তাকে T- $Al_2O_3$  বলে।  $2Al(OH)_3 \rightarrow T-Al_2O_3 + 3H_2O$ । এই T- $Al_2O_3$  বেশি সক্রিয়। 1500 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে T- $Al_2O_3$ -র দশান্তর ঘটে  $\alpha-Al_2O_3$  উৎপন্ন হয়। একে কোরাণাম বলে। কোরাণাম-এর গলনাংক 2328 K, খুব শক্ত (মোহ-স্কেলে 9), নিষ্ক্রিয় (বিশেষ করে অ্যাসিডের প্রতি)। গ্রহরত্নের  $Al_2O_3$  কোরাণাম। কৃত্রিম কোরাণামকে অ্যালাভাম বলে। 3% কোক ও 2% আয়রন সহযোগে বক্সাইটকে 3000 K-তে তড়িৎতাপন চুল্লীতে উত্তপ্ত করে এটি পাওয়া যায়।

Al-এর মত Ga-এর ট্রাইঅক্সাইড  $Ga_2O_3$ -ও উভধর্মী।  $Ga_2O_3$ -র দুটি রূপ আছে—উচ্চ তাপমাত্রিক  $\alpha$ - ও নিম্নতাপমাত্রিক  $\lambda$ -রূপ।  $Ga(OH)_3$ -ও উভধর্মী সাদা, আঠাল, ক্ষারীয় দ্রবণে গ্যালেট রূপে দ্রবীভূত হয়।  $In_2O_3$  (হলুদ) ও  $Tl_2O_3$  (বাদামী-কালো)-এর একটি রূপই আছে। এরা সম্পূর্ণ ক্ষারকীয়, এদের হাইড্রেট বা হাইড্রক্সাইড হয় না।  $Tl_2O_3$  কে 373 K-এর উপরে উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন হারিয়ে  $Tl_2O$  উৎপন্ন করে।  $Tl_2CO_3$  কে  $N_2$  মণ্ডলে 973 K-তে উত্তপ্ত করলে  $Tl_2O$  পাওয়া যায়। এটি জলে দ্রবীভূত হয়ে  $Tl(OH)$  উৎপন্ন করে।  $TlOH$  তীব্র ক্ষারক ও জলে দ্রাব্য।

$Al(OH)_3$  ব্যবহৃত হয় জলে ও বর্জ্য তরল শোধনে, কাপড়কে জল নিরোধক করতে, এবং রং-শিল্পে। অনার্দ্র  $Al_2O_3$  অনুঘটক এবং ক্রোম্যাটোগ্রাফিতে এবং অ্যালাভাম ঘর্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী—9

1. নিচের পর্যবেক্ষণ ব্যাখ্যা করুন :

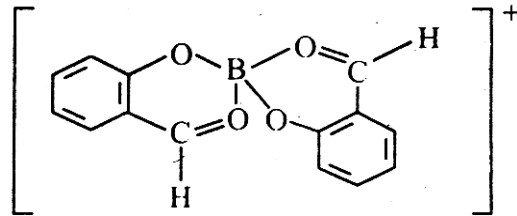


2. বোরিক অ্যাসিড একক্ষারীয় অ্যাসিডরূপে আচরণ করে কেন?
3. গ্লিসারলের উপস্থিতিতে প্রমাণ NaOH দ্রবণ সহযোগে ফিনলথ্যালাইন ব্যবহার করে অনুমান করে বোরিক অ্যাসিডের মাত্রিক বিশ্লেষণ সম্ভব। এখানে গ্লিসারলের ভূমিকা কী?

4. পারঅক্সোবোরেট কী? এর ব্যবহার উল্লেখ করুন।
5. বোরাক্স থেকে বোরিক অ্যাসিড এবং বোরিক অ্যাসিড থেকে বোরাক্স কীভাবে পাবেন?
6. বোরাক্স ও বোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার উল্লেখ করুন।
7. ঠিক উত্তরটি বাছুন :
  - (i) বোরাক্সের কোন ব্যবহারটি ঠিক নয়?
    - (A) সোনা পরিষ্কার করতে
    - (B) জার্মাকাপড় পরিষ্কার করার ক্ষেত্রে
    - (C) খাদ্য সংরক্ষণে
    - (D) মুখ্য প্রমাণ পদার্থ হিসাবে
  - (ii) গ্রহরত্ন  $Al_2O_3$ -এ ছড়ানো বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড এই  $Al_2O_3$  থাকে — হিসাবে
    - (A) কোরাভাম
    - (B) অ্যালাভাম
    - (C)  $Al(OH)_3$
    - (D)  $Al_2O_3 \cdot xH_2O$

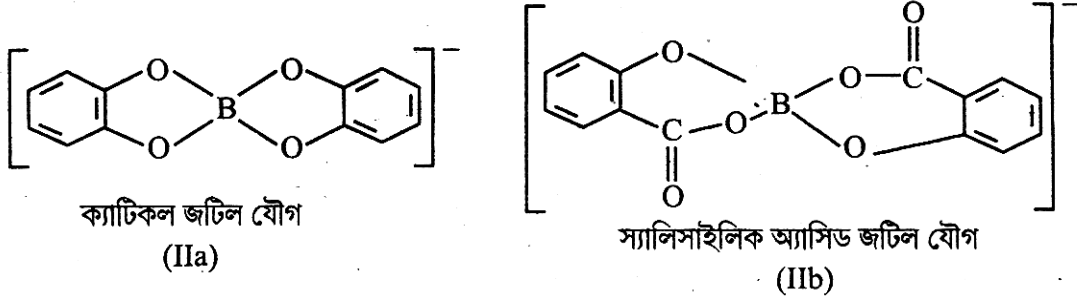
#### 4.4.4 জটিল যৌগসমূহ

13 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলি S-ব্লক মৌল অপেক্ষা অনেক বেশি সক্রিয় প্রবণতার সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে। এদের ছোট আকার ও বর্ধিত আধান এর জন্য দায়ী। চতুস্তলকীয় হাইড্রাইড ও হ্যালাইড জটিল  $Li[AlH_4]$ ,  $H[BF_4]$  জানা আছে। অনেক অষ্টতলকীয় জটিল যেমন  $[MCl_6]^{3-}$  [ $M \equiv Ga, In, Tl$ ] জানা আছে। আকার বৃদ্ধির জন্যই প্রথম ক্ষেত্রের সবর্গাংক 4 দ্বিতীয় ক্ষেত্রের 6 সবর্গাংকে বৃদ্ধি পায়। পলিহাইড্রিক অ্যালকোহলের সঙ্গে  $H_3BO_3$ -র মিশ্রণে যে বর্ধিত অ্যাসিড তীব্রতা প্রকাশ পায়, তাতেও বোরনের জটিলায়নের প্রবণতা টের পাওয়া যায়। অনেক বিকৃত চতুস্তলকীয় জটিল যৌগ  $MX_3$ -র সঙ্গে অ্যামিন, ইথার, কিটোন, অ্যালকোহল, ফস্ফিন প্রভৃতির 1:1 যুতযৌগ মাত্র। B-স্যালিস্যালডিহাইড জটিল (I) আলোক সক্রিয় সমাবয়বে বিভাজিত করা যায়—এ থেকে তাদের চতুস্তলকীয় ত্রিমাত্রিক-রসায়নের হৃদিশ পাওয়া যায় (4.5.3 দেখুন) :

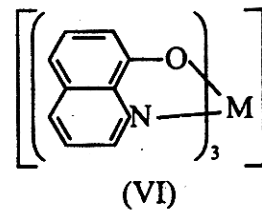
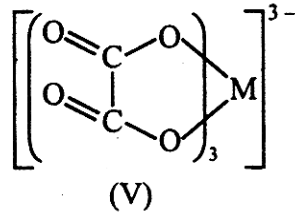
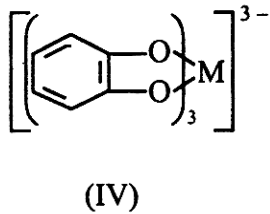
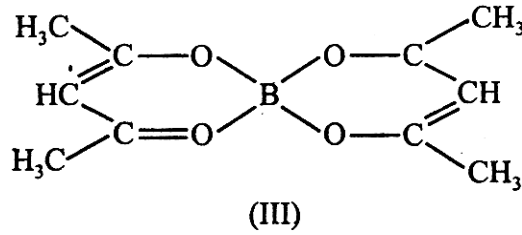


(I)

ক্যাটিকল ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিডও অনুরূপ কিলেটীয় অক্সোসঞ্জাত যৌগ গঠনের মাধ্যমে বোরনের অ্যানায়নীয় জটিল যৌগ গঠন করে (IIa ও IIb) :



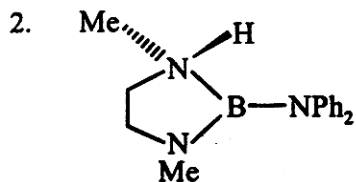
অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন ( $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3 \equiv \text{aCaCH}$ ) বা যে কোনও  $\beta$ -ডাইকিটোন  $\text{BX}_3$ -র সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যাটায়নীয় বিস্ (অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোনেটো বোরন (III) হ্যালাইড (II) উৎপন্ন করে। অতডিৎবিশ্লেষ্য  $[\text{BF}_2\text{aCaC}]$  জানা আছে। 13 শ্রেণীর যৌগের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অষ্টতলকীয় জটিল যৌগ হল কিলেটীয় যৌগ। এর মধ্যে আবার সুপরিচিত  $\beta$ -ডাইকিটোন (III), ক্যাটিকল (IV), ডাইকার্বসিলিক অ্যাসিড (V) ও ৪-হাইড্রক্সিকুইনোলিন (VI) যৌগ :



এর মধ্যে (VI) Al-এর তৌলিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

#### অনুশীলনী—10

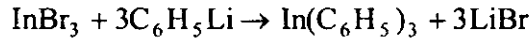
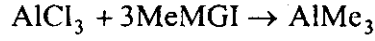
1. ব্রোমো (4-মিথাইল অ্যামিন) ট্রাইমিথাইল অ্যামিন বোরন হাইড্রাইড-এর গঠন দিন। এর আলোক সক্রিয়তা সম্বন্ধে আপনার কী ধারণা?



জটিল যৌগে B-এর সবর্গাংক কত? এর জ্যামিতিক গঠন কীরূপ? এর সুস্থিরতার কারণ কী বলে আপনি মনে করেন?

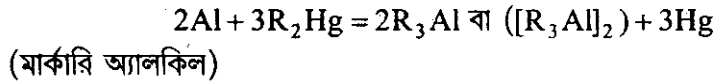
#### 4.4.5 জৈব ধাতব যৌগসমূহ (Organometallic Compounds)

13 শ্রেণীর সব মৌলই গ্রীনার্ড (Grignard) বিকারকসমূহের সঙ্গে ও জৈব লিথিয়াম যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ট্রাইঅ্যালকিল ও ট্রাইঅ্যারিল যৌগ উৎপন্ন করে :

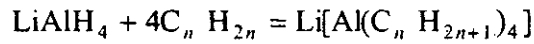
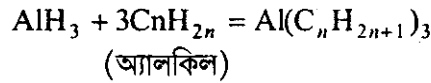


ডাইবোরেনের সঙ্গে অ্যালকিনের বিক্রিয়াতেও বোরন অ্যালকিল পাওয়া সম্ভব।

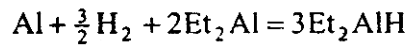
জৈব ধাতব যৌগসমূহের মধ্যে Al যৌগই সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ :



বড়ো মাপে তৈরি করার জন্যে আরও সরাসরি পদ্ধতি আছে :



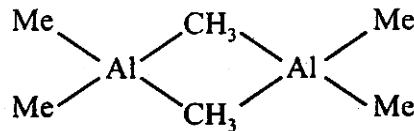
যদিও Al এবং H<sub>2</sub>-এর সরাসরি বিক্রিয়ায় (AlH<sub>3</sub>)<sub>n</sub> পাওয়া যায় না, কিন্তু Al-অ্যালকিল-এর উপস্থিতিতে Al হাইড্রোজেন গ্রহণ করে :



Al-অ্যালকিলের ভূমিকা অনুঘটকের (জিগ্লার অনুঘটক)। এই অনুঘটক ইথিলিন, প্রপিলিন ইত্যাদির বহুযৌগিকতার ক্ষেত্রেও ব্যবহৃত হতে পারে।

Al—H বন্ধে ওলিফিন যুক্ত হতে পারে Et<sub>2</sub>AlH + H<sub>2</sub>C = CH<sub>2</sub> = Et<sub>2</sub>Al—CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> অর্থাৎ Et<sub>3</sub>Al

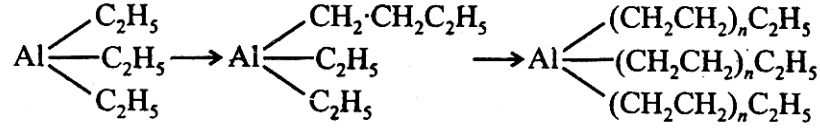
Al-অ্যালকিল একটু অস্বাভাবিক, কারণ এরা দ্বি-যৌগিক গঠন বিশিষ্ট :



মনে হয় এদের মধ্যে Al—C—Al সেতু Al ও C এর উপর sp<sup>3</sup> সংকর কক্ষক সংশ্লিষ্ট ত্রি-কেন্দ্রিক 2e বন্ধ আছে।



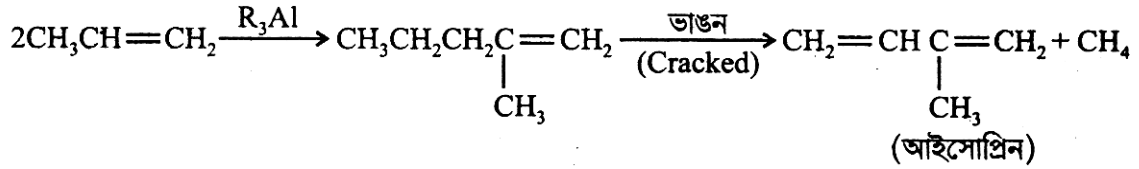
363—393 K তাপমাত্রায় 100 বায়ুমণ্ডল চাপে Al—C বন্ধের সঙ্গে ইথিলিন অণু যুক্ত হয় :



এভাবে C<sub>200</sub> পর্যন্ত লম্বা শৃঙ্খল সৃষ্টি করা সম্ভব। লম্বা শৃঙ্খলসম্পন্ন Al-অ্যালকিল সরল শৃঙ্খল-বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন পলিফিন উৎপন্ন করে।

উপযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকিল তৈরি করে, বায়ুতে জারণ ঘটিয়ে তারপর জল সহযোগে আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটিয়ে ~C<sub>14</sub> শৃঙ্খল দৈর্ঘ্যের অ্যালকোহল পাওয়া গেছে। এই অ্যালকোহলগুলির সালফোনেটীকরণ ঘটিয়ে বায়োডিগ্রেডেবল ডিটারজেন্ট CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-CSO<sub>3</sub><sup>-</sup>Na<sup>+</sup> তৈরি হয়েছে।

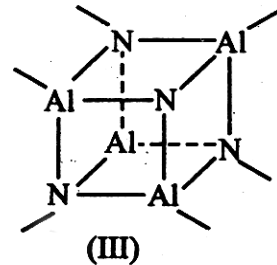
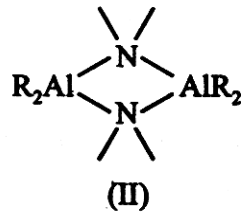
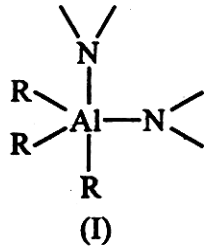
প্রোপিনের দ্বি-যৌগিকরণ ঘটিয়ে আইসোপ্রিন তৈরির ক্ষেত্রে Al-অ্যালকিল যৌগ অনুঘটকের কাজ করে :



অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকিলের এরূপ ব্যবহার শিল্পে খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

শৈল্পিক গুরুত্ববিশিষ্ট অপর শ্রেণীর যৌগ ‘সেসকুই ক্লোরাইডসমূহ’, যথা MeAlCl<sub>2</sub>, Et<sub>2</sub>AlCl। এই যৌগগুলি অ্যালুমিনিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম-ম্যাগনেসিয়াম ধাতুসংকরের সঙ্গে অ্যালকিল ক্লোরাইডের সরাসরি বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়। কিন্তু এই বিক্রিয়া প্রোপাইল বা উচ্চতর ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে অচল, কারণ অ্যালকিল অ্যালুমিনিয়াম হ্যালাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইড বিযোজিত হয়ে HCl, অ্যালকেন প্রভৃতি উৎপন্ন হয়।

এই ধরনের অ্যালকিল যৌগগুলি লুইস অ্যাসিড, আর তাই এরা অ্যামিন, ফস্ফিন, ইথার, থায়োইথার ইত্যাদি ইলেক্ট্রন সরবরাহকারী যৌগের সঙ্গে যুক্ত হয়ে চতুস্তলকীয় চতুর্বিগত (four coordinated) জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। টেট্রামিথাইল হাইড্রাজিনের (যেমন Me<sub>2</sub>N·N·Me<sub>2</sub>)-সঙ্গে পঞ্চবিগত যৌগ (I) উৎপন্ন করে :



1°/2° অ্যামিন বা ফস্ফিনের সঙ্গে, 1 : 1 জটিল একটি বা দুটি অ্যালকিল গ্রুপ বিতাড়িত করে সেতু-বন্ধ (bridged) যৌগ (II/III) উৎপন্ন করে।

অ্যালকিল যৌগসমূহের অপর অসাধারণ বিক্রিয়ার মধ্যে KF ও KCN-এর সঙ্গে বিক্রিয়াগুলি পড়ে। প্রথমটি 333 K তাপমাত্রায় টলুইন মাধ্যমে Al(Et)<sub>3</sub>-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে K[Et<sub>3</sub>AlFAIEt<sub>3</sub>] উৎপন্ন করে—এখানে AlFAI সরলরৈখিক। এই সরলরৈখিকতার মূলে আছে F-এর sp<sub>2</sub> সংকরায়িত কক্ষকের কোণাকুণি ব্যবহার করে Al—F σ-বন্ধ এবং F-এর ভর্তি p<sub>x</sub> ও p<sub>y</sub> কক্ষক ও Al-এর খালি dn কক্ষকের উপর্যুপাতের ফলে গঠিত Al—F π বন্ধের উদ্ভব—যেমনটি ঘটে সন্ধিগত মৌলের জটিল যৌগে উপস্থিত কোন কোন সরলরৈখিক M—O—M বন্ধের ক্ষেত্রে। CH<sub>3</sub>M (M = Al, Ga, In, Tl) এর সঙ্গে HCN-এর বিক্রিয়ায় চতুর্যৌগিত [(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>MCN]<sub>4</sub> উৎপন্ন হয়—এরা বাতাসের সঙ্গে সহজেই বিক্রিয়া করে, আর এদের মধ্যে সরলরৈখিক MCNM গ্রুপ থাকে।

Ga, In ও Tl-এর ট্রাইঅ্যালকিলসমূহ অনুরূপ Al-যৌগগুলিরই মত। কিন্তু এদের এত বিস্তারিত চর্চা হয়নি, তাছাড়া এদের সুস্থিরতাও কম। একটা প্রধান পার্থক্য হচ্ছে এই যে B, Ga, In, Tl-এর অ্যালকিলসমূহ সাধারণ তাপমাত্রায় দ্বি-যৌগিক হয় না। অবশ্য ট্রাইমিথাইল ইন্ডিয়াম একটি ব্যতিক্রম; এটি দ্রবণে একযৌগিক, কিন্তু কঠিন অবস্থায় সংযোজিত হয়ে থাকে—গঠন জটিল, দীর্ঘতর বন্ধ দিয়ে চতুর্যৌগিক এককগুলি সংযুক্ত থাকে।

Tl খুব সুস্থির আয়নীয় যৌগ গঠন করে—এদের গঠন R<sub>2</sub>TlX (X = হ্যালাজেন, SO<sub>4</sub>, CN, NO<sub>3</sub>, ইত্যাদি)। দ্রবণ এবং কেলাসে (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Tl<sup>+</sup> আয়ন সরলরৈখিক। কেলাসে অবশ্য অ্যানায়নগুলি সম্ভবতঃ সেতুর কাজ করে। অধিকতর সবর্গায়ন ঘটতে পারে; যেমন নাকি (Me<sub>2</sub>TlP<sub>y</sub>)ClO<sub>4</sub> পাওয়া গেছে। Me<sub>2</sub>TlP<sub>y</sub> আয়ন T-আকৃতির—বর্ণালীবীক্ষণে তা দেখা গেছে। বাই-পিরিডিল-বিস্-পেন্টাম্ফোওরো ফিনাইল থ্যালিয়াম হ্যালাইড 5-সবর্গায়িত যৌগ : (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>TlCl(bipy)

অনুশীলনী—11

1. জিগলার অনুঘটক কী? এর ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।
2. প্রোপিন থেকে কীভাবে আইসোপ্রিন তৈরী করা যায়? আইসোপ্রিন কী কাজে লাগে?

## 4.5 বোরন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ

প্রতিটি পর্যায় শ্রেণীতেই দেখা যায় যে, শ্রেণীর প্রথম মৌলটি অন্য সমশ্রেণিকগুলির চেয়ে অনেকাংশে পৃথক। এর মূলে আছে ক্ষুদ্র আকার ও d-ইলেক্ট্রনের উপস্থিতি। বোরনের ক্ষেত্রেও তার ব্যতিক্রম ঘটে না। বোরনের ক্ষেত্রে বিশেষ কিছু ধর্ম দেখা যায়, যা অন্য সমশ্রেণিকগুলির ক্ষেত্রে দেখা যায় না। এরকম কিছু কিছু পার্থক্য আপনারা আগে লক্ষ্য করেছেন। আমরা এবার বোরনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগগুলির সম্বন্ধে আলোচনা করি আসুন।

#### 4.5.1 বোরন হাইড্রাইডসমূহ

অ্যালকেন এবং সিলেন-এর সঙ্গে সঙ্গতি রেখে বোরন হাইড্রাইডগুলিকে বোরেন বলা হয়ে থাকে। এই যৌগগুলিও কার্বন ও সিলিকন হাইড্রাইডের মত উদ্বায়ী এবং সমযোজী। ত্রি-যোজিত্বের জন্য আশা করা যায় সরলতম হাইড্রাইডের সংকেত হবে  $BH_3$ , কিন্তু এই অস্থায়ী সরলতম হাইড্রাইডের সংকেত  $B_2H_6$ , ডাইবোরেন। বর্তমানে পঁচিশটিরও বেশি প্রশম বোরেন  $B_nH_m$  জানা আছে। যার মধ্যে এগারটি পূর্ণ পরিচিত। আরও বেশি সংখ্যায় জানা আছে বোরেন অ্যানায়ন  $B_nH_m^{x-}$ । এগুলিকে নিচের মত শ্রেণীবিভক্ত করা যায় :

(1) ক্লোজো-বোরেন [closa গ্রীক ক্লোভো (clovo) = একটি খাঁচা] : এদের মধ্যে  $n$  বোরন এ্যাটমের দ্বারা গঠিত বদ্ধ বহুতলিক গুচ্ছ যৌগ (closed polyhedral clusters)। যেমন,  $B_nH_n^{2-}$  ( $n=6-12$ )। প্রশম  $B_nH_{n+2}$  জানা নেই।

(2) নিডো-বোরেন (nido; লাতিন nidus = একটি বাসা) : এরা মুক্ত-শৃঙ্খল গঠন বিশিষ্ট—এদের মধ্যে  $B_n$  গুচ্ছ ( $n+1$ ) কোণবিশিষ্ট বাহুতলিকের  $n$ -টি কোণে অবস্থিত থাকে।  $B_nH_{n+4}$ , যেমন— $B_2H_6$ ,  $B_5H_9$ ,  $B_6H_{10}$ ,  $B_{10}H_{14}$ ,  $B_8H_{12}$ -র গঠন অবশ্য বেশি উন্মুক্ত।

$B_nH_{n+3}^-$ , যেমন— $B_5H_8^-$ ,  $B_{10}H_{13}^-$ ,  $B_4H_7^-$ ,  $B_9H_{12}^-$  (শেষের দুটির সংশ্লিষ্ট প্রশম বোরেন জানা নেই)।

$B_nH_{n+2}^{2-}$ , যেমন— $B_{10}H_{12}^{2-}$ ,  $B_{11}H_{13}^{2-}$

(3) অ্যারাচনো বোরেন (arachno; গ্রীক arachne = মাকড়সার জাল) : এদের গঠন উন্মুক্ততর। এখানে ( $n+2$ ) বহুতলিকের পরপর  $n$ -টি কৌণিক বিন্দুতে B-পরমাণুগুলি অবস্থান করে :

সাধারণ সংকেত

উদাহরণ

$B_nH_{n+6}^-$

$B_4H_{10}$ ,  $B_6H_{12}$ ,  $B_8H_{14}$ ,  $n-B_9H_{15}$ ,  $i-B_9H_{15}$

$B_nH_{n+5}^-$

$B_2H_7^-$ ,  $B_3H_8^-$ ,  $B_5H_{10}^-$ ,  $B_9H_{14}^-$ ,  $B_{10}H_{15}^-$

$B_nH_{n+4}^{2-}$

$B_{10}H_{14}^{2-}$

(4) হাইফো-বোরেন (hypho; গ্রীক hypho = জাল) : এদের গঠন উন্মুক্ততম। এখানে ( $n+3$ ) বহুতলিকের  $n$ টি কৌণিক বিন্দুতে B পরমাণুগুলি থাকে। সাধারণ সংকেত  $B_nH_{n+8}$ ; কোন প্রশম বোরেন সঠিকভাবে জানা নেই। তবে  $B_8H_{16}$  ও  $B_{10}H_{18}$  হাইফোবোরেন হতে পারে। কিন্তু বোরেন-যুতযৌগের সম্ভাব্য গঠন এমনটি।

(5) কনজাক্টো-বোরেন (conjuncto; গ্রীক conjuncto = আমি একত্রে জুড়ি) : উপর্যুক্ত বিভিন্ন শ্রেণীর গুচ্ছ বোরেন-এর দুই বা ততোধিক একসঙ্গে সংযুক্ত হয়ে এ ধরনের বোরেনের উদ্ভব হয়ে থাকে। এভাবে বোরেন গুচ্ছের পারস্পরিক সংযুক্তির ফলে অন্ততঃ পাঁচ প্রকার গঠন জানা আছে। এদের বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :

(ক) একটি সাধারণ বোরন পরমাণু ভাগাভাগির ফলে সংযোজন ঘটে; যেমন— $B_{15}H_{23}$

(খ) দুটি গুচ্ছের মধ্যে সরাসরি দ্বি-কেন্দ্রিক B—B  $\sigma$ -বন্ধ গঠনের মাধ্যমে সংযোজন ঘটে; যেমন— $B_8H_{18}$  [অর্থাৎ  $(B_4H_9)_2$ ],  $B_{10}H_{16}$  [অর্থাৎ  $(B_5H_8)_2$ ],  $B_{20}H_{26}$  [অর্থাৎ  $(B_{10}H_{13})_2$ ]।  
অ্যানায়ন :  $B_{20}H_{18}^{4-}$  [অর্থাৎ  $(B_{10}H_9^{2-})_2$ —এই সংকেতে তিনটি সমাবয়ব হয়।

(গ) একটি সাধারণ প্রান্তরেখা (edge) বরাবর দুটি বোরন পরমাণুর মাধ্যমে দুটি গুচ্ছের সংযোজনে গঠিত; যেমন— $B_{13}H_{19}$ ,  $B_{14}H_{18}$ ,  $B_{14}H_{20}$ ,  $B_{16}H_{20}$ ,  $B_{18}H_{22}$

(ঘ) একটি সাধারণ তলের ভাগাভাগির মাধ্যমে তিনটি B-পরমাণুর মাধ্যমে দুটি গুচ্ছের সংযোজনে গঠিত; এমন কোন প্রশম বোরেন বা বোরেন অ্যানায়ন জানা নেই; তবে দ্রাবকায়িত (solvated)  $(MeCN)_2 B_{20}H_{16} \cdot MeCN$ -এর একরূপ গঠন আছে।

(ঙ) বিভিন্ন গঠনভঙ্গী (configuration)-র গুচ্ছে চারটি B-পরমাণুর মাধ্যমে আরও বেশি সংযোজনের ফলে গঠিত; যেমন  $B_{20}H_{16}$ ,  $B_{20}H_{18}^{2-}$

নামকরণ :

(i) বোরন পরমাণুর সংখ্যা লাটিক উপসর্গ (prefix) দিয়ে বোঝানো হয়।

(ii) H-পরমাণুর সংখ্যা বন্ধনীভুক্ত আরবীয় অঙ্ক দিয়ে বোঝানো হয়।

যেমন :  $B_5H_9$  —পেন্টাবোরেন (9),  $B_5H_{11}$  —পেন্টাবোরেন (11)।

অ্যানায়নসমূহ : (i) এন (ane)-এর পরিবর্তে নাম শেষ হবে (ate) দিয়ে। (ii) H, B ও আধানের সংখ্যা নির্দিষ্ট করে দিতে হবে। একেবারে শেষে বন্ধনীভুক্ত করে আধান নির্দেশিত করা হয়। ইচ্ছা করলে অন্যান্য তথ্য সরবরাহ করা যেতে পারে—যেমন বাঁকা হরফে (italics) ক্লোজো, অ্যারাচনো, হাইফো ইত্যাদি অভিধা যুক্তকরে (এটি প্রশম বোরনের ক্ষেত্রেও প্রযুক্ত হতে পারে) : যেমন—

$B_{10}H_{10}^{2-}$  ডেকাহাইড্রো-ক্লোজো-ডেকাবোরেট (2-) [decahydro-closo-decaborate (2-)]

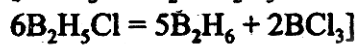
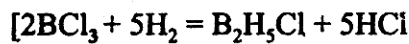
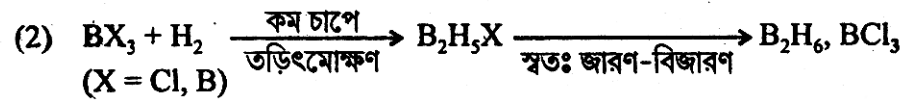
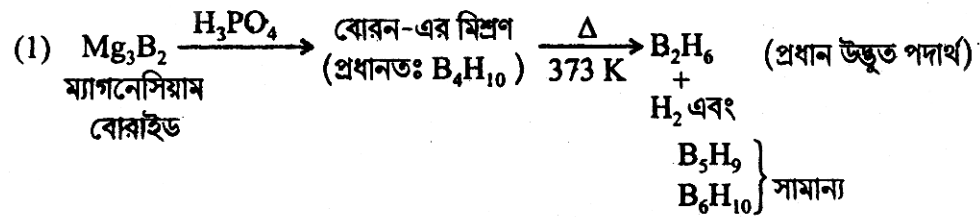
$B_{10}H_{14}$  : নিডো-ডেকাবোরেন (14)

$B_{10}H_{14}^{2-}$  : টেট্রাডেকাহাইড্রো-অ্যারাচনো-ডেকাবোরেট (2-)

$B_{10}H_{16}$  : 1,1'-কন্জাংকটো-ডেকাবোরেন (16)

প্রস্তুতি :

(ক) ভাইবোরেন



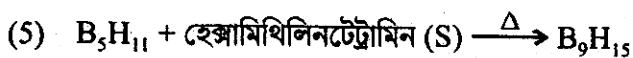
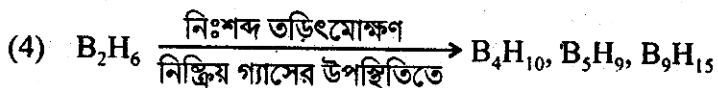
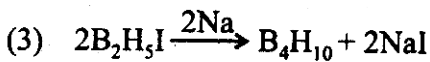
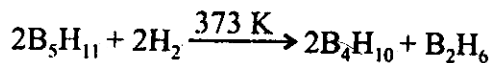
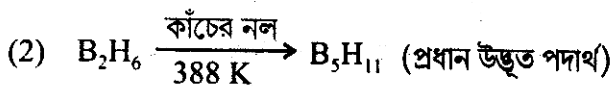
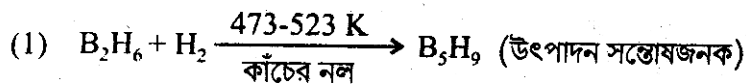
- (3)  $BX_3 \xrightarrow[\text{(X = F, Cl)}]{LiAlH_4 / \text{ইথার}} LiF + AlF_3 + B_2H_6$
- (4)  $BF_3 \xrightarrow{LiBH_4} LiBF_4 + B_2H_6$
- (5)  $BF_3 \cdot 8Et_2O + 6LiH \xrightarrow[\text{(B-ফ্লুরাইড-ইথার জটিল যৌগ)}]{\text{ইথার বিস্ফোজ করা হল}} LiBF_4 + B_2H_6 + Et_2O$
- (6)  $2NaBH_4 + I_2 \xrightarrow{\text{ডাইগ্লাইম (diglyme)}} B_2H_6 + 2NaI + H_2 \text{ (98\%)}$
- (7)  $2NaBH_4 + 2H_3PO_4 \longrightarrow B_2H_6 + 2NaH_2PO_4 + 2H_2 \text{ (70\%)}$
- (8)  $3NaBH_4 + 4Et_2O \cdot BF_3 \xrightarrow[298 K]{\text{ডাইগ্লাইম}} 2B_2H_6 + 3NaBF_4 + 4Et_2O$

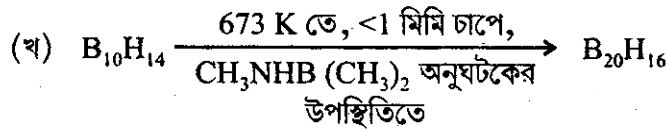
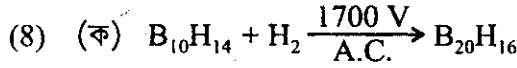
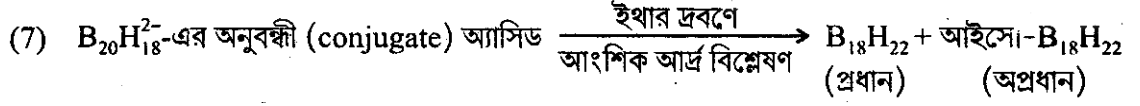
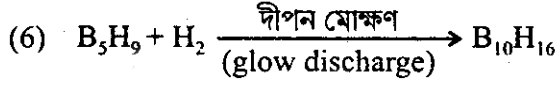


[যখন  $B_2H_6$ -এর প্রয়োজন হয় বিক্রিয়ার মধ্যবর্তী হিসাবে অর্থাৎ পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধীকরণের প্রয়োজন হয় না, তখন এই পদ্ধতি অনুসৃত হয়।]

(9)  $2BF_3(g) + 6NaH \xrightarrow{453 K} B_2H_6 + 6NaF$  (শিল্প পদ্ধতি। পরবর্তী ধাপে ভাঙন রোধের জন্য উদ্ভূত পদার্থ নিচে থেকে বের করে নেওয়া হয়)

(খ) উচ্চতর বোরেন





(9)  $\text{B}_2\text{H}_6$  নিজে খুব ধীরে ধীরে  $\text{B}_5\text{H}_{11}$  এবং কিছুটা  $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ -এ বিয়োজিত হয়। প্রথমোক্ত যৌগ খুব অসুস্থির— $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ -এ বিয়োজিত হয়।  $2\text{B}_5\text{H}_{11} = \text{B}_{10}\text{H}_{14} + 4\text{H}_2$ .

ধর্মাবলি :

(1) সব হাইড্রাইডই বর্ণহীন উদ্বায়ী যৌগ।  $\text{B}_2\text{H}_6$  গ্যাসীয়;  $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ ,  $\text{B}_{10}\text{H}_{16}$ ,  $\text{B}_9\text{H}_{15}$  কঠিন;  $\text{B}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{B}_5\text{H}_9$ ,  $\text{B}_5\text{H}_{11}$  তরল।

(2) লোহিত তপ্ত অবস্থায় এরা সবাই B ও H-এ ভেঙ্গে যায়। এর চেয়ে কম তাপমাত্রায় সুস্থিরতা যৌগভেদে বিভিন্ন। বিশ্লেজিত হয়ে  $\text{H}_2$  ও অন্য হাইড্রাইড উৎপন্ন করে (উপরে দেখুন)। বোরেনসমূহ তাপগ্রাহী যৌগ।  $\text{B}_5\text{H}_9$  ও  $\text{B}_4\text{H}_{10}$ -এর সুস্থিরতা সর্বাধিক।  $\text{B}_4\text{H}_{10}$  423 K-তে সামান্য বিয়োজিত হয় এবং  $\text{B}_4\text{H}_{10}$  এই তাপমাত্রায় সুস্থির কিন্তু 443 K-তে বেশ পরিমাণে বিয়োজিত হয়।  $\text{B}_5\text{H}_{11}$  সাধারণ তাপমাত্রায়, এমন কী 195 K-তেও বিয়োজিত হয়ে অন্য হাইড্রাইড উৎপন্ন করে।  $\text{B}_6\text{H}_{10}$  সাধারণ তাপমাত্রায় যথেষ্ট পরিমাণে বিয়োজিত হয়।  $\text{B}_2\text{H}_6$  373 K ও 423 K তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে যথাক্রমে সুস্থিরতর, তবে সাধারণ তাপমাত্রায় একে বছদিন সংরক্ষণ করা যায়, বছরে 10% বিয়োজন ঘটে।

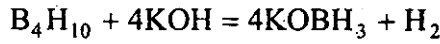
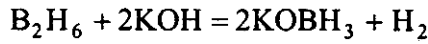
(3) সব হাইড্রাইডই  $\text{O}_2$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে গাড় রঙের পদার্থ উৎপন্ন করে। এদের পরিচয় জানা যায়নি। এই বিক্রিয়ায় গতি ও তীব্রতা বিভিন্ন যৌগের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।  $\text{B}_2\text{H}_6$  ও  $\text{B}_4\text{H}_{10}$  কিছুদিন  $\text{O}_2$ /বাতাসের সঙ্গে অবিকৃত থাকে—স্ফলে ওঠে না; এদের প্রক্সল তাপমাত্রা সাধারণ তাপমাত্রার সামান্য উপরে। হেল্লিবোরনের ক্ষেত্রে সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া খুব ধীরে ঘটে, ডেকাবোরেন উচ্চতর তাপমাত্রায় স্ফলে ওঠে। সামান্য সিলিকন হাইড্রাইড বা বোরন অ্যালকিল অক্সিজেনের সঙ্গে B-হাইড্রাইডের সক্রিয়তা বাড়ায়।

(4) হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার তীব্রতা  $\text{O}_2$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ারই মত। হ্যালোজেনেটেড বোরন উৎপন্ন হয়।  $\text{B}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{B}_2\text{H}_5\text{X}$ .

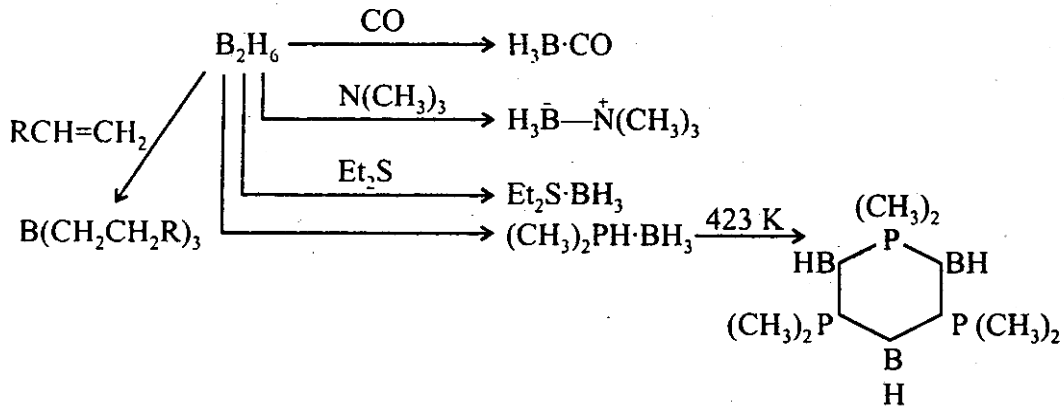
(5) হাইড্রোজেন হ্যালাইড বা কোন কোন ক্ষেত্রে বোরন ট্রাইহ্যালাইড ও এরকম হ্যালোজেনেটেড হাইড্রাইড উৎপন্ন করে;  $B_2H_6 + HCl \rightarrow B_2H_5Cl + H_2$  সুস্থির পেন্টাবোরেন (9) ও ডেকাবোরেন (14) এদের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(6) বোরন হাইড্রাইডরা জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়—অন্তিমতম উদ্ভূত পদার্থ  $H_2$  ও বোরিক অ্যাসিড। ডাইবোরেন-এর সঙ্গে বিক্রিয়া তাৎক্ষণিক; টেট্রা ও পেন্টাবোরেনের বিক্রিয়া ধীরগতির; উচ্চতর তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। পেটা ও হেক্সাবোরেন সাধারণ তাপমাত্রায় সাববোরিক অ্যাসিড ( $H_4B_2O_4$ ) উৎপন্ন হয়।

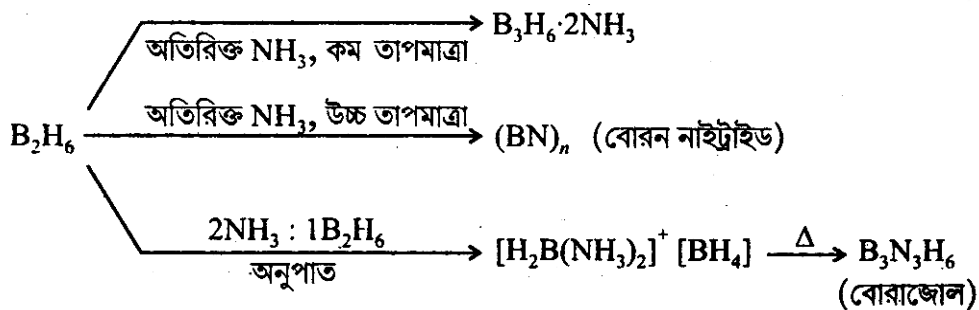
অ্যালকালির জলীয় দ্রবণে সব হাইড্রাইড বিয়োজিত হয়—প্রতিটি B—B ও B—H বন্ধ থেকে এক অণু  $H_2$  উৎপন্ন হয়।  $B_2H_6$  ও  $B_4H_{10}$  অ্যালকালি (কঠিন বা জলীয় দ্রবণ)-র সঙ্গে বিক্রিয়া করে অস্থায়ী হাইপোবোরেট (ত্রি বিজারক) উৎপন্ন করে :



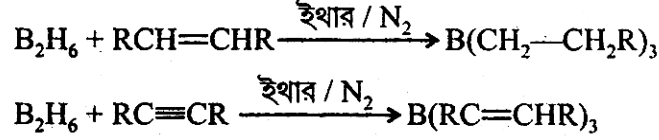
(7)  $B_2H_6$  ওলিফিন বা বেঞ্জিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকিল বা অ্যারিল বোরন গঠন করে।  $BH_3$  (বোরেন বা বোরাইন) জানা না থাকলেও  $BH_3$ -র সঙ্গে অনেক যুতযৌগ জানা আছে। যেমন :



(8) সব বোরেনই অ্যামোনিয়ার সঙ্গে যুতযৌগ গঠন করে, তবে উদ্ভূত পদার্থ বিক্রিয়ার শর্তের উপর নির্ভরশীল :



(9)  $B_2H_6$  (বা  $BF_3 + NaBH_4$ ) এবং অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের মধ্যে খুব গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার নাম হাইড্রোবোরেশন :

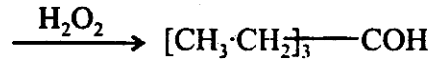
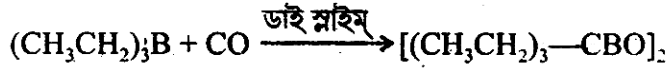
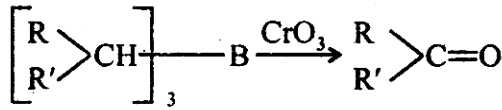
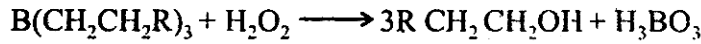


প্রাপ্ত অ্যালকিল বোরেনকে পৃথক করা হয় না। এদের নিচের পরিবর্তনে কাজে লাগানো হয় :

1. কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে হাইড্রোকার্বনে।
2.  $H_2O_2 / OH^-$  এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলে।
3.  $CrO_3$  জারণে কিটোন বা কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে।

পুরো পদ্ধতির নাম হাইড্রোবোরেশন। এতে সিস্-হাইড্রোজেনায়ন ঘটে। অপ্রতিসম জৈব যৌগের ক্ষেত্রে মার্কনিকফ নিয়ম প্রযোজ্য :

$BR_3 + 3CH_3COOH \rightarrow 3RH + B(CH_3COO)_3$  [সবচেয়ে কম প্রতিস্থাপিত কার্বনে B যুক্ত হয়]।



এই বিক্রিয়ার উপযোগিতা নির্ভর করে—

1. প্রথম ধাপে বিক্রিয়ায় অত্যন্ত মৃদু শর্ত দরকার
2. B—C বন্ধ ভাঙতে বিভিন্ন বিকারক ব্যবহার করে বিভিন্ন যৌগ পাওয়া যায়। 1979 তে এসব জৈব বোরন যৌগের উপর কাজের জন্য H. C. Brown নোবেল পুরস্কার পান।

বোরন হাইড্রাইডের গঠন :

এইচ. সি. লঙ্গেট (H. C. Longuet)-হিগিন্স (Higgins) 1949 সালে ত্রি-কেন্দ্রিক দ্বি-ইলেকট্রন B—H—B বন্ধের ধারণা দেওয়ার সময় থেকেই বোরন হাইড্রাইডসমূহের গঠনের তত্ত্ব উপস্থাপিত হয়েছে। এঁরা ত্রি-কেন্দ্রিক ও বহুকেন্দ্রিক বন্ধের তত্ত্ব উচ্চতর বোরনের ক্ষেত্রেও প্রসারিত করেছেন।

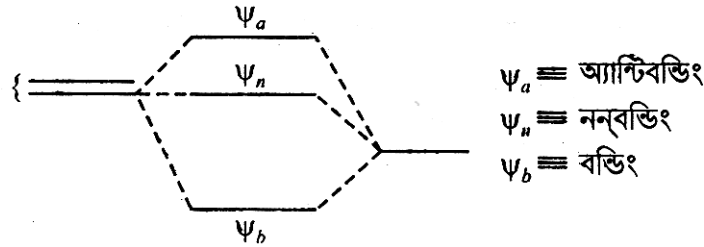


সমযোজ্যতার সরল তত্ত্বে সরল সমবায় (LCAO) AO গুলি MO উৎপন্ন করে, যেমন দুটি AO যুক্ত হয়ে একটি বন্ডিং ও একটি অ্যান্টিবন্ডিং MO উৎপন্ন করে, এমন কম শক্তিসম্পন্ন কক্ষক একজোড়া ইলেক্ট্রন দিয়ে ভর্তি হবে। কিন্তু আরও সাধারণ তত্ত্বানুযায়ী AO গুলি LCAO পদ্ধতিতে যুক্ত হয়ে বিভিন্ন শক্তির সমসংখ্যক MO উৎপন্ন করে—এদের কতগুলি বন্ডিং, কতগুলি ননবন্ডিং ও কতগুলি অ্যান্টিবন্ডিং (চিত্র 4.1)। এভাবেই দ্বি-কেন্দ্রিক, ত্রি-কেন্দ্রিক ও বহুকেন্দ্রিক কক্ষক গঠিত হয়। তবে MO গঠিত হবার ক্ষেত্রে AO-র তিনটি বৈশিষ্ট্য থাকতে হয়—(i) শক্তির দিক থেকে অনুরূপ হবে, (ii) যথেষ্ট জায়গা জুড়ে উপস্থাপন ঘটবে এবং (iii) উপযুক্ত প্রতিসমতা (symmetry) থাকতে হবে।

আণবিক কক্ষক—Molecular Orbital (MO)  
 পারমাণবিক কক্ষক—Atomic Orbital (AO)  
 পারমাণবিক কক্ষকের সরল সমবায়—Linearly Combined Atomic Orbitals (LCAO)

বোরেন রসায়নে দুই ধরনের ত্রি-কেন্দ্রিক বন্ধের প্রয়োগ ঘটে : (i) B—H—B সেতু-বন্ধ (চিত্র 4.2) এবং (ii) কেন্দ্রীয় ত্রি-কেন্দ্রিক BBB বন্ধ (চিত্র 4.3)। উন্মুক্ত BBB বন্ধও বর্তমানে বোরেন ও তাদের অ্যানায়ন-এর গঠনে প্রযুক্ত হয়।

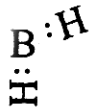
**B—H—B সেতু-বন্ধ :** মনে করুন, আমাদের 3টি পরমাণু আছে (B, H, H)—প্রত্যেকের একটি করে প্রাপ্তব্য কক্ষক আছে। এই তিনটি AO থেকে 3টি MO পাওয়া যাবে :



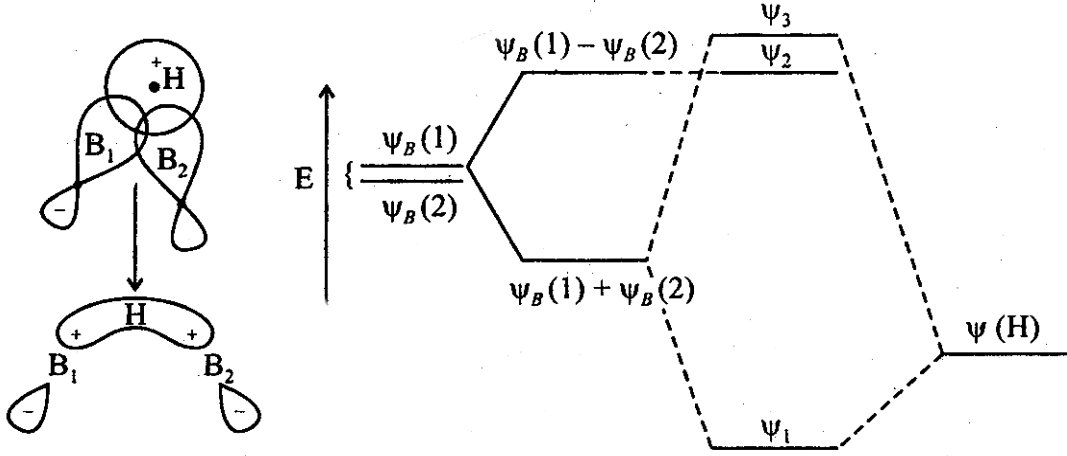
চিত্র 4.1

$\psi_b$ -তে 3 টি AO যুক্ত হয়ে আগাগোড়া ধনাত্মক উপস্থাপন ঘটাবে এবং কেন্দ্রীয়ের চারদিকে নিরবচ্ছিন্ন আধান-ঘনত্ব পাওয়া যাবে।

$B_2H_6$ -এ দুটি  $BH_2$  অংশ H-সেতু দ্বারা সংযুক্ত।  $BH_2$ -তে সাধারণ দ্বি-কেন্দ্রিক দ্বি-ইলেক্ট্রন B—H বন্ধ থাকে :



এভাবে প্রতিটি B-পরমাণুর উপর একটি ইলেক্ট্রন থেকে যায়। এবার BHB-তে সেতু গঠন ধরা যাক। প্রতিটি H-এর একটি ইলেক্ট্রন এবং একটি ব্যবহারযোগ্য 1S কক্ষক আছে। প্রতিটি B-পরমাণুরও একটি ইলেক্ট্রন আছে। কাজেই এই তিনটি মিলে একটি বন্ডিং MO তৈরি করবে—যেমনটি দেখানো হয়েছে চিত্র (4.1)-এ। আমরা তবে এখন পাচ্ছি দুটি বন্ডিং MO এবং 4টি ইলেক্ট্রন (দুটি BH<sub>2</sub> গ্রুপের প্রতিটি থেকে 1 টি এবং সেতুগঠনকারী প্রতিটি H থেকে 1 টি)। এই চারটি ইলেক্ট্রন দুটি বন্ডিং MO-তে যাবে, সেতুগঠন পুরো হবে। এই রকম বন্ধগঠনের ভৌত নক্সা চিত্র (4.2)-এ দেখানো হল :



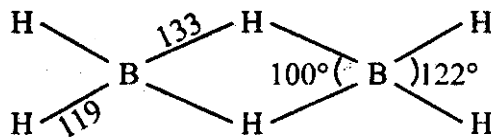
$$\text{বন্ডিং } \psi_1 \approx \frac{1}{2}[\psi_B(1) + \psi_B(2)] + \frac{1}{\sqrt{2}}\psi(H)$$

$$\text{নন-বন্ডিং } \psi_2 \approx \frac{1}{\sqrt{2}}[\psi_B(1) - \psi_B(2)]$$

$$\text{অ্যান্টিবন্ডিং } \psi_3 \approx \frac{1}{2}[\psi_B(1) - \psi_B(2)] - \frac{1}{\sqrt{2}}\psi(H)$$

চিত্র 4.2

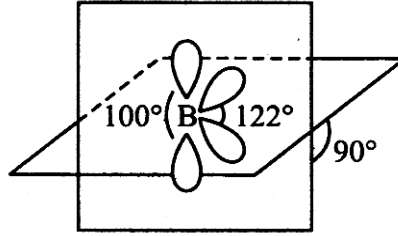
তাহলে B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-এর গঠন দাঁড়াচ্ছে :



ইলেক্ট্রন অপবর্তন (diffraction) পরীক্ষায় এইরূপ গঠনের সমর্থন পাওয়া গেছে।

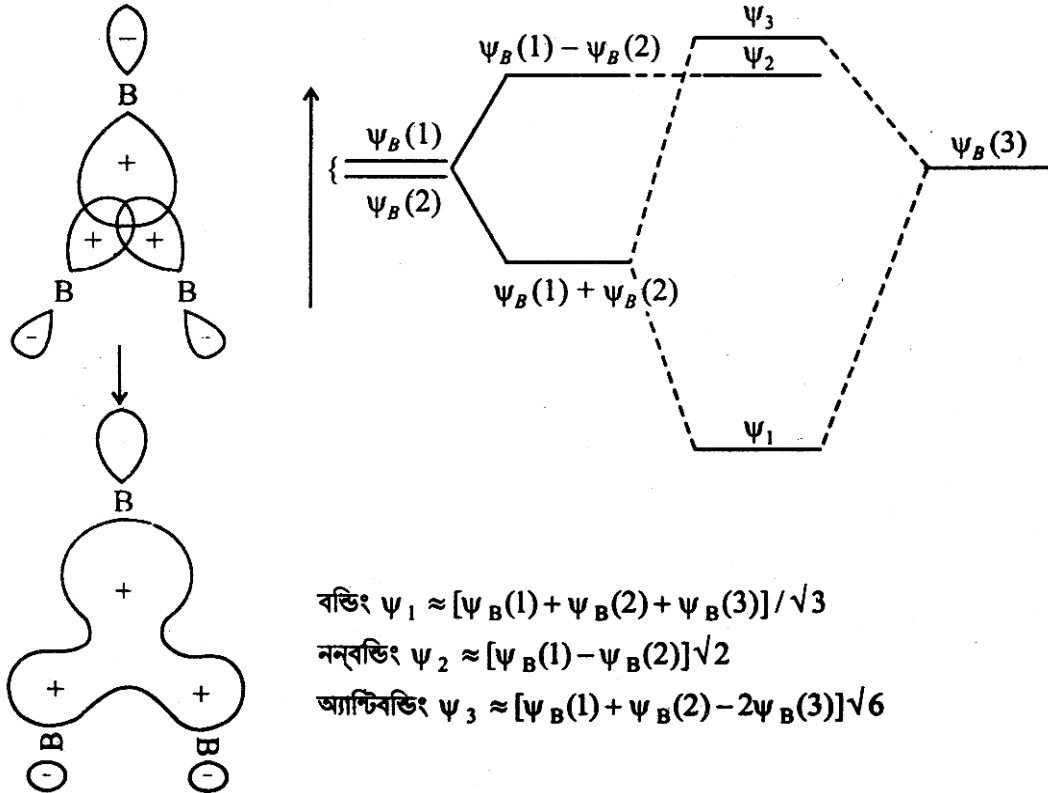
HBH 122°-এ থেকে বোঝা যায় যে B s ও p কক্ষক সমন্বিত কোনও ধরণের কক্ষক ব্যবহার করেছে। যদি আমরা ধরে নিই এই কক্ষকগুলি সরাসরি দুটি H পরমাণুর দিকে বিন্যস্ত, তবে B-এর

আরও দুটো  $s$  ও  $p$ -র সংকরায়িত কক্ষক থাকবে, যেগুলো  $100^\circ$  কোণ করে সেতুগঠনকারী H-পরমাণুর সংগে যুক্ত হবে; এই H-পরমাণু দুটি অন্য দুটি H-য়ে তলে আছে তার সঙ্গে উল্লম্বতলে থাকবে :



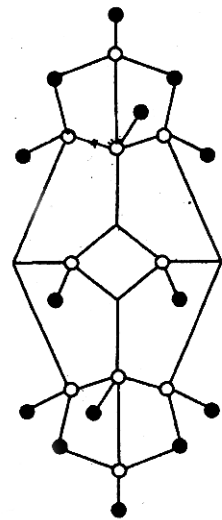
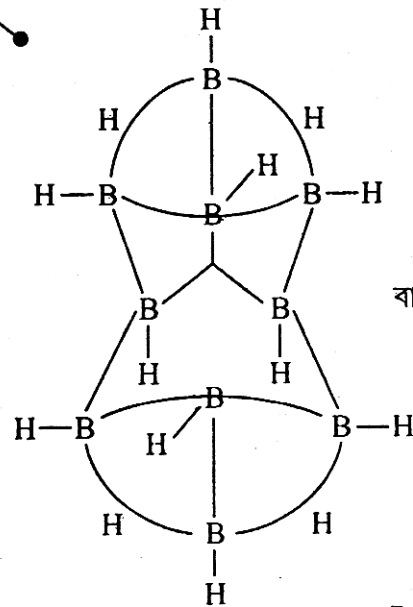
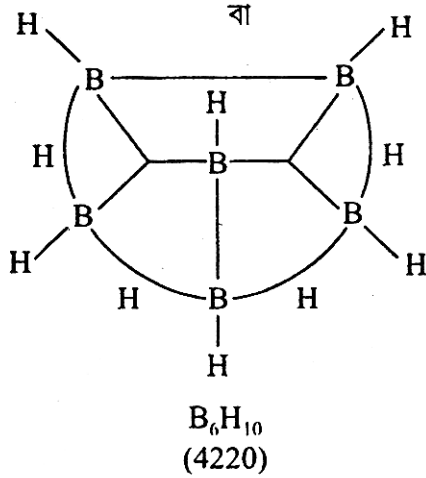
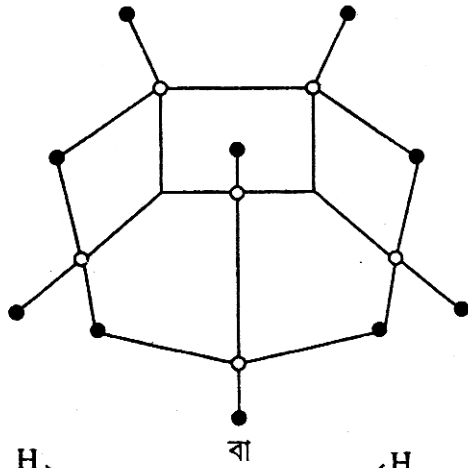
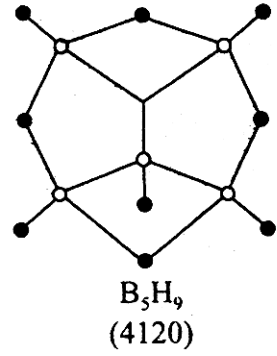
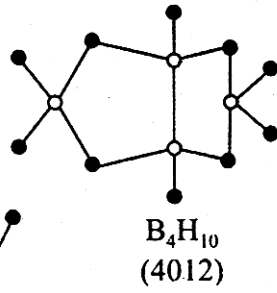
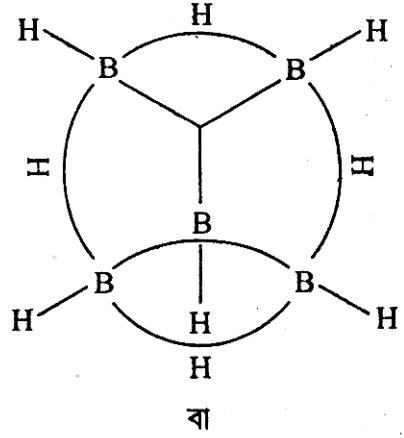
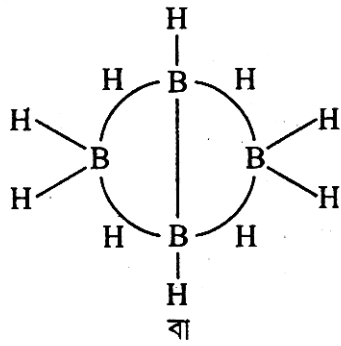
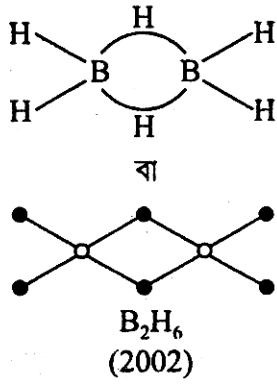
এই গঠন থেকেই দেখা যাচ্ছে যে,  $B_2H_6$ -এ 6 টি H অভিন্ন নয়, সেতুগঠনকারী H গুলি অন্য ধরণের। রামান বর্ণালী দিয়ে এটি প্রমাণিত হয়েছে।  $B_2H_6$ -কে মিথাইলীকৃত করতে গেলে BMe-তে এককে না ভেঙ্গে যে  $Me_4B_2H_2$ -র বেশি মিথাইলীকরণ সম্ভব হয়না—তার ব্যাখ্যাও এখানে পাওয়া যায়।

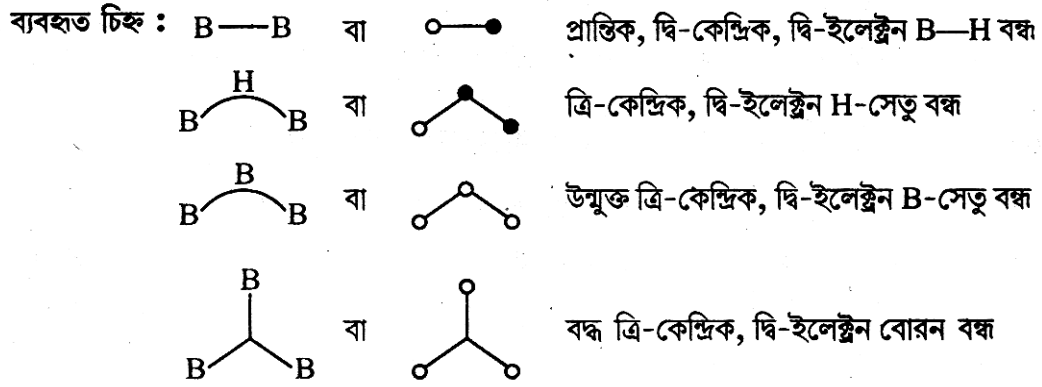
কেন্দ্রীয় (বদ্ধ) ত্রি-কেন্দ্রিক BBB বন্ধ : ভৌত নকসা চিত্র (4.3)-এ দেখানো হল :



চিত্র 4.3

ডাইবোরেন ও উচ্চতর বোরেনগুলিকে নিচের মত গঠন দেওয়া যায় :





### Styx নামকরণ :

বোরেন-এর সর্বমোট বন্ধ-গঠন অনেক সময় একটি চার অংকবিশিষ্ট সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়—এই সংখ্যাকে Styx সংখ্যা বলে। এখানে,

s = B—H—B বন্ধ-সংখ্যা

t = ত্রি-কেন্দ্রিক BBB বন্ধ-সংখ্যা

y = দ্বি-কেন্দ্রিক BB বন্ধ-সংখ্যা

x = BH<sub>2</sub> গ্রুপের সংখ্যা

যেমন :	যৌগ	styx সংখ্যা
	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2002
	B <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	4012
	B <sub>5</sub> H <sub>9</sub>	4120
	B <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	3203
	B <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	4220

### অনুশীলনী—12

- নামকরণ করুন : B<sub>14</sub>H<sub>20</sub>, B<sub>10</sub>H<sub>10</sub><sup>2-</sup>
- কী ঘটে বলুন? (সমতাবিহিত সমীকরণ দিন)
  - NaBH<sub>4</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → ?; (ii) BF<sub>3</sub> + LiAlH<sub>4</sub> (ইথার) → ?
  - B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + KOH → ?; (iv) Mg<sub>3</sub>B<sub>2</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → ?
- দ্বি-কেন্দ্রিক ইলেকট্রন জোড় বন্ধ ও দ্বি-কেন্দ্রিক ইলেকট্রন জোড় বন্ধের পার্থক্য অল্প কথায় লিখুন।

4. B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>-এর styx সংখ্যা কী?

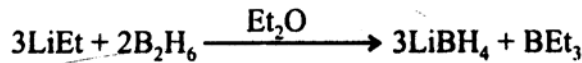
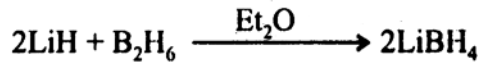
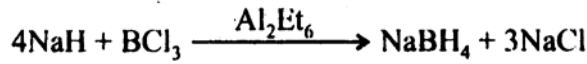
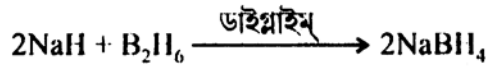
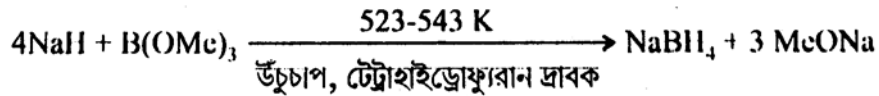
5. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-এর মিথাইলীকরণের সময় 4টি H-এর বেশি Me গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে পারে না কেন?

#### 4.5.2 টেট্রাহাইড্রিডো বোরোসমূহ (বোরোহাইড্রাইডসমূহ)

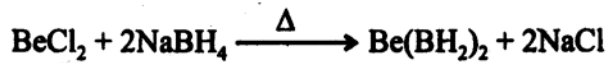
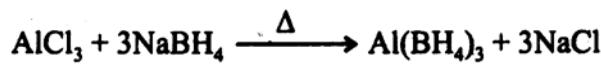
13 শ্রেণীর সদস্যরা সবাই চতুস্তলকীয় টেট্রাহাইড্রিডো জটিল যৌগ MX<sub>4</sub><sup>-</sup> (M = B, Al, Ga, In, Tl) উৎপন্ন করে। এর মধ্যে B- ও Al-এর যৌগ খুব গুরুত্বপূর্ণ। এদের তাপীয় স্থায়িত্ব B → Tl হ্রাস পায়। রাসায়নিক স্থায়িত্ব নির্ভর করে H<sup>-</sup>-এর প্রতি MH<sub>3</sub>-র লুইস্ অ্যাসিড হিসাবে সক্রিয়তার তারতম্যের উপরে। আর্দ্রবিশ্লেষণের প্রবণতা B → Tl বৃদ্ধি পায়। আমরা B ও Al (পরে দেখুন) যৌগসমূহের বিশদ আলোচনা করব।

Me<sub>4</sub>N, Et<sub>4</sub>N, Li, Na, K, Rb, Cs[MBH<sub>4</sub>]; BeMg, Ca, Zn[M(BH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]; Al[Me(BH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]; Ti, Zr, Hf, Th, V প্রভৃতি ধাতু ও ক্যানায়নের বোরোহাইড্রাইড জানা আছে। NaBH<sub>4</sub> তো 1942 সালেই তৈরি হয়েছিল, 1950 থেকে এর ব্যবহার বৃদ্ধি পায়।

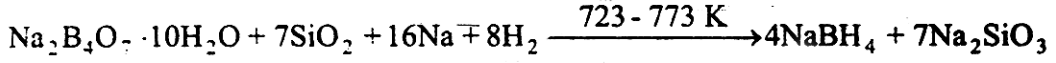
প্রস্তুতি : ডাইবোরেন, বোরন হ্যালাইড বা অ্যালকিল বোরোট-এর থেকে উপযুক্ত দ্রাবক ও তাপমাত্রা ব্যবহার করে যৌগগুলি পাওয়া যায় :



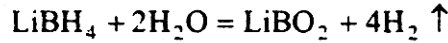
NaBH<sub>4</sub>-থেকে অন্য বোরোহাইড্রাইডগুলি পাওয়া যায় :



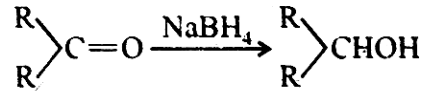
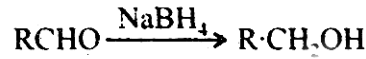
শিল্প-প্রস্তুত পদ্ধতি :



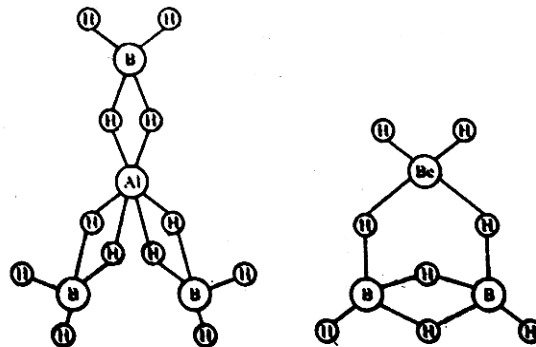
উৎপন্ন  $\text{NaBH}_4$ -কে উঁচু চাপে তরল অ্যামোনিয়াম দ্রবীভূত করে, উদ্বায়িত করে 98% শুদ্ধ  $\text{NaBH}_4$  পাওয়া যায়। অ্যালকালি ধাতুর বোরাহাইড্রাইডগুলি সাদা আয়নীয় কঠিন পদার্থ এবং জলের সঙ্গে বিভিন্ন তীব্রতায় বিক্রিয়া করে। যেমন  $\text{LiBH}_4$  তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে,  $\text{Na}[\text{BH}_4]$  ঠান্ডা জলে কেলাসিত হতে পারে (সামান্য বিয়োজন ঘটে),  $\text{K}[\text{BH}_4]$  কিন্তু বেশ সুস্থির :



এরা জৈব ও অজৈব সংশ্লেষনিক রসায়নে বিজারক হিসাবে খুবই গুরুত্বপূর্ণ।  $\text{NaBH}_4$  অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সুস্থির। অ্যালডিহাইডকে 1° অ্যালকোহল ও কিটোনকে 2° অ্যালকোহলে বিজারিত করতে এর ব্যবহার হয়। এটি নিউক্লিয়সম্বানী (Nucleophilic) বিকারক এবং তাই কম ইলেক্ট্রন ঘনত্বের কেন্দ্রে বিক্রিয়া করে।  $\text{>C=C<}-\text{COOH}$ ,  $-\text{NO}_2$  গ্রুপ সাধারণতঃ বিজারিত হয় না :

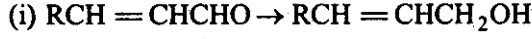


টেট্রাহাইড্রিডোবোরেট অ্যানায়ন  $\text{BH}_4^-$  চতুষ্পলকীয়। B-এর  $sp^3$  সংকরায়ণ দ্বারা এই গঠন ঠান্ডা করা যায়। টেট্রাহাইড্রিডোবোরেট মাত্রই আয়নীয় নয়। Be, Al ও সন্ধিগত মৌলের বোরাহাইড্রাইড অধিকতর সমযোজী ও উদ্বায়ী। এক্ষেত্রে  $\text{BH}_4^-$  গ্রুপ একটি লিগ্যান্ড হিসাবে কাজ করে এবং ধাতব আয়নের সঙ্গে সমযোজী যৌগ গঠন করে।  $[\text{BH}_4]^-$  এর এক বা একাধিক H, তিনটি পরমাণুর মধ্যে দুটি ইলেক্ট্রন-এর ভাগাভাগির ফলে সঞ্জাত ত্রি-কেন্দ্রিক বন্ধ-সেতু হিসাবে ব্যবহার করে ধাতুর সঙ্গে যুক্ত থাকে।  $[\text{BH}_4]^-$  লিগ্যান্ড কিছুটা অস্বাভাবিক কারণ এটি এক, দুই বা তিনটি এমন ধরণের ত্রি-কেন্দ্রিক বন্ধ দিয়ে ধাতুর সঙ্গে যুক্ত থাকতে পারে।  $\text{Be}(\text{BH}_4)_2$ ,  $\text{Al}(\text{BH}_4)_3$ ,  $\text{Zr}(\text{BH}_4)_4$  যৌগগুলি সমযোজী এবং জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে। Al ও Zr যৌগে, প্রতিটি  $\text{BH}_4^-$  দুটি H-সেতু গঠন করে, Be যৌগে গঠন করে তিনটি (চিত্র 4.4) :



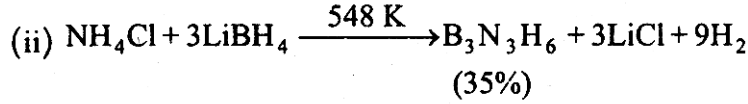
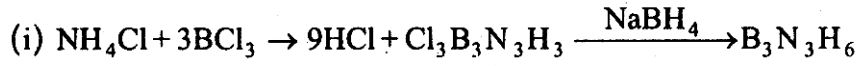
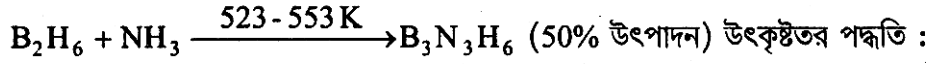
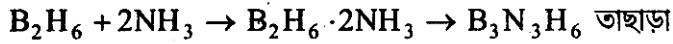
চিত্র 4.4

নিচের রূপান্তর দুটির মধ্যে কোনটির ক্ষেত্রে  $\text{NaBH}_4$  বিজারক হিসাবে ব্যবহার করা যাবে?



### 4.5.3 বোরাজিন বা (বোরাজোল) : অজৈব বেঞ্জিন

ডাইবোরেন অ্যামোনিয়ার সঙ্গে 1 : 2 অনুপাতে সাধারণ তাপমাত্রায় ডাই-অ্যামোনিয়োট উৎপন্ন করে। 453-473 K তে উত্তপ্ত করলে বোরাজিন  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$  পাওয়া যায় [স্টক (Stock)-এর পদ্ধতি]।



(iii) প্রারম্ভিক উপাদানকে আগেই উপযুক্তভাবে প্রতিস্থাপিত করে নিলে N- বা B-প্রতিস্থাপিত বোরাজিন পাওয়া যাবে :  $3\text{RNH}_3\text{Cl} + 3\text{BCl}_3 \rightarrow 9\text{HCl} + \text{Cl}_3\text{B}_3\text{N}_3\text{R}_3 \xrightarrow{\text{NaBH}_4} \text{H}_3\text{B}_3\text{N}_3\text{R}_3$

(iv) বলয় গঠনের পরেও প্রতিস্থাপন করা যায় :  $\text{Cl}_3\text{B}_3\text{N}_3\text{R}_3 + 3\text{LiR}' \rightarrow \text{R}'_3\text{N}_3\text{B}_3\text{R}_3 + 3\text{LiCl}$   
বোরাজিন ও বেঞ্জিন সমইলেক্ট্রনীয় (isoelectronic) (I)। ভৌতধর্মেও এদের সাদৃশ্য আছে (সারণী-7 দেখুন) স্ফুটনাংকে আগব আয়তন, স্ফুটনাংকে বাষ্পীভবন তাপ, টুটন ধ্রুবক, তলীয় টান (surface tension), প্যারাকর প্রভৃতির ক্ষেত্রেও মান প্রায়/একেবারে কাছাকাছি। অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত যৌগের ক্ষেত্রে এই সাদৃশ্য আরও চমকপ্রদ।

$\text{B}_2\text{H}_6$ ,  $\text{NH}_3$ -র সঙ্গে বিভিন্ন অ্যামোনিয়োট তৈরি করে।

$$\text{B}_2\text{H}_6 + \text{NH}_3 \xrightarrow[-120^\circ]{\text{কঠিন}} \text{উত্তত পদার্থ} \xrightarrow[-100^\circ\text{C}]{(-\text{NH}_3)} \text{B}_2\text{H}_6 \cdot x\text{NH}_3$$

সাধারণ তাপমাত্রায় পাওয়া যায়  $\text{B}_2\text{H}_6 \cdot 2\text{NH}_3$ . এটি তরল  $\text{NH}_3$ -য় পরিবাহী দ্রবণ উৎপন্ন করে; তড়িৎবিশ্লেষণে ক্যাথোডে  $\text{H}_2$  উৎপন্ন করে, তাই এর আয়নীয় গঠন  $(\overset{\ominus}{\text{N}}\text{H}_4)_2[\text{B}_2\text{H}_4]^{2-}$  প্রস্তাবিত হয়েছে। কিন্তু এক তুলাংক পরিমাণ Na এই দ্রবণ থেকে এক তুলাংক পরিমাণ H উৎপন্ন করে, তাই এর গঠন মনে হয়

$(\overset{\ominus}{\text{N}}\text{H}_4) \left[ \begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H}_3\text{B} : \text{N} : \text{BH}_3 \\ \text{H} \end{array} \right]^-$

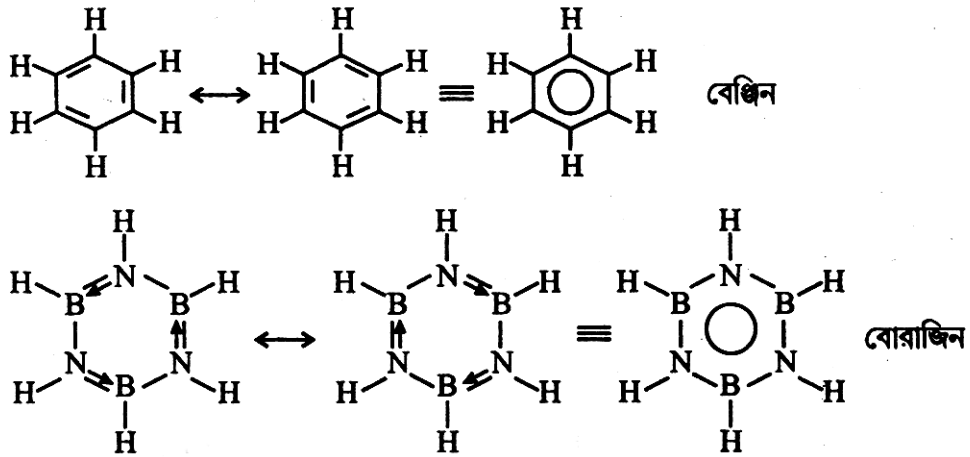
$\text{B}_2\text{H}_6 + \text{NH}_3 \longrightarrow (\text{BN})_x$   
(বেশি)  
উচ্চতর তাপমাত্রা



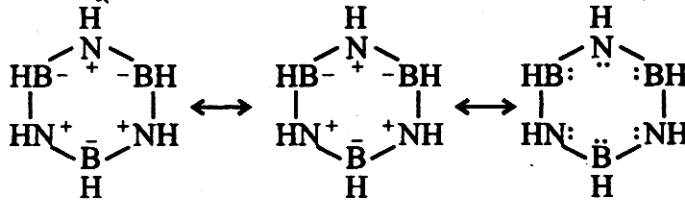
সারণি—7

ধর্ম	B <sub>3</sub> N <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
1. আণবিক ওজন	80.5	78.1
2. গলনাংক (K)	216	279
3. স্ফুটনাংক (K)	328	353
4. ঘনত্ব (Kg m <sup>-3</sup> × 10 <sup>3</sup> )	0.81	0.81

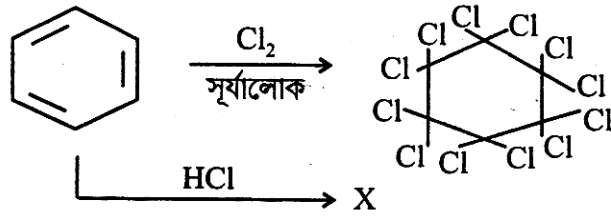
তাই বোরাজিনকে ‘অজৈব বেঞ্জিন’ বলা হয় :



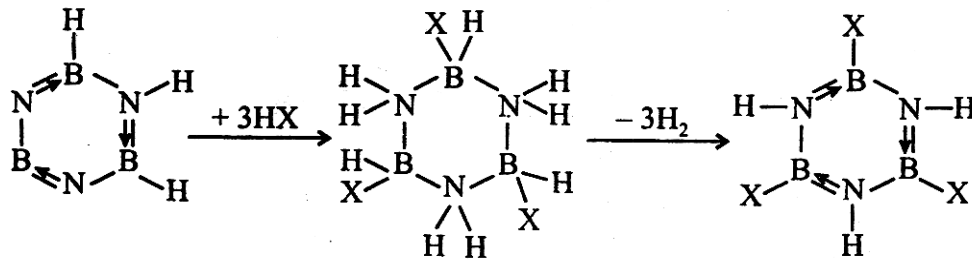
উভয় যৌগেই অ্যারোমেটিক π-ইলেকট্রন মেঘ রয়েছে এবং ইলেকট্রন ঘনত্ব বলয়ের পরমাণুগুলির মধ্যে ছড়ানো। B ও N-এর মধ্যে অপরাধর্মিতার (B2, N3-05) পার্থক্যের জন্য এই π-মেঘ ‘দলাপাকানো’—N-এর দিকে বেশি ঘন-সম্মিষ্ট। ফলে π-বন্ধ অপেক্ষাকৃত দুর্বল। তাছাড়া N-এ কিছুটা ক্ষারকীয়তা ও B-এ কিছুটা আক্লিকতা বর্তমান। নিচের ধরণের সংস্পন্দন প্রস্তাবিত হয়েছে :



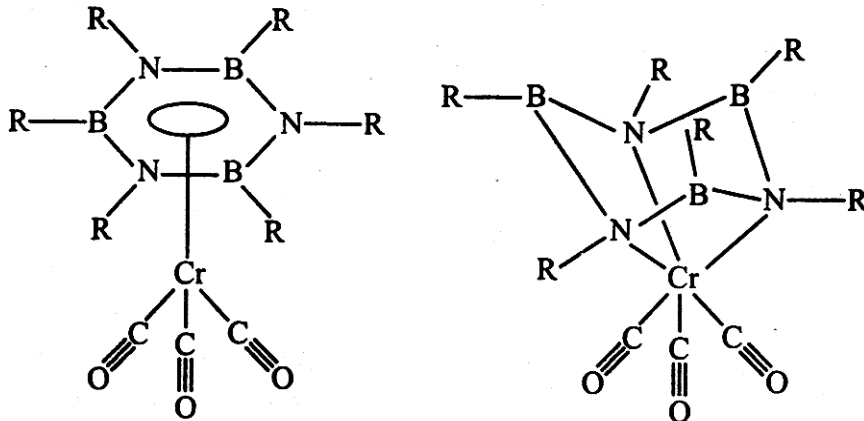
ইলেকট্রন-অপবর্তন পরীক্ষা এই ধরণের গঠন সমর্থন করে। B—N বন্ধের দৈর্ঘ্য সব সমান (144 পিকোমি.) এবং একক (150) ও দ্বি-বন্ধের (130) মধ্যবর্তী। এতেও সংস্পন্দন সমর্থিত। বেঞ্জিন ও বোরাজিনের রাসায়নিক ধর্মে অনেক পার্থক্য। তবুও এদের দুয়ের মধ্যে কিছু সাদৃশ্য টানা যায়। এর মূলে আছে—বোরোজিন বেঞ্জিনের মত যুত বিক্রিয়া ঘটায়। 1 অণু বোরাজিন অণু, ও হাইড্রোজেন হ্যালাইড (X=Cl, Br), জল, মিথানল বা CH<sub>3</sub>I জুড়তে পারে। অবশ্য বেঞ্জিন এসব অণু জুড়তে পারে না, কিন্তু 3 অণু Cl<sub>2</sub> পারে।



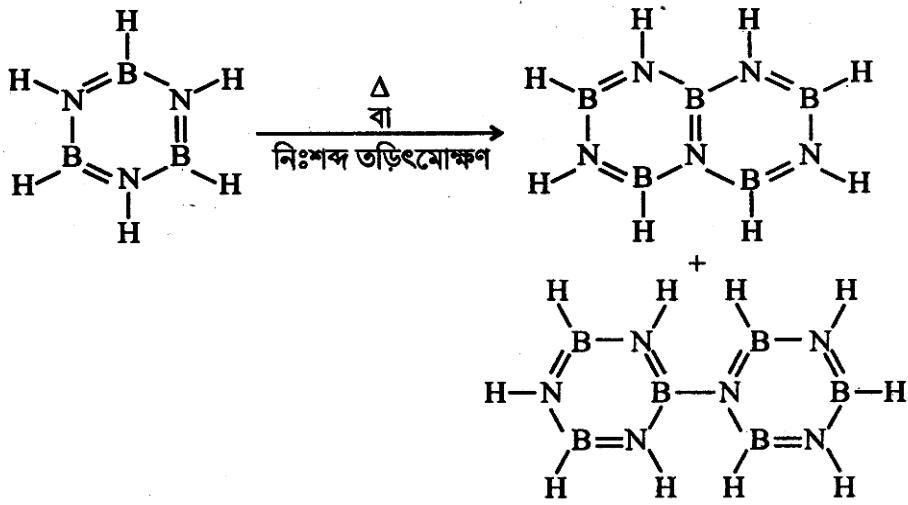
HCl/HBr-এর সঙ্গে বোরাজিন ট্রাইহ্যালো যৌগ গঠন করে—এরা প্রতিসম ট্রাইহ্যালো হেক্সেনের অনুরূপ, এরা H ভাগ করে প্রতিসম ট্রাইহ্যালোবোরাজোল উৎপন্ন করে :



$\text{R}_6\text{B}_3\text{N}_3\text{Cr}(\text{CO})_3$  জানা আছে [তুলনীয়  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cr}(\text{CO})_3$ ]। যথেষ্ট প্রমাণ আছে যে এধরণের যৌগে বোরাজিন অণুর গঠন কোঁচকানো (puckered)। প্রকৃত  $\pi$ -জটিল ও প্রান্তীয়  $\sigma$ -মাত্র গঠনের মাঝামাঝি বলা চলে :



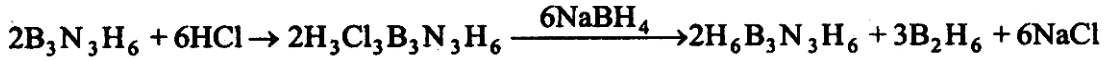
বোরাজিনের ভাঙন (pyrolysis) ঘটিয়ে বা এর মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎমোক্ষণ চালিয়ে বোরাজিনের ন্যাপ্থালিন-এবং অন্য হাইড্রোকার্বন-অনুরূপ যৌগ তৈরি করা হয়েছে।



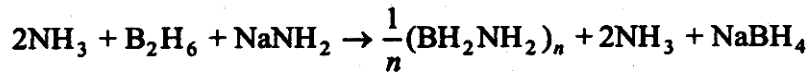
অনুরূপ চার সদস্যযুক্ত বলয়  $R_2B_2N_2R'_2$  এবং আট সদস্যযুক্ত বলয়  $R_4B_4N_4R'_2$  ও জানা আছে।

নিচে আরও কিছু বোরাজিনের ধর্ম বলা হল—এতে কিন্তু বেঞ্জিনের সঙ্গে এর পার্থক্য আরও বেশিই প্রকট হয়।

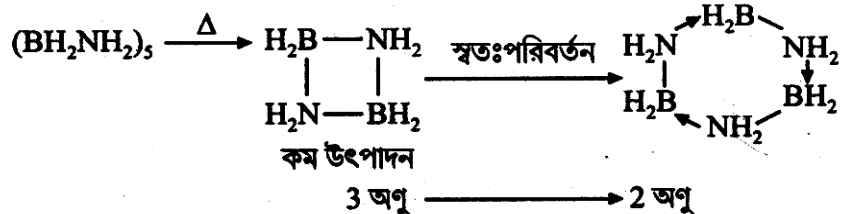
বেঞ্জিনকে হাইড্রোজেনীকরণের ফলে সম্পৃক্ত যৌগ উৎপন্ন করে, কিন্তু বোরাজিন দেয় অনিশ্চিত সংযুতির বহুযোগিক যৌগ। অবশ্য সম্পৃক্ত সাইক্লোবোরাজেন  $B_3N_3H_{12}$ -এর প্রতিস্থাপিত সঞ্জাত যৌগ (derivative) জানা আছে, তবে এদের তৈরি করতে বিশেষ পদ্ধতি অনুসরণ করতে হয় :



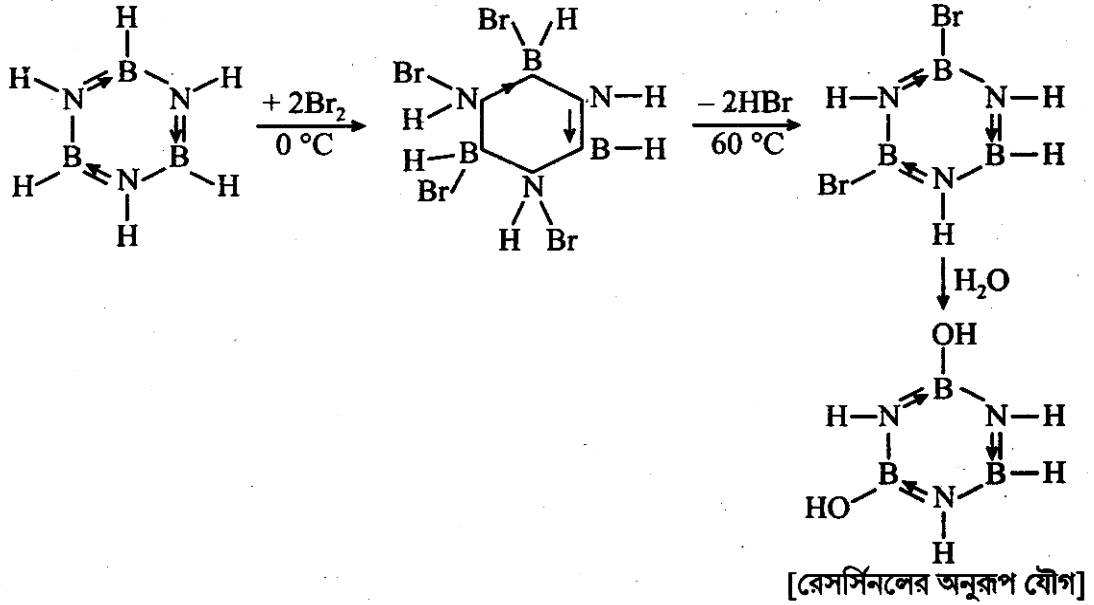
মজার কথা কী জানেন, বেঞ্জিন যেখানে Pd-এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দিয়ে হাইড্রোজেনীত হয়, বোরাজিন হয় হাইড্রোজেনরহিত (dehydrogenated)। আবার,



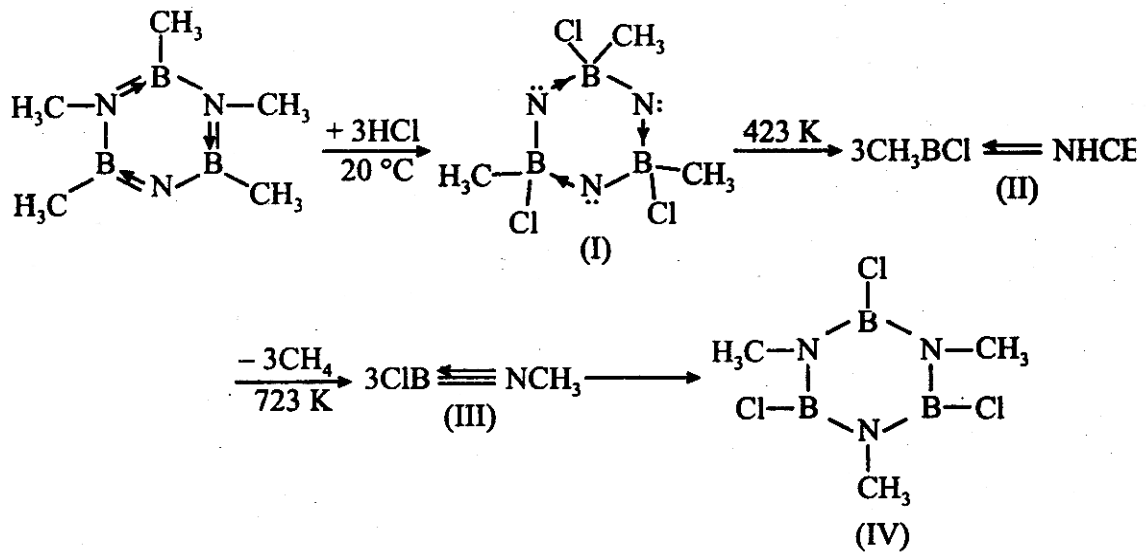
প্রধান উৎপন্ন যৌগ  $(BH_2NH_2)_5$ , একটি সুস্থির অণুকলাসিত (microcrystalline) কঠিন, ফুটন্ত জলে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়, 433 K-তে অ্যাসিড সহযোগে সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় :



আবার

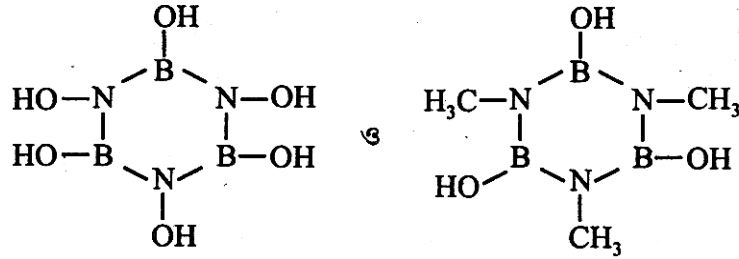


হেক্সামিথাইল বোরাজিন ও HX-এর বিক্রিয়া আরও জটিল :

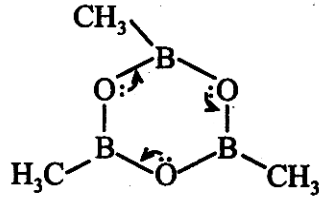


I ও II কে পৃথক করা যায়। কিন্তু অ্যাসিটিলিনের অনুরূপ যৌগ III ত্রি-যৌগিত হয়ে IV উৎপন্ন করে। অতিরিক্ত HCl B—N বন্ধ ভেঙ্গে  $\text{CH}_3\text{BCl}_2$  ও  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ . HCl উৎপন্ন করে।

বোরাজিন ও N,N',N''-ট্রাইমিথাইল বোরাজিন জলের সঙ্গে 1:3 অনুপাতে বিক্রিয়া করে হাইড্রক্সিবোরাজিন উৎপন্ন করে :

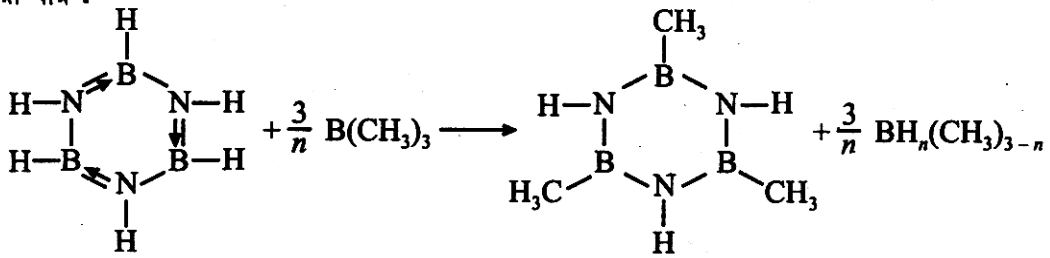


B, B', B''-ট্রাইমিথাইল বোরাজিন এবং হেক্সামিথাইল বোরাজিন আর্দ্রবিপ্লিষ্ট হয়ে NH<sub>3</sub> বা মিথাইল অ্যামিন উৎপন্ন করে, B—N বন্ড ভেঙে গিয়ে নতুন বন্ড-গঠন পাওয়া যায় :



423 K বা তার উপরে অতিরিক্ত জলীয় বাষ্পের সঙ্গে পূর্ণ আর্দ্রবিপ্লেষের ফলে বোরিক অ্যাসিড ও মিথাইল বোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

সরল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া কমই দেখা যায়। B(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> বোরাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে B, B', B''-ট্রাইমিথাইল বোরাজিন (উৎপাদন 60%) এবং খুব কম পরিমাণ (5%) মনো- ও ডাই-মিথাইল যৌগ উৎপন্ন করে। বোরাজিন বেশি থাকলে বেশি পরিমাণ মনো- ও ডাই-মিথাইল যৌগ পাওয়া যায় :

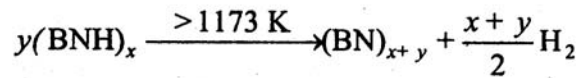
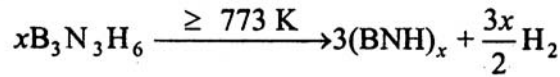
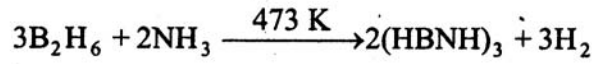


#### অনুশীলনী—14

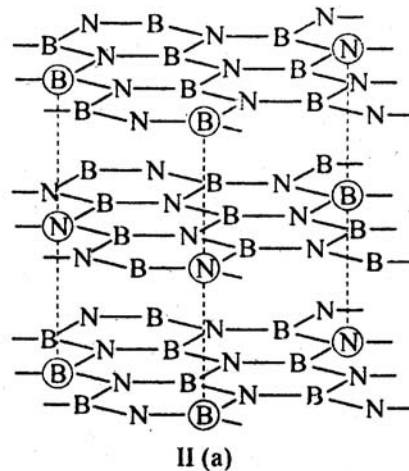
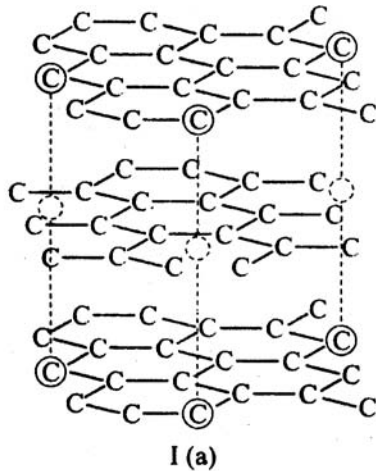
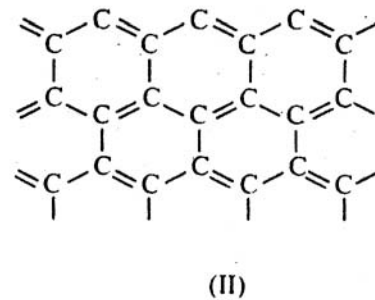
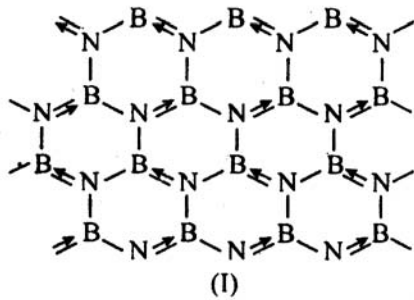
1. বোরাজিনকে অজৈব বেঞ্জিন বলা হয় কেন?
2. বোরাজিন ও বেঞ্জিন সম্বন্ধে সঠিক হওয়া সত্ত্বেও প্রথমটির রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশি কেন ব্যাখ্যা করুন।

#### 4.5.4 বোরন নাইট্রাইড (অজৈব গ্রাফাইট)

$B_2H_6$  বা অন্য যে কোনও বোরেন সাধারণ তাপমাত্রায়  $NH_3$  যুক্ত হয়। উত্তপ্ত করলে H পরিত্যক্ত হয়, আমরা বোরাজিন পাই। তারও পরে পাই উচ্চতর বহুযৌগিক পদার্থ  $[(BNH)_x]$  এবং পরিশেষে বোরন নাইট্রাইড পাওয়া যায় :



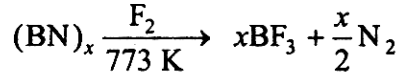
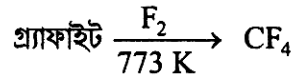
একটি বোরন ও একটি N-পরমাণুর একত্রে দুটি কার্বন পরমাণুর সমসংখ্যক ইলেক্ট্রন আছে। এভাবে  $(BN)_x$  এর গঠন প্রায় গ্রাফাইটের মত। তাই একে অজৈব গ্রাফাইট বলে। গ্রাফাইটেরই (I) মত এর গঠন স্তরাকারে বিন্যস্ত দ্বি-মাত্রিক ষড়ভুজাকৃতি (II)। তবে একটা পার্থক্য আছে।  $B \leftarrow N^+$  বন্ধের মেরুপ্রকৃতির জন্য কেলাসে স্তরগুলির বিন্যাস এমন যে কোনও স্তরের N-পরমাণু অন্য দুই স্তরের B-পরমাণুর ঠিক উপর ও নিচে অবস্থিত I(a) গ্রাফাইটে স্তরগুলি এমন তির্যকভাবে অবস্থিত যে একটি ষড়ভুজের C-পরমাণু উপর ও নিচের স্তরের ঠিক কেন্দ্রবরাবর অবস্থিত II(a) :



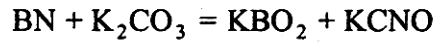
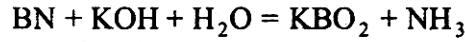
বোরন নাইট্রাইডে B—N দূরত্ব 145 পিকোমি. আর গ্র্যাফাইটে C—C দূরত্ব 142 পিকোমি.।

3000 K তাপমাত্রায় 8500 বায়ুমণ্ডল চাপে বোরন নাইট্রাইডের এই ষড়ভুজাকার গঠন ঘনকাকার ত্রি-মাত্রিক জালকের মত হীরকের গঠন প্রাপ্ত হয়—এতে N ও B উভয়ই সবর্গাংক 4 হয়। একে বলে বোরাজেন। ময়সাঁর পদ্ধতিতে গ্র্যাফাইট থেকে ডায়মন্ডে রূপান্তরের মতোই এই রূপান্তর। শেষোক্ত রূপটি ডায়মন্ড অপেক্ষাও যান্ত্রিক দৃঢ়তা ও শক্ত-প্রকৃতিতে উৎকৃষ্টতর, তবে উঁচু তাপমাত্রায় উপরিতলে জারণ ঘটে।

রাসায়নিকভাবে (BN)<sub>x</sub> গ্র্যাফাইট অপেক্ষা সুস্থির। উচ্চচাপে 3273 K এর গলনাংক, এই তাপমাত্রার নিচে উর্ধ্বপাতিত হয়। লোহিততপ্ত অবস্থায়ও O<sub>2</sub>-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু গ্র্যাফাইট তো 973 K-তেই O<sub>2</sub> এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে CO<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। F<sub>2</sub> এর সঙ্গে বিক্রিয়া :



ত্রি স্ফার বা স্ফারধাতুর কার্বনেটের সঙ্গে বিগলিত করলে গ্র্যাফাইট দেয় CO<sub>2</sub> আর (BN)<sub>x</sub> দেয় মেটাবোরেট, NH<sub>3</sub> ও আইসোসায়ানেট :

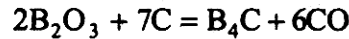


অনুশীলনী—15

1. অজৈব গ্র্যাফাইট কী? এরূপ অভিধার কারণ কী?
2. বোরন নাইট্রাইড ও গ্র্যাফাইটের তিনটি সাদৃশ্য ও তিনটি বৈশাদৃশ্যের উল্লেখ করুন।
3. ডাইবোরেন ও অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় কী ঘটে?

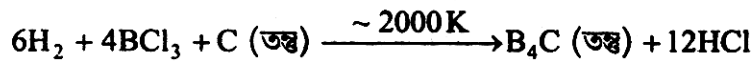
#### 4.5.5 বোরন কার্বাইড

অতিমাত্রায় দৃঢ় ও শক্ত বোরন কার্বাইড এখন টান টান (tonne) তৈরি হচ্ছে। ~1900 K তাপমাত্রায় B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> কে C সহযোগে উত্তপ্ত করে এটি তৈরি করা হয় :



tonne (tūn, টান) ≡ মেট্রিক টন, MT, t = 1000 কেজি = 10 কুইন্ট্যাল

এটি ঘর্ষণকারী পদার্থ (abrasive) হিসাবে এবং পারমাণবিক চুল্লীর আবরক তৈরির উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। গাড়ি ব্রেক-এর অন্তর (lining) দিতেও এর ব্যবহার আছে। B<sub>4</sub>C-তন্তুর বিততি ক্ষমতা (tensile strength) এত বেশি যে বুলেট-প্রক্ষ পোষাক তৈরিতে এটি ব্যবহৃত হয়। এরকম তন্তুর প্রস্তুত প্রণালী নিম্নরূপ :



এটি প্রায় ডায়মণ্ডের মত শক্ত (মো-র হিসাবে), সিলিকন কার্বাইডও এর চেয়ে নরম। বোরন কার্বাইডকে সাধারণতঃ  $B_4C$  হিসাবে সংকেতায়িত করা হয়। কিন্তু এর প্রকৃত সংকেত লেখা উচিত  $B_{13}C_2$ ; তবে এর সংযুতি পরিবর্তিত হয় এবং  $B_{12}C_3$ -র কাছাকাছি যায়। গঠন সারিবদ্ধ বিংশতিতলক (icosahedron)-সমষ্টি। প্রতিটি বিংশতিতলক অপর ছয়টির সঙ্গে চারটি B—C—B এবং দুটি B—B বন্ধ বা ছয়টি B—C—B বন্ধ দ্বারা যুক্ত। এটি গুচ্ছ-যৌগের মধ্যে পড়ে, এবং বহুকেন্দ্রিক বন্ধ (multicentred bond) দ্বারা এর গঠন ব্যাঘাত হতে পারে।

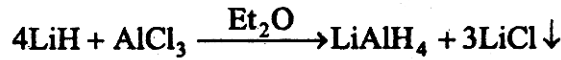
অনুশীলনী—16

1. বুলেট-প্রফ তত্ত্ব কীভাবে তৈরি হয়?
2. বোরন কার্বাইডের ব্যবহার উল্লেখ করুন।
3. বোরন কার্বাইডের গঠন আলোচনা করুন।

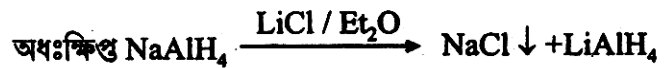
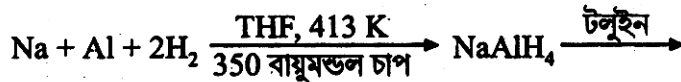
## 4.6 অ্যালুমিনিয়ামের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ

### 4.6.1 টেট্রাহাইড্রোঅ্যালুমিনেটসমূহ (বা অ্যালুমিনোহাইড্রাইডসমূহ)

অ্যালুমিনিয়ামের সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য হাইড্রিডে জটিল লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড। পরীক্ষাগারে ইথার মাধ্যমে LiH ও  $AlCl_3$ -এর বিক্রিয়ায় এটি পাওয়া যায় :



অন্য পদ্ধতি :

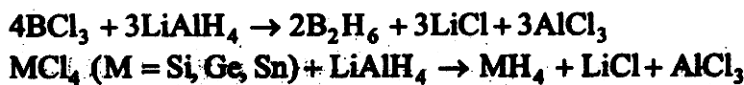


THF = টেট্রাহাইড্রো ফিউরান

এটি একটি ধূসরাভ সাদা কঠিন পদার্থ, 400 K-র বেশি তাপমাত্রায় উপাদানগুলিতে বিস্ফিট হয়। শুষ্ক বাতাসে সুস্থির। জলে আদ্রবিস্ফিট হয় তীব্রভাবে :

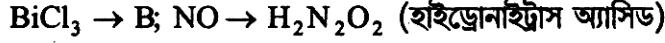
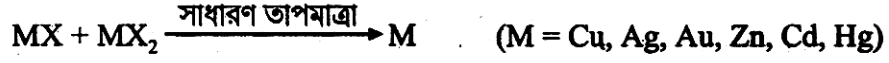


$LiAlH_4$  ইথারে দ্রবণীয়। জৈব ও অজৈব সাংশ্লেষণিক রসায়নে এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিজ্ঞানক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অজৈব হ্যালাইডকে হাইড্রাইডে জারিত করে এই যৌগটি :





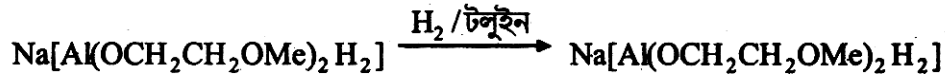
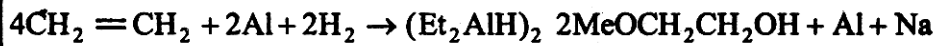
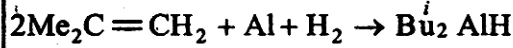
বিজারণের আরও উদাহরণ :



জৈব রসায়নে এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিজারক। এটি অন্ততঃ 60টি কারকপুঞ্জকে বিজারিত করতে পারে, তবে সাধারণতঃ  $\text{>C=C<}$ -এ বিক্রিয়া ঘটায় না। তবে এটি বোরোহাইড্রাইডের চেয়ে কম বৈশেষিক (selective), আর একে জলীয় দ্রবণে ব্যবহার করা যায় না।

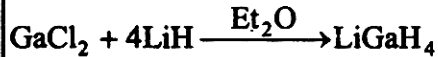
$\text{AlH}_4^-$  আয়ন চতুস্তলকীয়। কেনাস গঠনে যথেষ্ট সমযোজী ধর্মের পরিচয় আছে।

1980-র পর থেকে  $\text{LiAlH}_4$  এর ব্যবহার কমছে। কারণ  $\text{Bu}_2\text{AlH}$ ,  $\text{Na}[\text{AlEt}_2\text{H}_2]$  এবং  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OMe})_2\text{H}_2]$  আবিষ্কৃত হয়েছে ও ব্যবহৃত হচ্ছে। এরা বেশি সস্তা।  
প্রস্তুতি :



13 শ্রেণীর অন্য মৌলরাও  $\text{LiMH}_4$  ( $M = \text{Ga, In, Tl}$ ) জাতীয় যৌগ দেয়।

কম তাপমাত্রায়  $\text{LiAlH}_4$ -এর প্রস্তুতির অনুরূপ পদ্ধতিতে এরা তৈরি হয়।



298 K-তেই  $\text{LiGaH}_4$  ধীরে বিয়োজিত হয়ে  $\text{LiH}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{H}_2$  উৎপন্ন করে। 50 °C-এ সম্পূর্ণ ভেঙ্গে যায়।

$\text{LiInH}_4$ ,  $\text{LiTlH}_4$  273 K-র উপর অসুস্থির।

অনুশীলনী—17

1. বিজারক হিসাবে  $\text{NaBH}_4$  ও  $\text{LiAlH}_4$ -এর তুলনা করুন।
2. নিচের পরিবর্তনের কোনটিতে উপরের কোন্ বিজারকটি ব্যবহার করবেন?
  - (i)  $\text{RCH}=\text{CHCHO} \rightarrow \text{R}-\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{OH}$
  - (ii)  $\text{RCH}_2\text{COOEt} \rightarrow \text{RCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

## 4.6.2 আলট্রাম্যারাইন (Ultramarine)

লাপিস্ লাজুলি (Lapis Lazuli) প্রকৃতিতে প্রাপ্তব্য নীলবর্ণের খনিজ (সোডিয়াম অ্যালুমিনো সিলিকেট)-এর কৃত্রিম অনুরূপকে আলট্রাম্যারাইন বলে।

প্রস্তুতি :

কেওলিন + সোডা ভস্ম [Soda ash, অনার্দ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ] বা সোডিয়াম সালফেট + S + কাঠকয়লা বা রেজিন  $\xrightarrow{\text{বায়ুর অনুপস্থিতিতে লোহিত তপ্ত করা হয়}}$  সাদা আলট্রাম্যারাইন। বাতাস প্রবিষ্ট করলে সবুজ আলট্রাম্যারাইন পাওয়া যায়। শিল্পে প্রস্তুত নীল আলট্রাম্যারাইন পাওয়া যায় পূর্বোক্ত সাদা/সবুজ পদার্থকে সালফার চূর্ণ সহযোগে বাতাসে উত্তপ্ত করে। একে গুঁড়ো করে ধুয়ে নেওয়া হয়। ক্লোরিন-প্রবাহে উত্তপ্ত করলে প্রথমে বেগুনী ও পরে লাল আলট্রাম্যারাইন পাওয়া যায়। ক্ষার, সাবান বা সোডার উপরে এর কোন ক্রিয়া নেই। তবে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অন্যান্য পদার্থের সঙ্গে  $\text{H}_2\text{S}$  উৎপন্ন করে।

প্রকৃতপক্ষে প্রস্তুতির সময় অ্যালুমিনো সিলিকেট খনিজের  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়, আধানের সমতাবিধানের জন্য  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2^{2-}$  আয়ন কেলাস গহ্বরে ঢুকে পড়ে। এসব আয়ন প্রতিস্থাপনযোগ্য (যেমনটি জিওলাইটের ক্ষেত্রে হয়ে থাকে)। আলট্রাম্যারাইনের কয়েকটি উদাহরণ :

আলট্রাম্যারাইন  $\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{S}_2$ , সোডলাইট  $\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{Cl}_2$ , নোজেলাইট  $\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{SO}_4$

$\text{AgNO}_3$  এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় Na, Ag দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং হলুদবর্ণের সিলভার আলট্রাম্যারাইন পাওয়া যায়।

K- ও Li-আলট্রাম্যারাইন পাওয়া যায় আলট্রাম্যারাইনের সঙ্গে KCl ও LiCl-এর বিক্রিয়ায়।

নীল আলট্রাম্যারাইনের সংযুতি  $\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{34}]\text{S}_2$ । রঞ্জন রশ্মি পরীক্ষায় দেখা গেছে যে  $[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]$  এককের একটি দেহ-কেন্দ্রিক (body centred) ঘনকাকার কেলাস-জাফরি বিশিষ্ট। এর গঠনে বড় গহ্বর ও পরিখা আছে—এগুলিতে আয়ন ও ডাইসালফাইড আয়ন (S-S) $^{2-}$  সন্নিবিষ্ট থাকে।

অনুশীলনী—18

1. আলট্রাম্যারাইন কী কাজে লাগে?
2. সাদা, সবুজ, নীল, বেগুনী ও লাল আলট্রাম্যারাইন কী?
3. আলট্রাম্যারাইন-এর আগে এর স্থানে কোন জিনিস ব্যবহৃত হত?

### 4.6.3 অ্যালামসমূহ (ফটকিরি)

অ্যালাম বা ফটকিরি বলতে এখন আমরা এক শ্রেণীর যুগ্ম লবণ বুঝি, যাদের সাধারণ সংকেত  $M_2(SO_4)_3 \cdot R_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  [ $M \equiv$  একযোজী ধাতু বা ধাতব মূলক,  $R \equiv$  ত্রিযোজী ধাতু]। মূলে অ্যালাম নামে যা বোঝাতো তাকে এখন পটাস অ্যালাম বা সাধারণ অ্যালাম (common alum) বলে। আমরা বাংলায় তাকেই ফটকিরি বলি। সাধারণতঃ M হতে পারে Li, Na, K, Rb, Cs,  $NH_4$ ; R হতে পারে Fe, Al, Ga, Cr, Mn, Co. এরা অষ্টতলকীয় আকারে কেলাসিত হয়। অ্যালামসমূহ পরস্পরের সমাকৃতি। কঠিন অবস্থাতেই এদের বৈশিষ্ট্য রক্ষিত ও লক্ষিত হয়। দ্রবণে এরা উপাদান আয়নসমূহের প্রত্যেকের নিরীক্ষা দেখায়।

কয়েকটি অ্যালাম :

নাম	M	R
পটাস অ্যালাম	K	Al
ফেরিক অ্যামোনিয়াম/ফেরিক অ্যালাম	$NH_4$	Fe
ক্রোম অ্যালাম	K	Cr
অ্যামোনিয়াম	$NH_4$	Al

অ্যালামে  $M^+$  এর ব্যাসার্ধ বড় হয় ( $>100$  পিকোমি.),  $R^{3+}$  এর আকার হয় ছোট (ব্যাসার্ধ 50-70 পিকোমি.)। কিছু তথ্য

আয়ন	$M^+$						$M^{3+}$					
	$Li^+$	$Na^+$	$K^+$	$Rb^+$	$Cs^+$	$NH_4^+$	$Al^{3+}$	$Ga^{3+}$	$Cr^{3+}$	$Mn^{3+}$	$Fe^{3+}$	$Co^{3+}$
ব্যাসার্ধ/পিকোমি.	60	95	133	148	169	150	50	62	69	66	64	63

ব্যাসার্ধের জন্য (স্পষ্টতঃই ছোট বলে) সোডিয়াম অ্যালাম বিরল, Li অ্যালাম অনুস্থির।

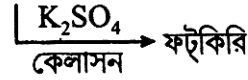
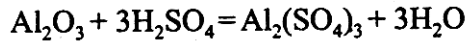
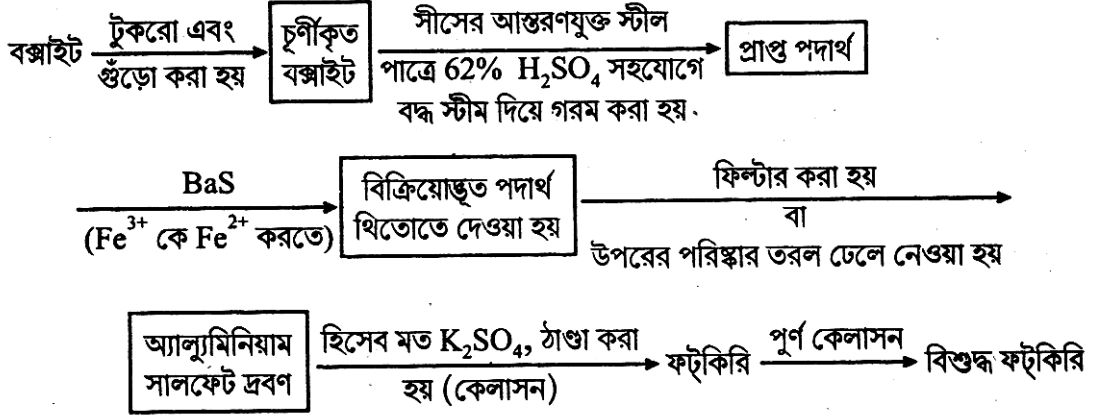
পটাস অ্যালাম :

রঞ্জনশিল্পে রং-আর্কটক (mordant) হিসাবে, জল পরিষ্কার করতে, অল্প কেটে গেলে (যেমন দাড়ি কামাতে) রক্ত বন্ধের জন্য অ্যালামের ব্যবহার হয়।

কাপড়ে রং বসাতে গেলে অ্যালামের  $Al^{3+}$  কে  $Al(OH)_3$  হিসাবে কাপড়ের উপর অধঃক্ষিপ্ত করে নিতে হয়। তারপর রং প্রয়োগ করলে তা Al এর জটিল যৌগের রূপে বদ্ধ হয়। এসব রংকে mordant dye বলে।  
রক্তরোধকরূপে Styptic pencil (styptic = রক্তরোধক) কিনতে পাওয়া যায়। এটি তৈরি করতে ফটকিরি লাগে।

প্রস্তুতি :

1. বজ্রাইট থেকে :



2. অ্যালুনাইট  $[\text{K}_2\text{SO}_4, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 4\text{Al}(\text{OH})_3]$  কে আগে ভস্মীকৃত করা হয়। অ্যালুম শেল (Alum Shale,  $\text{FeS}_2$  যুক্ত অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট)-কে আগে তাপজারিত করা হয়। তারপর আগের পদ্ধতি অনুসৃত হয়। দ্বিতীয় ক্ষেত্রের শেষ ধাপে হিসাবমত KCl মেশানো হয়।

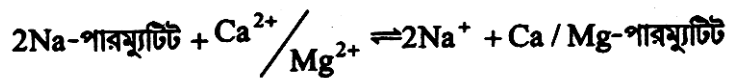
ফটুকিরি বর্ণহীন অষ্টতলকীয় কেলাসাকার, কষায় স্বাদযুক্ত, জলে দ্রবণীয়, গলনাংক 363 K, 473 K-তে সব জল মুক্ত হয়ে দৃষ্ণ ফটুকিরি (burnt alum) নামে পরিচিত হয়।

অনুশীলনী—19

ফটুকিরি তৈরিতে BaS-এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করুন।

#### 4.6.4 পারমুটিট (Permutit)

'Permutare' কথাটির অর্থ বিনিময় করা। এ থেকে পারমুটিট কথাটা এসেছে। জলের খরতা দূর করতে এর ব্যবহার আছে। এটি ক্যাটায়ন বিনিময় করতে পারে।



এরা প্রকৃতপক্ষে অ্যালুমিনোসিলিকেট। প্রকৃতিতেও অ্যালুমিনো সিলিকেট আছে। এখানে কিছু  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  দ্বারা প্রতিস্থাপিত; আর তাদের কেলাসে থাকে কিছু ক্ষার বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর আয়ন। ফেলস্পার ও জিওলাইট এই জাতীয় উল্লেখ্য খনিজ। সাধারণ ফেলস্পারসমূহের গঠন :

পটাস ফেলস্পার. (অর্থোক্লজ)	$\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{H}_2\text{O}$
সোডা ফেলস্পার	$\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{SiO}_2$
লাইম ফেলস্পার	$\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$
ন্যাট্রোলিথ	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}, 2\text{H}_2\text{O}$

এই ন্যাট্রোলিথ একটি সাধারণ জিওলাইট। এর ক্যাটায়ন বিনিয়োগকারী ধর্ম আছে। এটি জলের খরতা দূরীকরণে ব্যবহৃত হয়। পারম্যাটিট হল কৃত্রিম জিওলাইট। 1 : 2 : 4 তৌলিক অনুপাতে কোয়ার্টজ, কেওলিন ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , চীনা মাটি) ও সোডিয়াম কার্বনেটকে উঁচু তাপমাত্রায় গলিয়ে ঠান্ডা করলে পারম্যাটিট পাওয়া যায়। এটি অনিয়তাকার, কাঁচের মত দেখতে, জলে অদ্রবণীয়। জিওলাইটের দৃঢ়তা বেশি, কিন্তু মৃদুকরণ ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম; আর পারম্যাটিটের দৃঢ়তা অপেক্ষাকৃত কম, কিন্তু মৃদুকরণ ক্ষমতা বেশি।

অনুশীলনী—20

পারম্যাটিট মৃদুকরণ ক্ষমতা হারিয়ে ফেললে তার পুনরাজীবন কীভাবে করবেন?

## 4.7 নিরীক্ষা (Detection) ও পরিমাপন (Estimation)

### 4.7.1 বোরন

বোরেট-এর নিরীক্ষার জন্য (i) এস্টার প্রজ্জ্বলন (ester ignition test) ও (ii) বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড নিরীক্ষা ব্যবহৃত হয়। এগুলি 4.5.3 অংশে বর্ণিত হয়েছে।  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণ দিয়ে সিস্ট পরীক্ষাও ঐ অংশেই বলা হয়েছে।

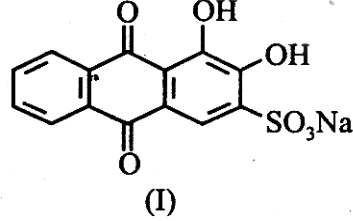
পরিমাপনের জন্য নমুনাকে প্রথমে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও অনুঘটক ত্রয়ী ( $\text{Se}, \text{CuSO}_4 / \text{HgSO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4$ ) সহযোগে পাতিত করে ও তৎপরে মিথানল সহযোগে পাতিত করে প্রাপ্ত মিথাইল বোরেটকে আদ্রবিশ্লিষ্ট করে উৎপন্ন বোরিক অ্যাসিডকে ম্যানিটলের উপস্থিতিতে ফিনলথ্যালাইন সূচক ব্যবহার করে প্রমাণ  $\text{NaOH}$  দ্রবণ দিয়ে অনুমাপন করা হয়। 1000 ml  $\text{NaOH} \equiv 11 \text{ g B}$ .

খুব অল্প পরিমাণ B (যেমন স্টীলে) বর্ণালী আলোকমিতি (spectrophotometry) পদ্ধতিতে 1, 1'-ডাইঅ্যানথ্রিমাইড ব্যবহার করে মাপা যায়; নীল বর্ণ জটিলটির  $\mu_{\text{max}} = 620$  ন্যানোমি.।

### 4.7.2 অ্যালুমিনিয়াম

বৈশ্লেষিক IIIA গ্রুপে,  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  সহযোগে জেলির মত বর্ণহীন অধঃক্ষেপ পড়ে।  $\text{NaOH}$  দ্রবণে এটি দ্রবীভূত হয়,  $\text{NH}_4\text{Cl}/(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  সহযোগে বাঁকালে আবার অধঃক্ষেপ পড়ে।

এ্যালিজারিন-S(I)-এর 0.1% জলীয় দ্রবণ দিয়ে একে নিশ্চিত করা যায়। পরখনলে  $Al(OH)_3$  অধঃক্ষেপে ন্যূনতম পরিমাণ  $NaOH$  দ্রবণ (বেশি দিলে পরখনলের থেকে  $SiO_3^{2-}$  আসবে,  $SiO_3^{2-}$  পরীক্ষাটি ব্যাহত করবে) দিয়ে দ্রবীভূত করে তার মধ্যে এক ফোঁটা বিকারক যোগ করে, অ্যাসিটিক অ্যাসিড দিয়ে অম্লীকৃত করে সেন্টিফিউজ করলে নিচে গোলাপী বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়বে :

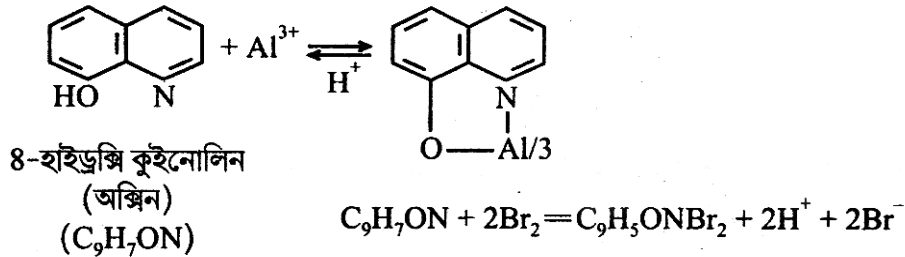


পরিমাপন :

(i)  $Al(OH)_3$  অধঃক্ষেপ ফেলে 1300-1400 K তে উত্তপ্ত করে  $Al_2O_3$  হিসাবে ওজন করে নেওয়া হয়।

(ii) অক্সিনেট (II) [2M অ্যাসিটিক অ্যাসিডে 3% অক্সিন দ্রবণ সহযোগে 2M অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে] অধঃক্ষিপ্ত করে, 4 নং কাঁচ-বাঁধানো (sintered) পরিশ্রাবণ মুছিতে পরিশ্রুত করে অধঃক্ষেপকে 410 K তে স্থির ওজন নেওয়া হয়।

বিকল্প পদ্ধতিতে অধঃক্ষেপ উষ্ণ গাঢ়  $HCl$ -এর দ্রবীভূত করে তার সঙ্গে প্রমাণ  $KBrO_3 / KBr$  মিশ্রণ যোগ করে, অতিরিক্ত অবশিষ্ট  $Br_2$ -এ  $KI$  করে উৎপন্ন  $I_2$  কে প্রমাণ  $Na_2S_2O_3$  দ্রবণ দিয়ে (স্টার্চ সূচক ব্যবহার করে) অনুমাপন করা হয় :



স্বল্প পরিমাণের জন্য প্রতিপ্রভামিতি (fluorimetry) প্রযুক্ত হতে পারে।

#### 4.7.3 গ্যালিয়াম

III A শ্রেণীতে  $Ga(OH)_3$  রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু লঘু  $NH_3$  দ্রবণে দ্রবণীয়।

পরিমাপন :

ইথার সহযোগে দ্রাবক-নিষ্কাশন (solvent-extraction) পদ্ধতিতে অম্লীকৃত ( $\sim 8NHCl$ ) দ্রবণ থেকে  $HGaCl_4$  পৃথক করে ফেলা যায়।

অ্যাসিটেট বাফার ( $pH = 2.0$ )-এর মাধ্যমে  $Ga$ -অক্সিনেট  $CHCl_3$ -এ দ্রাব্য কিন্তু  $Al$ -অক্সিনেট নয়। নিষ্কাশ (extract)-এ প্রতিপ্রভামিতি (হলুদ প্রতিপ্রভা) প্রযুক্ত হয়।

#### 4.7.4 ইণ্ডিয়াম

II শ্রেণীতে  $I_2S_3$  (হলুদ) রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় [ $Pb^{2+} / Cd^{2+}$ -এর মত খুব কম অ্যাসিডের উপস্থিতিতে]।  $(NH_4)_2Sn$  দ্রবণে দ্রবীভূত হয়—অর্থাৎ শ্রেণী II B-তে যায়।

পরিমাপন :

Al-এর মত  $In_2O_3$  রূপে ওজন করা যায়।

Ga-এর মত ইথার সহযোগে  $InCl_3$  নিষ্কাশিত হয়।

ডাইথাইজোনেটকে pH 5-6-3-এ  $CCl_4$  সহযোগে নিষ্কাশিত করে বর্ণমিতিক (Colourimetric) পরিমাপন করা যায়।

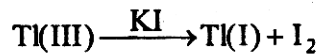
#### 4.7.5 থ্যালিয়াম

গাঢ় সবুজ বর্ণের শিখা উৎপন্ন করে।

I শ্রেণীতে  $TlCl$  রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় (Tl (III) হয় না)। গরম জলে দ্রবণীয়। কিন্তু  $SO_4^{2-}$  ও দ্রবণীয় (তুলনীয় :  $PbSO_4$ )।

গরম জলের দ্রবণে KI যোগ করলে হলুদ TII অধঃক্ষিপ্ত হয়। (স্মর্তব্য : সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করলে  $PbI_2$  দ্রবীভূত হয়)। তাছাড়া  $Tl_2CrO_4$  (হলুদ) (Tl(III) অধঃক্ষিপ্ত হয় না) লঘু  $HNO_3$ -এ অদ্রবণীয়; সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট দ্রবণযোগে Tl(I) ফিকা লাল অধঃক্ষেপ ফেলে।

কিন্তু সব Tl শ্রেণী I-এ অধঃক্ষিপ্ত হয় না। বাকীটা III B-তে পড়ে ( $Tl_2S$ , কালো)। কার্বনেট হিসাবে বাকী মূলকগুলিকে পৃথক করে  $(NH_4)_2S$  সহযোগে আবার  $Tl_2S$  অধঃক্ষিপ্ত করা যায় :



পরিমাপন :

1.  $Tl_2CrO_4$  হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করে ওজন নেওয়া যায়।

2. pH 9-12 তে ডাইথাইজোনেটরূপে পৃথক করা যায়।

3. Tl (III) কে আয়োডোমিতিক ও Tl (I) কে  $KIO_3$  (~6NHCl মাধ্যমে) অনুমাপন পদ্ধতিতে পরিমাপ করা যায়।

অনুশীলনী—21

1. Pb (II) ও Tl (I) মিশ্রণে কীভাবে পরস্পরকে সনাক্ত করবেন?
2. রং বলুন : HgS, CuS, CdS, PbS,  $Bi_2S_3$ ,  $In_2S_3$ ,  $Tl_2S$
3.  $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $Tl^{3+}$  লবণের মধ্যে কোনটি শিখা পরীক্ষায় পরিচায়িত হতে পারে?

## 4.8 সারাংশ

আসুন এবার আমরা শ্রেণী 13-র মৌলগুলির রসায়নের অধীত বিষয়ের একটা সারাংশ প্রস্তুত করি।

- B, Al, Ga, In, Tl 13 শ্রেণীর সদস্য। এই সমশ্রেণিকগুলির অবস্থিতি ও প্রাচুর্য, ব্যবহার ও সাধারণ ধর্মাবলী আপনারা জেনেছেন। ধর্মের পর্যাবৃত্তির ধারণাও আপনাদের হয়েছে। এর সঙ্গে একটু ঐতিহাসিক ধারণা পেয়েছেন এই মৌলগুলি সম্বন্ধে।
- প্রদর্শিত জারণসংখ্যা জেনেছেন।  $ns^2np^1$  বহির্তম কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস হওয়া সত্ত্বেও III ছাড়া অন্য যে সব জারণসংখ্যা হয় তাও জেনেছেন।
- হাইড্রাইডসমূহের ধারণা পেয়েছেন। দেখেছেন বোরন হাইড্রাইড অনন্য বৈশিষ্ট্যযুক্ত। এদের গঠন আলোচনা প্রসঙ্গে আপনারা H-সেতু বন্ধের ধারণা পেয়েছেন। বহুকেন্দ্রিক বন্ধ কাকে বলে জেনেছেন। জেনেছেন ন্যূন-ইলেক্ট্রন যৌগ কাদের বলে।
- বোরন ও অ্যালুমিনিয়ামের জটিল হাইড্রাইড এবং তাদের বিজারকের ভূমিকা সম্বন্ধে আপনারা অবহিত হয়েছেন।
- মৌলগুলির হ্যালাইড সম্বন্ধে বিস্তারিত তথ্য পেয়েছেন। বোরনের হ্যালাইড একযৌগিক। জলে আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়। এরা  $p\pi-p\pi$  বন্ধ দেখায়।  $AlF_3$  আয়নীয় যৌগ। অন্য হ্যালাইডগুলি কঠিন অবস্থায় দ্বি-যৌগিক, জলীয় দ্রবণে আয়নীয়।
- বোরনের তিনটি অক্সোঅ্যাসিড আছে। অর্থো, মেটা ও পাইরোবোরেট। এদের সংশ্লিষ্ট লবণ আছে। এদের মধ্যে বোরাঙ্গ প্রধানতম। দ্রবণে সব অ্যাসিডই অর্থোবোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এটি মৃদু অ্যাসিড, কিন্তু পলিহাইড্রক্সি অ্যালকোহলের উপস্থিতিতে তীব্রতর হয়।
- বোরন নাইট্রাইড (অজৈব গ্র্যাফাইট), বোরাইন (অজৈব বেঞ্জিন) ও কার্বাইড গঠন করে। এদের গঠন কৌতুহলোদ্দীপক। গঠনের জন্য প্রথম দুটি যৌগের উল্লিখিত অভিধা হলেও রাসায়নিক ধর্মে অনেক পার্থক্য আছে। বোরন কার্বাইড প্রায় ডায়মণ্ডের মতই শক্ত।
- অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড স্থায়ী আয়নীয় যৌগ, উভধর্মী। নিচের দিকে ক্ষারকীয় ধর্ম বৃদ্ধি পায়।
- বোরন ও অ্যালুমিনিয়ামের অনেক যুতযৌগ ও কীলেট যৌগ জানা আছে—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন দাতা লিগ্যান্ডের সঙ্গে এরা গঠিত হয়।
- এরা উল্লেখযোগ্য জৈব ধাতবযৌগ গঠন করে। এদের কারো কারো উৎকৃষ্ট অনুঘটক ভূমিকা আছে।
- অ্যালুমিনিয়ামের বিশিষ্ট যৌগের মধ্যে আছে অ্যালাম (যার একটি বিশেষ ধরণের যৌগ :  $M_2SO_4 \cdot R_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ )। অ্যালট্রাম্যারাইন কাপড় কাচার কাজে লাগে। পারম্যাটিক কৃত্রিম জিওলাইট (অ্যালুমিনোসিলিকেট)—খর জলের মৃদুকরণের কাজে লাগে।
- মৌলগুলির যৌগের নিরীক্ষা ও পরিমাপ আলোচিত হয়েছে।



## 4.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

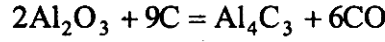
1. বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের বিভিন্ন ধাপগুলি বর্ণনা করুন।  $Al_2O_3$  কে কার্বন দিয়ে বিজারিত করে ধাতুটি পাওয়া যায় না কেন?
2. Al, Ga, In, Tl সমযোজী ও তড়িৎযোজী উভয়প্রকার যৌগ গঠন করলেও বোরন প্রধানতঃ সমযোজী যৌগই উৎপন্ন করে। কেন? ব্যাখ্যা করুন।
3. Ga-এর সমযোজী ব্যাসার্ধ, আয়নন শক্তি ও অপরাধর্মিতা অন্য সমশ্রেণিকদের প্রলম্বিত (extrapolated) মান থেকে অনেক পৃথক। সংক্ষেপে এই ব্যত্যয় ব্যাখ্যা করুন।
4.  $B_{12}$  এককের গঠন কীরূপ?
5. বোরোট-এর উপর ভিত্তি করে সমবহুযৌগিক অ্যাসিডের বিবরণ দিন।
6. সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম, গঠন ও ব্যবহার বর্ণনা করুন।
7. ডাইবোরেন-এর গঠন ও বন্ধ-প্রকৃতি বর্ণনা করুন। এর উপর ভিত্তি করে উচ্চতর বোরেনের গঠন আলোচনা করুন।
8. বোরেন এর Styx নামকরণ বলতে কী বোঝেন? উদাহরণ দিয়ে বোঝান।
9. অ্যালামের দুটি উদাহরণ দিন। এরা জলে দ্রবীভূত হলে কী ধরনের কণা উদ্ভূত হয়?
10. একটি সাদা কেলাসাকার কঠিন (A) কে  $NH_4HF_2$  সহযোগে বিগলিত করলে একটি আয়নীয় যৌগ (B) পাওয়া যায়। (B) কে ডাইবোরনট্রাইঅক্সাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে গ্যাসীয় পদার্থ (C) পাওয়া যায়। (C) সবুজ পাড়বিশিষ্ট শিখা উৎপন্ন করে। জলে পাঠালে (C) একটি আয়নিক দ্রবণ উৎপন্ন করে, দ্রবণে থাকে (D) এবং তার সঙ্গে (A) পুনরুৎপাদিত হয়। এদিকে (C)  $NaBH_4$ -এর ইথার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে (E) উৎপন্ন করে। (E) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে (A) পুনরুৎপাদিত করে এবং তার সঙ্গে আরেকটি গ্যাস (F)-ও পাওয়া যায়। (F) নীল শিখায় ছলে। (E) কম তাপমাত্রায় শুষ্ক  $NH_3$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে আয়নীয় যৌগ (G) উৎপন্ন করে। এটি উত্তাপনে 80-4 আণবিক ওজন বিশিষ্ট তরল (H) পাওয়া যায়। এর গঠন বলয়াকৃতি। (H)-এর বিশ্লেষণের ফল হুল সংকেত  $BNH_2$  নির্দেশ করে। অক্ষর চিহ্নিত পদার্থগুলি সনাক্ত করুন। ব্যাখ্যা ও সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন [ক.বি., 1989]
11. 'নিষ্ক্রিয় জোট' প্রভাব কী? 13 শ্রেণীর মৌলগুলির ক্ষেত্রে এর প্রয়োগ ব্যাখ্যা করুন।
12. 13 শ্রেণীর মৌলের ত্রি- ও এক-যোজ্যতার কারণ দিন।  $GaCl_2$ র মত যৌগে দ্বি-যোজ্যতার সম্ভাব্যতার উপর আলোকপাত করুন।
13. তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে Al-এর অবস্থান থেকে আপনি কি মনে করেন যে এটি জলের উপস্থিতিতে নিষ্ক্রিয় থাকবে? জলে এবং বাতাসে এর আচরণ কী হয় ব্যাখ্যা করুন।
14. B, Ga ও I এর ডাইহ্যালাইডের পরিচয় দিন।

15.  $\text{Et}_3\text{Al}$ -এর প্রস্তুতির দুটি বিভিন্ন পদ্ধতি বাছুন।  $\text{C}_2\text{H}_4$ -এর বহুযৌগিকতায় এর অনুঘটক ভূমিকা উল্লেখ করুন।
16. ডাইবোরেনকে  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ -র সঙ্গে যোগ করে প্রাপ্ত পদার্থ (i)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ও (ii)  $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{OH}^-$  এর সঙ্গে যোগ করা হল। কী ঘটবে?
17. B-এর ব্যতিক্রমী আচরণ কীভাবে ব্যাখ্যা করবেন?

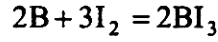
## 4.10 উত্তরমালা

### অনুশীলনী—1

1. অ্যালুমিনিয়ামের অবস্থান তড়িৎ রাসায়নিক সারির উপরের দিকে। তাই এর জরিত অবস্থায় থাকার প্রবণতা বেশি।  $\text{Al}_2\text{O}_3$  কে কার্বন সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয় :



2.  $\text{CaF}_2$  ও  $\text{AlF}_3$  প্রকৃতপক্ষে অশুদ্ধি, এদের উপস্থিতিতে ক্রায়োলাইট ও অ্যালুমিনার মিশ্রণের গলনাংক কমিয়ে দেয়।
3. অশুদ্ধ অনিয়তাকার B ও  $\text{I}_2$ -এর বিক্রিয়ায় উদ্বায়ী বোরন ট্রাইআয়োডাইড উৎপন্ন হয়।



এই  $\text{BI}_3$  উত্তপ্ত Ta তন্তুর সংস্পর্শে এসে বিয়োজিত হয় :  $2\text{BI}_3 = 2\text{B} + 3\text{I}_2$

### অনুশীলনী—2

Ga-এর গলনাংক  $30^\circ\text{C}$ . তাই গরমকালে এটি তরল।

এর পর 4.3.1 (ক) অংশ থেকে এই কম গলনাংক ব্যাখ্যা করুন।

### অনুশীলনী—3

1. ও 2. 4.3.1 (খ) অংশ থেকে এই কম গলনাংক ব্যাখ্যা করুন।
3.  $f$ -ইলেক্ট্রনের আবরণী ক্ষমতা কম হওয়ার বাইরের ইলেক্ট্রন কেন্দ্রীন দ্বারা বেশি দৃঢ়ভাবে আকর্ষিত হয়। কাজেই  $f$ -ব্লক মৌলগুলির আকার বাঁ থেকে ডাইনে কমে। আবার এই  $f$ -ব্লক বাইরের ইলেক্ট্রন ও কেন্দ্রীনের মধ্যবর্তী হওয়ায় একটা আবরণী ক্ষমতা দেখা দেয়, যা  $p$ -ব্লক মৌলগুলির মধ্যে নেই। তাই  $p$ -ব্লক মৌলগুলির ক্ষেত্রে বাঁ থেকে ডাইনে যতটা আকার হ্রাস পায়  $f$ -ব্লকের ক্ষেত্রে তার চেয়ে কম দেখা যায়। অর্থাৎ  $f$ -ব্লক মৌলের ক্ষেত্রে এই আকারের হ্রাস বাঁ থেকে ডাইনে মৌল পরস্পরায় প্রায় সমান হয়। একে ল্যাঙ্ঘানাইড সংকোচন বলে।

অনুশীলনী—4

+1, +3; +1-এর স্থায়িত্ব বেশি। ব্যাখ্যা 4.4.1 (গ) অংশ থেকে সংগ্রহ করুন।

অনুশীলনী—5

1. 4.3.1 (গ) অংশ দেখুন
2. শ্রেণী বরাবর  $I_1$ -এর মান কমে। এর মূলে আছে কেন্দ্রীয় আধান ও ইলেকট্রনসমূহের আকর্ষণ ক্ষমতার সংযুক্ত প্রভাব। (বিস্তারিত ব্যাখ্যার জন্য ECH-02, Inorganic Chemistry—I সংখ্যার পর্যাবৃত্তি অধ্যায়ের 'আয়নন শক্তি' অংশ দেখুন)। বাকীটার উত্তর 4.4.1 (গ) থেকে পাবেন।
3. বর্ণ-হাবের চক্র দিয়ে ব্যাখ্যা করুন।

অনুশীলনী—6

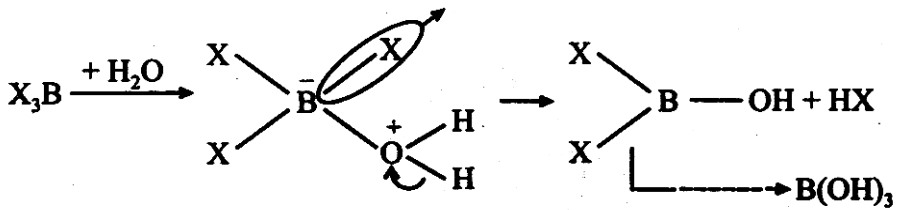
1.  $GaCl_2$  প্রকৃত পক্ষে  $Ga^{I+} [GaCl_4]^{-III}$
2. পাঠ্যাংশ থেকে উত্তর সংগ্রহ করুন।

অনুশীলনী—7

1.  $2Al + 6HNO_3 = Al_2O_3 + 6NO_2 + 3H_2O$
2.  $2B + 3H_2SO_4 = 2H_3BO_3 + 3SO_2$
3.  $Al_4C_3 + H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$
4.  $BN + 3H_2O = H_3BO_3 + NH_3$

অনুশীলনী—8

1. পাঠ্যাংশ দেখুন।
- 2.



$AlX_3$ -র ক্ষেত্রে পাঠ্যাংশ দেখুন।

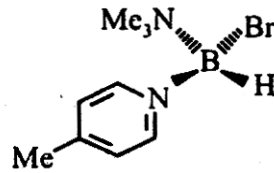
3. পাঠ্যাংশ দেখুন।
4. পাঠ্যাংশ দেখুন।
5. পাঠ্যাংশ দেখুন।
6. 1-এর অনুরূপ।

### অনুশীলনী—9

1. বোরাক্সের জলীয় লেই আদ্রবিশ্লেষণের ফলে ক্ষারকীয় হয় :  
 $N_2B_4O_7 + 7H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + 4H_3BO_3$ . তাই ফিনলথ্যালাইনকে গোলাপী করে। আবার গ্লিসেরল-এর সঙ্গে কিলেট গঠন করার ফলে মৃদু  $H_3BO_3$  তীব্রতর অ্যাসিড উৎপন্ন করে (বিক্রিয়া 4.5.3 দেখুন), তাই গোলাপী রঙ অন্তর্হিত হয়।
2. পাঠ্যাংশ থেকে উত্তর বের করে নিন।
3. প্রশ্ন 1-এর উত্তর দেখুন। 4.4.3 পাঠ্যাংশ দেখুন।
4. পাঠ্যাংশ দেখুন।
5. বোরাক্স  $\xrightleftharpoons[NaOH \text{ বা } Na_2CO_3]{HCl}$  বোরিক অ্যাসিড
6. পাঠ্যাংশ দেখুন।
7. (i) D  
(ii) A

### অনুশীলনী—10

1.

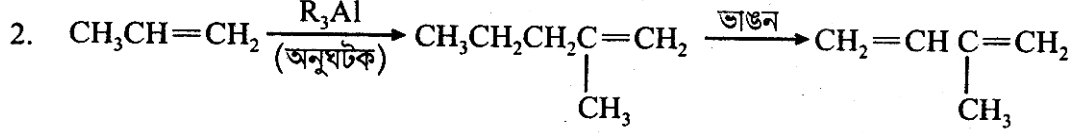


এটি আলোক সক্রিয়। B-পরমাণু চতুষ্কলকীয় হওয়ায় অপ্রতিসম। তাই এটিকে *d*- ও *l*-সমাবয়বে বিভাজিত করা সম্ভব।

2. ও 3. B-পরমাণুর সাপেক্ষে সামতলিক। N—B পশ্চাৎ বন্ধ গঠিত হওয়ায় B-এর ইলেক্ট্রন-ন্যূনতা প্রশমিত হয়। তাই এটি সুস্থির।

### অনুশীলনী—11

1. Al-অ্যালকিলসমূহ; অ্যালকিনের বহুযোগিতা গঠনে ও অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত  $\text{AlH}_3$  প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।



আইসোপ্রিন লাগে কৃত্রিম রবার (নিওপ্রিন রবার) তৈরি করতে।

### অনুশীলনী—12

1. টেট্রাডেকাবোরেন (20); ডেকাহাইড্রো-ক্লোজো-ডেকাবোরেট (2-) বা ডেকাহাইড্রো ডেকাবোরেট (2-)
2. (i)  $2\text{NaBH}_4 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{B}_2\text{H}_6 + 2\text{NaH}_2\text{PO}_4 + 2\text{H}_2$   
(ii)  $4\text{BF}_3 + 3\text{LiAlH}_4 = 3\text{LiF} + 3\text{AlF}_3 + 2\text{B}_2\text{H}_6$   
(iii)  $\text{B}_2\text{H}_6 + 2\text{KOH} = 2\text{KOBH}_3 + \text{H}_2$   
(iv)  $2\text{Mg}_3\text{B}_2 + 4\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{B}_4\text{H}_{10} + \text{H}_2$
3. পাঠ্যাংশ দেখুন।
4. 4620
5.  $\text{B}_2\text{H}_6$ -এর গঠন থেকে দেখান যে 4টি H অভিন্ন, অন্য দুটি পৃথক ধরণের। প্রান্তীয় H গুলিই প্রতিস্থাপিত হয়।

### অনুশীলনী—13

(i)-এর ক্ষেত্রে

### অনুশীলনী—14

1. পাঠ্যাংশ দেখুন। (গঠনগত সাদৃশ্য, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্যের কথা বলে, উপসংহার টানুন এই বলে যে পার্থক্যই বেশি)।
2. বেঞ্জিনে  $\pi$ -ইলেক্ট্রনগুলি সবকটি কার্বন পরমাণুর উপর ছড়ানো, কিন্তু বোরাজিনে আংশিকভাবে ছড়ানো। B ও N পরমাণুর অপরাধর্মিতার পার্থক্য থাকায় দূরকম পরমাণুর মধ্যে ইলেক্ট্রন ঘনত্বের পার্থক্য ঘটে। B—N  $\sigma$ -বন্ধে এই ইলেক্ট্রন চলন B থেকে N এর দিকে, এবং এটি B—N  $\pi$ -বন্ধে N থেকে B-এর দিকের ইলেক্ট্রন চলনকে ছাড়িয়ে যায়। তাই N-এ ঋণাত্মক ও B-এ ধনাত্মক আধান জন্মে হয়। তাই বোরাজিন-এর B-পরমাণুতে নিউক্লিয়সফার্মানী আক্রমণ ঘটতে পারে।

অনুশীলনী—15

1. পাঠ্যাংশ দেখুন।
2. পাঠ্যাংশ দেখুন।
3. পাঠ্যাংশ দেখুন।

অনুশীলনী—16

1. পাঠ্যাংশ দেখুন।
2. পাঠ্যাংশ দেখুন।
3. পাঠ্যাংশ দেখুন।

অনুশীলনী—17

1.  $\text{LiAlH}_4$ -এর ব্যবহার  $\text{NaBH}_4$  অপেক্ষা বেশি বহুমুখী;  $\text{NaBH}_4$  অনেক বেশি বৈশেষিক। যেমন  $\text{NaBH}_4$   $>\text{C}=\text{O}$  কে বিজারিত করে  $-\text{CHOH}$  করে, কিন্তু  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{COOEt}$ ,  $-\text{NO}_2$  গ্রুপ সাধারণতঃ আক্রান্ত হয় না।  
|
2. (i)  $\text{NaBH}_4$   
(ii)  $\text{LiAlH}_4$

অনুশীলনী—18

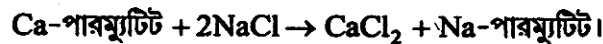
1. সাদা কাপড় কাচার পর উজ্জ্বলতা বৃদ্ধির জন্য জলে গুলে প্রযুক্ত হয়।
2. পাঠ্যাংশ দেখুন।
3. কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত জৈব যৌগ নীল (indigo); তারও আগে নীল গাছ থেকে এই নীল নিষ্কাশিত হত।

অনুশীলনী—19

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ -এর সঙ্গে কেলাসিত হয়, কারণ এরা সমাকৃতি।  $\text{BaS}$  একে বিজারিত করে  $\text{FeSO}_4$ -এ পরিণত করে। কেলাসনের সময় তাই  $\text{Fe}^{3+}$ -এর অনুপ্রবেশ ঘটে না।

অনুশীলনী—20

ব্যবহৃত পারম্যাংগেট স্তরের সংস্পর্শে গাঢ়  $\text{NaCl}$  দ্রবণ রাখা হলে পারম্যাংগেট পুনরুজ্জীবিত হবে।



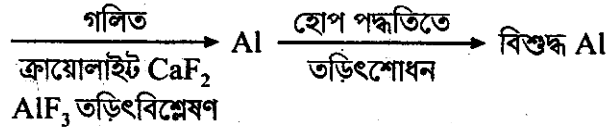
এই দ্রবণ বের করে ফেলে, স্তরটিকে মৃদু জল দিয়ে ধুয়ে নিলেই তা আবার কার্যকরী হবে।

অনুশীলনী—21

1. পাঠ্যাংশ দেখুন।
2. যথাক্রমে কালো (অধঃক্ষেপনের সময় পর্যায়ক্রমে সাদা, হলুদ, লাল, কালো), কালো, হলুদ, কালো, চকলেট, হলুদ, কালো।
3.  $Tl^{3+}$

প্রান্তিক প্রশ্নাবলি :

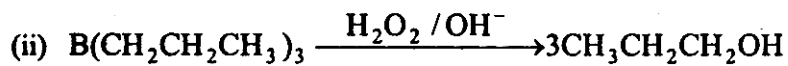
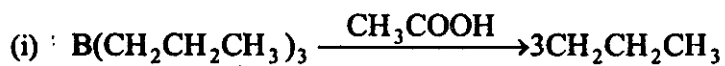
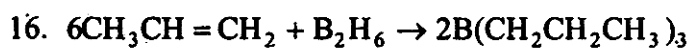
1. বক্সাইট  $\longrightarrow$  বিশুদ্ধ  $Al_2O_3$ ; বিশুদ্ধ  $Al_2O_3$ ;



বিস্তৃত আলোচনার জন্য পাঠ্যাংশ দেখুন।

2. উচ্চ আয়নন ক্ষমতা ও আকার সমযোজ্যতার জন্য দায়ী, আয়নের উচ্চ আধানও। দ্রবণে আয়নীয়তা উচ্চ দ্রাবকায়ন শক্তির জন্য হয়। (বর্ণ-হাবের চক্র দিয়ে ব্যাখ্যা করুন)
3. Ca ও Ga-এর মধ্যে 10টি  $3d$  মৌল ঢুকে যাওয়ায় Ga-এর কার্যকরী নিউক্লীয় আধান বেশি। তাই পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কম, আয়নন শক্তি বেশি, অপরাধর্মিতা বেশি।
4. 4.3.1 অংশ দেখুন (আইকোসাহেড্রন)।
5. 4.4.3 অংশ দেখুন।
6. 4.5.2 অংশ দেখুন।
7. 4.5.2 অংশ দেখুন।
8. 4.5.2 অংশ দেখুন।
9. 4.6.3 অংশ থেকে সংগ্রহ করুন।
10. (A)  $H_3BO_3$ , (B)  $NH_4BF_4$ , (C)  $BF_3$ , (D)  $HF$ , (E)  $B_2H_6$ , (F)  $H_2$ , (G)  $(NH_4)_2[B_2H_4]^{2-}$ , (H)  $B_3N_3H_6$  (বিক্রিয়া যথাস্থান থেকে সংগ্রহ করুন)।
11. 4.3.2 (ক) অংশের শেষদিকে দেখুন।
12. 4.4.2 পাঠ্যাংশ দেখুন।
13. 4.2.2 অংশ দেখুন।
14. 4.4.2 অংশে আছে।

15. 4.4.5 অংশ থেকে বুঁজে নিন।



17. নিজে চেষ্টা করুন।

---

#### 4.11 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

---

1. F. A. Cotton and G. Wilkinson—*Advanced Inorganic Chemistry*, (J. Willey).
2. P. K. Dutt—*General and Inorganic Chemistry*, (Vol. II), (Sarat Book House).
3. N. N. Greenwood and A. Eannshaw—*Chemistry of the Elements*, (Bulter Worth).
4. R. Sarkar—*General and Inorganic Chemistry*, (Parts I & II), [Books and Allied (P) Ltd.].
5. J. D. Lee—*Concise Inorganic Chemistry*, (4th Edn.), (ELBS).



---

## একক 5 □ 14 শ্রেণীর মৌলসমূহ

---

গঠন

- 5.1 প্রস্তাবনা  
উদ্দেশ্য
- 5.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন ও ব্যবহার
  - 5.2.1 অবস্থিতি
  - 5.2.2 নিষ্কাশন
  - 5.2.3 ব্যবহার
- 5.3 মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য
  - 5.3.1 বহুরূপতা
  - 5.3.2 ভৌত ধর্মাবলি
  - 5.3.3 রাসায়নিক ধর্মাবলি
    - (ক) জারণ সংখ্যা
    - (খ) বহুবন্ধীভবন (Multiple bonding)
    - (গ) অন্তর্বন্ধীভবন (Catenation)
    - (ঘ) রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ
    - (ঙ) যৌগসমূহ
      - (i) হাইড্রাইডসমূহ
      - (ii) হ্যালাইডসমূহ
      - (iii) ডাইহ্যালাইডসমূহ
      - (iv) অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
- 5.4 কার্বন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিষয়সমূহ
  - 5.4.1 পারক্সোকার্বনেটসমূহ
  - 5.4.2 কাবাইডসমূহ
  - 5.4.3 ফ্লুরোক্যার্বন ও ফ্রিনসমূহ
- 5.5 সিলিকন রসায়নের বিশিষ্ট বিষয়সমূহ
  - 5.5.1 ক্যাটায়নীয় সিলিকন
  - 5.5.2 সিলিকোনসমূহ

- 5.6 14 শ্রেণীর মৌলের জটিলযোগ গঠন
- 5.7 গুচ্ছ যৌগসমূহ (Cluster Compounds)
- 5.8 নিরীক্ষা ও পরিমাপন
- 5.9 সারাংশ
- 5.10 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী
- 5.11 উত্তরমালা
- 5.12 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

## 5.1 প্রস্তাবনা

এর আগে আপনারা  $s$ -ব্লক মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য জেনেছেন, দেখেছেন তাদের ধর্মের পর্যাবৃত্তি। একক 4-এ  $p$ -ব্লকভুক্ত 13 শ্রেণীর মৌলসমূহের রসায়ন আলোচনা করেছেন। লক্ষ্য করেছেন তো যে শ্রেণী বরাবর  $s$ -ব্লকের মৌলসমূহের ধর্মের পর্যাবৃত্তি অনেকটা সুষম, অন্যদিকে 13 শ্রেণীতে এই পর্যাবৃত্তি কিছুটা অনিয়মিত। এ-ও দেখেছেন যে প্রথম মৌলটির আচরণ অন্য সমশ্রেণিকগুলির থেকে অনেকটাই আলাদা।

এখন আমরা আমাদের আলোচনা 14 শ্রেণীতে প্রসারিত করি আসুন। এই শ্রেণীতে আছে কার্বন (C), সিলিকন (Si), জার্মেনিয়াম (Ge), টিন (Sn) ও লেড (Pb)। শ্রেণীসমূহের মধ্যে এটাই প্রথম, যেখানে অধাতু (C ও Si) থেকে ধাতুকল্প সদৃশ Ge হয়ে মৃদু পরাতড়িৎধর্মী ধাতুদ্বয় Sn ও Pb-এ পরিষ্কার উত্তরণ ঘটে। এসবই আমরা ক্রমশঃ দেখব। তার আগে এই এককের আলোচনার উদ্দেশ্যগুলো জেনে নিই।

### উদ্দেশ্য

এই এককটি আলোচনা শেষে আপনারা ধারণা পাবেন নিচের বিষয়গুলির :

- কার্বন পরিবারের (14 শ্রেণী) সদস্যদের অবস্থিতি, নিষ্কাশন/প্রস্তুতি এবং ব্যবহার এবং অবশ্যই এদের আবিষ্কারের অতি সংক্ষিপ্ত ইতিহাস
- মৌলগুলির বহুরূপতা
- পরিবারের সদস্যদের সাধারণ তুলনামূলক বৈশিষ্ট্য—ভৌত ও রাসায়নিক
- স্ববন্ধন (catenation)—বিশেষ করে কার্বন-এর ক্ষেত্রে
- এই শ্রেণীর সদস্যদের অভ্যন্তরীণ  $\pi$ -বন্ধ গঠন ও জটিল যৌগ গঠনের তত্ত্ব
- মৌলসমূহের হাইড্রাইড, হ্যালাইড, অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডের পরিচয়

- পারক্সোকার্বনেট, কাবাইড ও তাদের শ্রেণীবিভাগ, ফ্লুরোকার্বনসমূহ
- সিলিকেট, সিলিকোন, ক্যাটায়নীয় সিলিকন যৌগ
- মৌলসমূহের জটিল যৌগ ও গুচ্ছ যৌগ
- এদের নিরীক্ষা ও পরিমাপন

## 5.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন ও ব্যবহার

14 শ্রেণীর মৌলগুলির কোন না কোনভাবে গুরুত্ব রয়েছে। কার্বন সমস্ত জীবের দেহের একটি আবশ্যিক উপাদান। সিলিকন শিলা ও খনিজে থাকে। সিলিকন ও জার্মেনিয়াম অর্ধ-পরিবাহী (semiconductor) ও ট্রানজিস্টার তৈরির উপাদান। টিন ও লেড দৈনন্দিন ব্যবহারে লাগে।

### 5.2.1 অবস্থিতি

কার্বন প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় হীরক ও গ্রাফাইটরূপে থাকে। আগেই জেনেছেন যে যৌগাকারে কার্বন জীবদেহের আবশ্যিক মৌল।

জার্মেনিয়াম বাদ দিলে (মেণ্ডেলিভের সময় জার্মেনিয়াম জানা ছিল না, তিনি কল্পিত এই মৌলের নাম দিয়েছিলেন 'এক সিলিকন') আর সব মৌলগুলি সুবিদিত। ওজনের দিক থেকে ভূ-পৃষ্ঠের মৌলসমূহের মধ্যে C-এর স্থান 17তম, সিলিকন দ্বিতীয় (সারণি-2 দেখুন)। জার্মেনিয়াম বিরল ধাতু। অন্যান্য ধাতুর আকরিকে এবং কয়লায় Ge খুবই অল্পমাত্রায় থাকে। যদিও Sn ও Pb-এর প্রাচুর্য (abundance) অপেক্ষাকৃত কম, তারা গাঢ়ভূত আকরিকে অবস্থান হেতু সহজে নিষ্কাশনযোগ্য। ঋষ্টের জন্মের আগে থেকেই এরা জানা ছিল।

#### সারণি—1

##### আবিষ্কারের ইতিহাস

মৌল	নামকরণের উৎস	আবিষ্কার্তা	আবিষ্কারের বছর	প্রথম নিষ্কাশন
Si	Cs	গেলুসাক ও থেনার্ড	1809	$\text{SiF}_4 + \text{K}$
Ge	জার্মানি থেকে (এখানে এর আকরিক পাওয়া যায়)	ভিক্টোর	1886	$\text{GeO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\Delta} ;$ $\text{K}_2\text{GeF}_6 + \text{Na} \xrightarrow{\Delta} ,$
Sn	প্রাচীন ভারতবর্ষ, চীন, মিশর ও ব্যাবিলনে এর ব্যবহার ছিল	—	—	—
Pb	প্রাচীন মিশর, ব্যাবিলন ও রোমে এর ব্যবহার ছিল	—	—	—

অন্যান্য যৌগ বা মৌলের সঙ্গে সমবায়ে কার্বন প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। প্রধানতঃ কয়লা, পেট্রোলিয়াম, খনিজের কার্বনেট (যেমন ক্যালসাইট  $\text{CaCO}_3$ , ম্যাগনেসাইট  $\text{MgCO}_3$ , ডলোমাইট,  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , আরও অনেক। গ্র্যাফাইট (প্রচুর পরিমাণে সংগৃহীত হয়) ও হীরক (ডায়মণ্ড, অল্প টন-পরিমাণে সংগৃহীত হয়) হিসাবে কার্বন প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।  $\text{CO}_2$  শিল্পগত দিক দিয়ে খুবই গুরুত্বপূর্ণ। বাতাসে স্বল্প পরিমাণে (আয়তনে 0.0315%), এবং জলেও স্বল্পতর পরিমাণে  $\text{CO}_2$  থাকে। কিন্তু এই উপস্থিতি জীবজগতের পক্ষে খুবই গুরুত্বপূর্ণ, কারণ কার্বন-চক্রে সালোকসংশ্লেষ ও শ্বসনক্রিয়া প্রসঙ্গে এটির উল্লেখযোগ্য ভূমিকা।

সারণি—2  
ভূ-পৃষ্ঠে তৌলিক-প্রাচুর্য

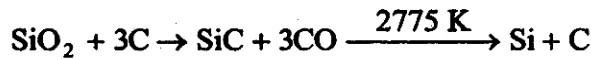
মৌল	পি-পি-এম্	আপেক্ষিক প্রাচুর্য
C	180.0	17
Si	272,000.0	2
Ge	1.5	54
Sn	2.1	49
Pb	13.0	36

সিলিকন ভূ-পৃষ্ঠে বিভিন্নভাবে ও রূপে ছড়িয়ে থাকে—যেমন, সিলিকা (বালি ও কোয়ার্টজ) এবং বহুরকম সিলিকেট খনিজ ও কদম। Ge প্রধানতঃ থাকে সিলভার ও জিংক আকরিকে এবং কোনও কোনও কয়লায়। টিনের প্রধান আকরিক ক্যাসিটারাইট ( $\text{SnO}_2$ ) ও লেডের গ্যালেনা ( $\text{PbS}$ )।

### 5.2.2 নিষ্কাশন

হীরক খনিতে পাওয়া যায়। উঁচু চাপে ও তাপমাত্রায় কার্বনকে হীরকে পরিণত করা যায়। (ময়সাঁ 1896-এ আয়রনে দ্রবীভূত কার্বনকে হঠাৎ ঠাণ্ডা করে হীরক পান)। ছোট হলেও এভাবে পাওয়া কৃত্রিম হীরক শিল্পে ব্যবহার আছে।

গ্র্যাফাইট প্রকৃতি থেকে আহরিত হয়। কোক ও সিলিকার মিশ্রণ 25-35 ঘণ্টা ধরে  $\sim 2775 \text{ K}$  তাপমাত্রায় গরম করলে সিলিকন কাবাইড উৎপন্ন হয়। একাংশ ভেঙ্গে গ্র্যাফাইট গঠিত হয় :



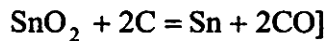
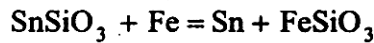
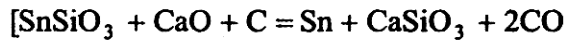
ভারতবর্ষে মধ্যপ্রদেশের পান্না জেলায় হীরকখনি আছে। ইতিহাস প্রসিদ্ধ কোহিনুর এই পান্নার খনিতেই পাওয়া গিয়েছিল। এর প্রাথমিক ওজন ছিল 186 ক্যারাট, পরে ইংলণ্ডে নিয়ে নতুন করে কাটার পর ওজন হয়েছে 106 ক্যারাট। আন্তর্জাতিক খ্যাতিসম্পন্ন আর কয়েকটি হীরক হল : হোপ (44.5 ক্যাঃ), কুলিনান (3032 ক্যাঃ), পিট (136.25 ক্যাঃ)। হীরের দীপ্তি তার কাটার দক্ষতার উপর নির্ভরশীল। 1 ক্যাঃ = 0.200 গ্রাঃ

কার্বনের অন্য রূপভেদসমূহও বৃহৎ পরিমাণে উৎপাদিত হয়—শিল্পে এদের প্রভূত ব্যবহার আছে; এগুলি হল কোক, চারকোল ও বুল বা ভুসাকালি। প্রথম দুটি পাওয়া যায় কয়লা, কাঠ বা অস্থির অন্তর্ভূম পাতন বা ভাঙন (pyrolysis) ক্রিয়ায়। পেট্রোলিয়াম গ্যাস বা প্রাকৃতিক গ্যাসকে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করে বুল পাওয়া যায়।

সিলিকাকে C বা  $\text{CaC}_2$  সহযোগে তড়িৎচুল্লীতে বিজারিত করে বাণিজ্যিক সিলিকন পাওয়া যায়।  $\text{SiCl}_4$  বা  $\text{SiHCl}_3$  (সিলিকো ক্লোরোফর্ম) থেকে অতি বিশুদ্ধ সিলিকন পাওয়া যায়। এই উদ্বায়ী যৌগগুলিকে বারবার পাতিত করে শুদ্ধ করে বিশুদ্ধ জিঙ্ক বা ম্যাগনেশিয়াম দিয়ে বিজারিত করা হয়। প্রাপ্ত স্পঞ্জের মত সিলিকনকে গলিয়ে একক কেলাসে পরিণত করা হয় এবং অতঃপর মণ্ডল-বিশুদ্ধীকরণ (Zone refining) পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

Ge পাওয়া যায়  $\text{GeO}_2$  কে C বা  $\text{H}_2$  দ্বারা বিজারিত করে। ট্রান্জিস্টারে ব্যবহারযোগ্য বিশুদ্ধ Ge পাওয়া যায় মণ্ডল-বিশুদ্ধীকরণ পদ্ধতিতে।

টিনের একমাত্র উল্লেখ্য আকরিক ক্যাসিটারাইট বা টিন-স্টোন ( $\text{SnO}_2$ )। চূর্ণ আকরিককে বহুমান জলের ধারা দিয়ে ধুয়ে সিলিকা জাতীয় অশুদ্ধি দূর করা হয়। তারপর একে তাপজারিত করে (Cu ও Fe অংশকে  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  এবং  $\text{CuO} / \text{CuSO}_4$ -এ পরিণত হয়) চুম্বকীয় পৃথকীকরণ পদ্ধতিতে উওলফ্রামাইট ( $\text{FeWO}_4$ ) ও আয়রন অক্সাইড পৃথক করা হয়। তারপর আর ধৌতিকরণ পদ্ধতিতে কপার সালফেট ও আয়রন অক্সাইড ও অন্য হালকা অংশ দূর করা হয়। প্রাপ্ত 'কালোটিন' ( $\text{SnO}_2$ )-কে ওজনের  $\frac{1}{3}$  অংশ চূর্ণ অ্যানথ্রাসাইট কয়লা (বিজারক) ও চুন ও ফ্লুওরস্পার (বিগালক) মিশিয়ে  $1200-1300^\circ\text{C}$ -এ পরাবর্ত চুল্লীতে বিজারিত করা হয়।  $\text{SnO}_2 + 2\text{C} = \text{Sn} + 2\text{CO}$  তরল টিনকে ছাঁচে ঢেলে দণ্ডে পরিণত করা হয়। ধাতু মলে অনেকটা টিন (20-25%) থাকে। কার্বন, বিগালক ও লোহার ছাঁট মিশিয়ে উত্তপ্ত করে এই টিন উদ্ধার করা হয় :

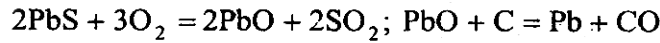


তরলীকরণ (liquation) ও আলোড়ন (poling) পদ্ধতিতে বা তড়িৎবিশোধন পদ্ধতিতে [তড়িৎবিশ্লেষ্য Sn (II) সালফেটের অম্লীকৃত দ্রবণ, অশুদ্ধ ধাতুর অ্যানোড ও শুদ্ধ টিনের ক্যাথোড] বিশুদ্ধ টিন পাওয়া যায়। শেষোক্ত পদ্ধতিতে প্রাপ্ত টিন 99.98% বিশুদ্ধ।

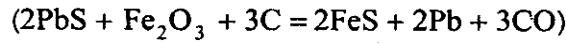
মণ্ডল-বিশুদ্ধীকরণ (Zone-refining) : অনেক ধাতুর ক্ষেত্রেই এটি প্রযুক্ত হয়ে থাকে। এর মূলনীতি নিহিত আছে এই তথ্যের উপর যে কঠিনাবস্থায় A উপাদানে অশুদ্ধি B-র দ্রাব্যতা তরল অবস্থায় A-তে B-এর দ্রাব্যতা অপেক্ষা পৃথক। যখন অশুদ্ধ A-র লম্বা দণ্ড বরাবর একটি বিগলিত মণ্ডল সঞ্চালিত করা হয় (যেমন একটি নলের মধ্যে দণ্ডটি রেখে বাইরে দিয়ে একটি উত্তাপক (heater) সঞ্চালিত করে), তখন কঠিন ও তরল A-তে B-এর দ্রাব্যতা বিভিন্ন হয়ে পড়বার ফলে B প্রধানতঃ দণ্ডটির একপ্রান্তে বিচ্ছিন্ন হয়ে অবস্থান করে, আর বিশুদ্ধ পদার্থ থাকে অন্য প্রান্তে।

লেড-এর আকরিকদের মধ্যে আছে গ্যালেনা (PbS), সঙ্গে থাকে জিংক ব্লেন্ড (ZnS) 0.01-0.1% সিলভার, সেরুসাইট (PbCO<sub>3</sub>), ক্রোকোইসাইট (PbCrO<sub>4</sub>), উলফেনাইট (PbMoO<sub>4</sub>), লেডহিলাইট (3PbCO<sub>3</sub>·PbSO<sub>4</sub>), ল্যানাকাইট (PbO·PbSO<sub>4</sub>), পাইরোমকাইট (3Pb<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·PbCl<sub>2</sub>), ম্যাটলোকাইট (PbClF), লেড ওকার (PbO) ও প্ল্যাটিনেরাইট (PbO<sub>2</sub>)।

গ্যালেনা থেকেই Pb নিষ্কাশিত হয়। প্রথমে তৈলভাসন পদ্ধতিতে গাঢ় করে, তাপজারণ পদ্ধতিতে PbO উৎপন্ন করা হয়। একে ছোট জল দিয়ে ঠাণ্ডা করার ব্যবস্থা সমন্বিত মারুত চুল্লীতে ~ 1000 °C-এ কার্বন দ্বারা বিজারিত করে ধাতু পাওয়া যায় :



অবিকৃত PbS থেকে Pb উদ্ধারের জন্য Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> মেশানো হয়



লেড শোধনের মূল উদ্দেশ্য সিলভার, গোল্ড প্রভৃতি দামী ধাতু উদ্ধার। এছাড়া Cu, Fe, Zn, As, Sb, Bi ও S অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এই লেড শক্ত ও ভঙ্গুর। তাই লেডকে প্রথমে শেযুক্ত অশুদ্ধিগুলি থেকে মুক্ত করে (তখন লেড নমনীয় হয়ে যায় বলে একে কোমলীকরণ বা Softening পদ্ধতি বলে) তারপর সিলভার মুক্তকরণ (desilverisation) করা হয়।

পর্যাবর্ত চুল্লীতে বায়ু প্রবাহে গলিয়ে কোমল করা হয়, অশুদ্ধিগুলি অক্সাইডরূপে ভেসে ওঠে, এদের সরিয়ে নেওয়া হয়।

সিলভার মুক্ত করা হয় পার্কস্ বা প্যাটিনসন পদ্ধতি প্রয়োগ করে কিউপেলায়ন (cupellation) পদ্ধতিতে অথবা বেটস্-এর তড়িৎবিশোধন পদ্ধতিতে।

নিচের সারণিতে বছরে পৃথিবীতে মৌলগুলির নিষ্কাশনের পরিমাণ দেখানো হল :

সারণি—3

মৌল	মোট নিষ্কাশিত পরিমাণ (1988 তে) (টোন)	স্থান	
C	ঝুল	4.25 মিলিয়ন	
	কোক	363 মিলিয়ন	
	প্রাকৃতিক গ্র্যাফাইট	600,000 টন	চীন, দক্ষিণ কোরিয়া, রাশিয়া, ব্রাজিল, মেক্সিকো
	সক্রিয় চারকোল	700,000 টন	
	ডায়মণ্ড	924,000 টন	অস্ট্রেলিয়া, জায়রে, বৎসোয়ানা, রাশিয়া, দক্ষিণ আফ্রিকা, ভারত
Si	1000,000 টন	বহু স্থানে, ভারতবর্ষেও	
Ge	49 টন	ইউ-এস-এ, রাশিয়া, চীন, অস্ট্রিয়া, জাপান	
Sn	210,000 টন	ব্রাজিল, চীন, ইন্দোনেশিয়া, মালয়েশিয়া, রাশিয়া, থাইল্যান্ড, বলিভিয়া, অস্ট্রেলিয়া	
Pb	57 মিলিয়ন	রাশিয়া, অস্ট্রেলিয়া, ইউ-এস-এ, কানাডা, চীন	

(1) পার্কস্ পদ্ধতি (1850) : গলিত লেড ও গলিত জিংক পরস্পরের সঙ্গে মেশে না; জিংকে সিলভারের দ্রাব্যতা ( $M_2Zn_3$ ,  $M = Ag, Au$  হিসাবে) লেডে দ্রাব্যতার চেয়ে 300 গুণ বেশি। 1% জিংক গলিত অশুদ্ধ লেডে যোগ করে উপর থেকে প্রাপ্ত সংকর পাতিত করে জিংক মুক্ত করে অবশেষের কিউপেলয়েন করা হয়।

(2) প্যাটিনসন পদ্ধতি (1833)-র নীতি হল এই যে 100% Pb এর 100% Ag-এর গলনাংক যেখানে যথাক্রমে 600 K ও 1235 K, সেখানে 98% Pb ও 2% Ag-এর সংকরের গলনাংক 576 K. গলিত অশুদ্ধ ধাতুকে এভাবে বারবার শীতল করা হয়, তখন লেডের কেলাস জমা হয় (দ্রবণের গলনাংক কম বলে), অবশিষ্ট তরলে সিলভার বাড়তে থাকে, অবশেষে 576 K-তে 2.25% সিলভার সমৃদ্ধ সংকর কঠিনাকারে জমা হয়।

এই সিলভারে সমৃদ্ধতর সংকর অস্থিভস্ম প্রলিপ্ত চ্যাপ্টা পাত্রে নিয়ে পরাবর্ত চুল্লির গহ্বরে উত্তপ্ত করা হয়, লেড লিথার্জ হয়ে বায়ুপ্রবাহের সঙ্গে বেরিয়ে যায়, শেষ অংশ শোষিত হওয়া মাত্র সিলভার চমক দিয়ে বেরিয়ে আসে।

বেট্‌স্-এর তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতিতে লেড বিশুদ্ধ হওয়ার সঙ্গে অ্যানোডে অশুদ্ধিগুলি থেকে যায়। তড়িৎবিশ্লেষ্য  $PbSiF_6$ -এর দ্রবণ +  $H_2SiF_6$  + সামান্য জিলোটিন, তাপমাত্রা 318 K. অ্যানোড অশুদ্ধ লেডের থান ও ক্যাথোড শুদ্ধ লেডের পাত।

### 5.2.3 ব্যবহার

#### (ক) কার্বন

বুল—গাড়ির টায়ার, ছাপার কালি, জুতোর কালি তৈরিতে।

কোক—ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক হিসাবে।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে কোক তৈরি হয়, প্রাপ্ত উপজাত পদার্থ আলকাতরা থেকে অনেক প্রয়োজনীয় জৈব যৌগ পাওয়া যায়।

গ্র্যাফাইট—ইলেক্ট্রোড ও মুচি তৈরিতে, স্টীল প্রস্তুতিতে, ধাতু ঢালাইয়ে, পিচ্ছিলকারক হিসাবে, পেন্সিল তৈরিতে, ব্রেক-এর প্রলিপ্তকরণে, ইলেকট্রিক মোটরের ব্রাশ তৈরিতে, প্রশমক (moderator) রূপে পরমাণু চুল্লিতে।

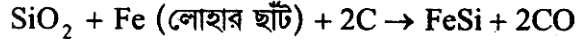
পরমাণু ফিসনে উৎপন্ন দ্রুত গতির ইলেক্ট্রনের গতিবেগ কমিয়ে স্লথ (slow) বা তাপীয় (thermal) ইলেক্ট্রন উৎপাদনের জন্য পরমাণু চুল্লিতে ব্যবহৃত অন্তরক বৃত্তের উপাদানকে প্রশমক বলে। বেরিলিয়াম, ভারি জল ও একাজে ব্যবহৃত হয়। অধুনা মিশ্র প্রশমক ব্যবহৃত হচ্ছে।

ডায়মণ্ড—পৃথিবীতে উত্তোলিত ডায়মণ্ডের 30% রত্ন হিসাবে আর বাকি 70% তুরপুনের শীর্ষ তৈরি করতে, ঘর্ষণ ও পালিশের কাজে, কাঁচ কাটতে ব্যবহৃত হয় (কারণ ডায়মণ্ড খুব শক্ত, মোহ-স্কেলে মান 10)।

সক্রিয় অঙ্গার—চিনি শোধনে, গ্যাসমুখোশে।

#### (খ) সিলিকন

সিলিকনের একটা বড় ব্যবহার হচ্ছে ক্ষয়নিরোধী সিলিকন স্টীলের উৎপাদনে—এর জন্যে যে ফেরোসিলিকন ব্যবহৃত হয়, তা তৈরি হয় নিচের বিক্রিয়ায় :



অতিবিশুদ্ধ সিলিকন অর্ধ-পরিবাহী শিল্পে লাগে। বৈদ্যুতিক শিল্পে অল্প পরিমাণ অতি বিশুদ্ধ (1:10<sup>9</sup>-এর বেশি) Si ও Ge লাগে। কম্পিউটার চীপ তৈরিতেও অতিবিশুদ্ধ Si লাগে। সিলিকোন যৌগ অট্টালিকার দেয়াল জলনিরোধী করতে লাগে।

#### (গ) জার্মেনিয়াম

ট্রানজিস্টার ও অর্ধ-পরিবাহী তৈরিতে অতি বিশুদ্ধ Ge লাগে। Ge অবলোহিত আলোতে স্বচ্ছ, তাই অবলোহিত বর্ণালী আলোক পরিমাপক (spectrophotometer) যন্ত্রের প্রিজম, লেন্স ও গবাক্ষ (window) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

#### (ঘ) টিন

টিনের প্রধান ব্যবহার টিন প্লেটিং (স্টীলের উপর টিনের প্রলেপ)-এ এবং ধাতু সংকর তৈরিতে। সাধারণতঃ খাবার জিনিস রাখার কৌটা / পাত্র তৈরিতে টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। টিনের সংকরগুলি নিচে দেওয়া হল :

নাম	সংযুতি	ব্যবহার
পিউটার	Sn 80; Pb 20	সখের জিনিস, ট্রফি, অগ্যান নল তৈরিতে
সোল্ডার (রাংঝাল)	Sn 50; Pb 50	ঝাল দিতে
ব্যাবিট মেটাল	Sn 90; Sb 7; Cu 3	ভারী যন্ত্রে বেয়ারিং তৈরিতে
ব্রিটানিয়া মেটাল	Sn 90; Sb 10	যন্ত্রাংশ তৈরিতে
ব্রোঞ্জ	Cu 92; Sn 8	বাসন, মূর্তি, মুদ্রা তৈরিতে
কাঁসা	Cu 80; Sn 20	বাসন তৈরিতে
স্পেক্যুলাম মেটাল	Cu 67; Sn 33	অনুবীক্ষণের প্রতিফলক তৈরিতে
ফসফর ব্রোঞ্জ	Cu 93; Sn 6; P 1	ঝোলাবার তার, ভালভ তৈরিতে, গ্যালভানোমিটারের কুণ্ডলী ঝোলাবার তার তৈরিতে, ঘড়ির স্প্রিং তৈরিতে
সিলিকন ব্রোঞ্জ	Cu 97.5; Sn 1; Zn 1; Si 0.5	টেলিগ্রাফের তার তৈরিতে
গান মেটাল	Cu 85; Sn 5; Zn 10	বন্দুকের নল তৈরিতে



টিন-যৌগের ব্যবহার :  $\text{SnO}_2$  গ্লেজ তৈরিতে বায়ুযানের জানালায় প্রলেপ দিতে;  $\text{SnCl}_4$  ও  $\text{Me}_2\text{SnCl}_2$  কাঁচের গায়ে  $\text{SnO}_2$ -র পাতলা অবলেপ তৈরিতে লাগে। বছরে 40,000 টন জৈব টিন যৌগ উৎপাদিত হয়; এদের ব্যবহার  $\text{R}_2\text{SnX}_2$  [  $\text{R} \equiv n$ -অক্টাইল,  $\text{X} \equiv$  লরেট বা অনুরূপমূলক PVC জাতীয় প্লাস্টিককে সুস্থিরতর করতে;  $\text{Bu}_2\text{SnX}_2$  সিলিকোন রাবার ভ্যালক্যানাইজ করতে;  $\text{Bu}_3\text{SnOH}$  বা  $\text{Ph}_3\text{SnOAc}$  আলু, আঙুর, ধান, বীট ইত্যাদিতে ছত্রাকের আক্রমণ রুখতে; আপেল, নাসপাতিতে মাকড়সা ও লাভার আক্রমণ বন্ধ করতে, খাদ্য সংরক্ষণে।

### (ঙ) লেড

সারা পৃথিবীতে উৎপাদিত লেডের 55% ব্যবহৃত হয় লেড অ্যাসিড সঞ্চয়ক কোষ তৈরিতে। 15% লেড পাত, নল ও রাংঝাল তৈরি করতে লাগে। সেদিনও 10-20% ব্যবহৃত হত পেট্রোলে যোগ করার জন্য  $\text{PbEt}_4$  তৈরিতে—তবে এই ব্যবহার দ্রুত কমে যাচ্ছে। 10% লাগে রং তৈরিতে।  $\text{Ca}_2\text{PbO}_4$  টেউতোলা স্টীলের পাত মরিচানিরোধী করতে লাগে।  $\text{PbCrO}_4$  উজ্জ্বল হলুদ রং। লেড যৌগ ক্রাউন ও নকশাদার (cut glass) কাঁচ প্রস্তুতিতে এবং চিনামাটির বাসনে গ্লেজ তৈরিতে লাগে।

সঞ্চয়ক কোষে কার্যকরী অ্যানোড পদার্থ  $\text{PbO}_2$ , ক্যাথোডে থাকে লেডের ছিবড়ে। 80%-এর বেশি লেড ক্ষয়ে যাওয়া কোষের পাত থেকে উদ্ধার করে পুনর্ব্যবহৃত হয়। লেড থেকে তৈরি লাল রং মিনিয়াম ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), সাদা রং হোয়াইট লেড [ $\text{Pb}(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ]। তবে শেষের যৌগটি বিষাক্ত বলে অস্বচ্ছকারক (opacifier) হিসেবে আর ব্যবহৃত হচ্ছে না, তার জায়গা নিচ্ছে  $\text{TiO}_2$  .

### অনুশীলনী—1

(1) ঠিক উত্তর বাছুন :

(i) হীরে কাটা যায়

(A) হীরে

(B) কাঁচ

(C) ইন্সপাত

(D) সিলিকন কাবাইড

দিয়ে।

(ii) লেড ক্রোমেটের ( $\text{PbCrO}_4$ ) রং

(A) সাদা

(B) সবুজ

(C) নীল

(D) উজ্জ্বল হলুদ

(iii) উৎপাদিত লেডের সবচেয়ে বেশিটা ব্যয়িত হয়

- (A) রং
- (B) ব্যাটারী
- (C) রাংঝাল
- (D) পেট্রোল শিল্পে

(iv) রাংঝাল-এ সীসার পরিমাণ

- (A) 50%
- (B) 40%
- (C) 20%
- (D) 10%

(2) 5.2.2 অংশের মণ্ডল-বিশুদ্ধীকরণের বর্ণনা পড়ে একটা ছবি আঁকতে চেষ্টা করুন।

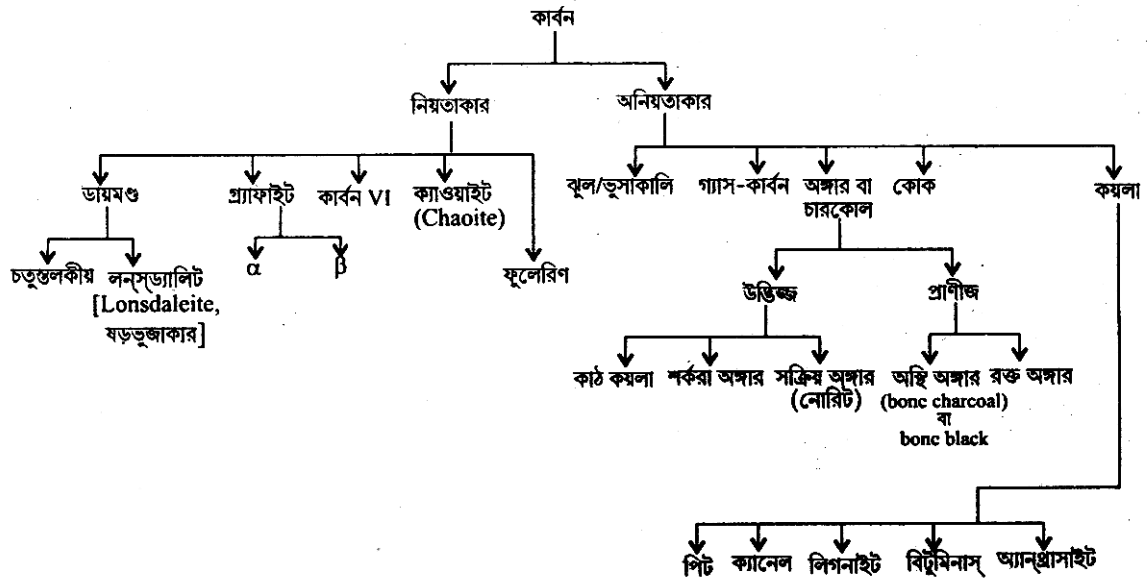
(3) টিন ও লেড উভয়েই আছে এমন দুটি ধাতুসংকরের নাম করুন।

## 5.3 মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

### 5.3.1 বহুরূপতা

সব সমস্থানিকগুলিই বহুরূপতা দেখায়। কিন্তু কার্বনের মধ্যে এই ধর্ম অনন্য।

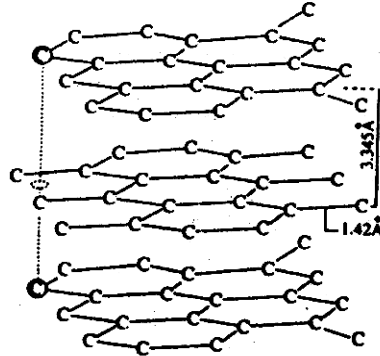
কার্বনের বহুরূপতা :



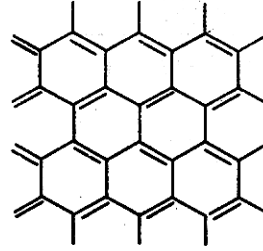
এর মধ্যে অনেকগুলির কথা আপনারা উচ্চ মাধ্যমিকে জেনেছেন। এখানে কয়েকটি রূপভেদের উপর বিস্তৃততর তথ্য জানবেন।

লন্সড্যালিট ও ক্যাওয়াইট (খুব দুস্তপ্রাপ্য একটি খনিজ) ডায়মণ্ডের ধর্মবিশিষ্ট ও কাবাইন  $—C\equiv C—C\equiv C—$  একক সমন্বিত। তথাকথিত অনিয়তাকার বহুরূপগুলি প্রকৃতপক্ষে গ্র্যাফাইটের অণুক্লেস (microcrystal)

$\alpha$ -গ্র্যাফাইট সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে সবচেয়ে সুস্থিরতম বহুরূপ। কিন্তু তাই বলে ডায়মণ্ড কিন্তু গ্র্যাফাইটে রূপান্তরিত হয় না, কারণ খু-উ-ব ধীরে পরিবর্তনটি সাম্যাবস্থার দিকে অগ্রসর হয়। গ্র্যাফাইটে স্তর পরস্পরায় 334.5 পিকোমিটার দীর্ঘ দুর্বল ভান-ভার ওয়াল বন্ধ দ্বারা যুক্ত। প্রতিটি স্তরে কার্বন পরমাণু সামতলিক ষড়ভুজাকারে সজ্জিত থাকে। প্রতিটি C পরমাণু  $sp^2$  সংকরায়িত, তিনটি প্রতিবেশী কার্বনের সঙ্গে  $\sigma$ -বন্ধ দ্বারা ও একটির সঙ্গে  $\pi$ -বন্ধ দ্বারা যুক্ত। কার্বন পরমাণু জোড়ার মধ্যে একক-বন্ধ ও দ্বি-বন্ধ একাদিক্রমে থাকে, সংস্পন্দনের দরুণ C—C বন্ধগুলির দৈর্ঘ্য সমান (141.5 পিকোমি.)—এটি বন্ধ-ক্রম (bond order) 1.33-র সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।  $\pi$ -ইলেক্ট্রনগুলি সঞ্চরণশীল হওয়ায় গ্র্যাফাইট তড়িৎপরিবাহী। স্তরগুলি একটি বাদ দিয়ে অপরটির সঙ্গে সমদশাসম্পন্ন (চিত্র 5.1)।  $\beta$ -গ্র্যাফাইটে প্রতি তৃতীয় স্তর সমদশাসম্পন্ন।

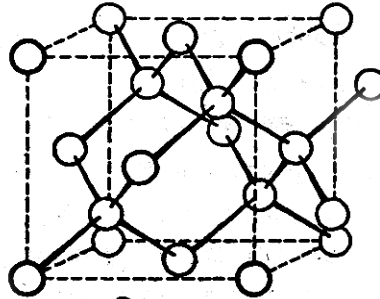


চিত্র 5.1 (a)



চিত্র 5.1 (b)

ডায়মণ্ডে প্রতিটি কার্বন  $sp^3$  সংকরায়িত এবং চারটি প্রতিবেশী C-পরমাণুর সঙ্গে চতুস্তলাকারে সংযুক্ত। C—C দূরত্ব 154 পিকোমি. এই চতুস্তলকগুলি একটি ঘনকাকার কেলাস-জাফরি গঠন করে (চিত্র 5.2)। বোর্ট বা কার্বোনাডো প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অপরিণত ডায়মণ্ড মাটি ড্রিলিং-এর কাজে এর ব্যবহার আছে।



চিত্র 5.2

বিরল লনস্‌ড্যালিট-এ চতুস্তলকগুলি ষড়ভুজাকার উজাইট (Wurtzite) ধরনের জাফরিঙে সন্নিবিষ্ট।

সাধারণ তাপমাত্রায়  $\alpha$ -গ্রাফাইটের স্থায়ী ডায়মণ্ডের চেয়ে বেশি; উভয়ের উৎপাদন শক্তির পার্থক্য  $\Delta H_f^\circ$  প্রায় 1.9 কি. জু. মোল<sup>-1</sup> ~ 125,000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, 3000 K তাপমাত্রায় গ্রাফাইট ডায়মণ্ডে রূপান্তরিত হয়। Cr, Fe, Pt জাতীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা 2000 K ও চাপ 70,000 বায়ুমণ্ডল। এভাবে প্রাপ্ত ডায়মণ্ড শিল্পে লাগে; বড় আকারের কৃত্রিম ডায়মণ্ড প্রাকৃতিক ডায়মণ্ডের চেয়ে দামের দিক থেকে অসুবিধাজনক। পার্শ্ব-টীকায় সারণি—4-এ ডায়মণ্ড ও গ্রাফাইটের ধর্মের তুলনামূলক ধারণা দেওয়া হল।

সারণি—4

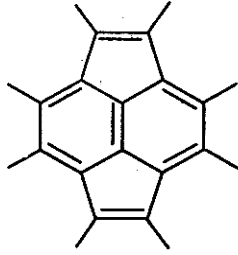
ধর্ম	ডায়মণ্ড	গ্রাফাইট
গলনাংক (K)	~ 4000 (125 কি. বার)	~ 4000 (9 কি. বার)
দৃঢ়তা (মোহ-স্কেলে)	10	< 1
ঘনত্ব (কেজি./মি. <sup>3</sup> × 10 <sup>-3</sup> )	3.51	2.25
প্রতিসরাংক (546 ন্যানোমি.)	2.41	2.15
রোধাংক (ওহ্ম-সেমি.)	> 10 <sup>14</sup>	~ 10 <sup>-4</sup>
বাতাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO <sub>2</sub> গঠন করে	1173 K	973 K
O <sub>2</sub> -এর সঙ্গে বিক্রিয়া	1073 K	873 K
F <sub>2</sub> -এর সঙ্গে CF <sub>4</sub> /(CF) <sub>n</sub>	1073 K	773 K
গাঢ় H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + গাঢ় HNO <sub>3</sub> / KClO <sub>3</sub> (373 K)	—	সাদা গ্রাফিটিক অ্যাসিড (C <sub>11</sub> H <sub>4</sub> O <sub>5</sub> )— এটি আবার ভেঙ্গে গিয়ে হলুদ মেলিটিক অ্যাসিড [C <sub>6</sub> (COOH) <sub>6</sub> ] উৎপন্ন করে

#### ফুলেরিণসমূহ :

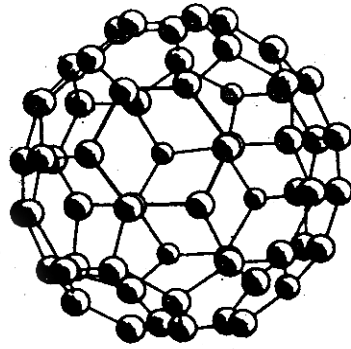
1985 সালে টেন্নাসের রাইস বিশ্ববিদ্যালয়ের রবার্ট কার্ল ও রিচার্ড স্ম্যালি এবং ইংল্যান্ডের সাসেক্স বিশ্ববিদ্যালয়ের হ্যারল্ড ক্রোটো দেখালেন যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস (যেমন He)-এর উপস্থিতিতে বিশুদ্ধ কার্বন বাষ্পীভূত করে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলে ফুটবলের আকারযুক্ত 60টি কার্বন পরমাণু প্রতিসমভাবে সজ্জিত অণু হিসাবে কেলাসিত হয়। ধরাকৃতি (geodesic) গম্বুজ তৈরিতে বিশেষজ্ঞ বাকমিনিস্টার ফুলেরিণের নামে এর নাম দেওয়া হল 'বাকি বল' (bucky balls) বা ফুলেরিণ (fullerene)। এটি হল কার্বনের তৃতীয় ধরনের বহুরূপ। আবিষ্কারের জন্য নোবেল পুরস্কার পান (1996)। প্রথম পাওয়া C<sub>60</sub> ছাড়া 30-600 পর্যন্ত কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট C<sub>n</sub> অণু পাওয়া গেছে। গঠনগত দিক থেকে দেখলে এরা কিছুসংখ্যক

পঞ্চভুজ ও ষড়ভুজ একত্রে গ্রথিত হয়ে তৈরি (চিত্র 5.3)।  $C_{60}$  ও  $C_{70}$ -ই সবচেয়ে বেশি পরিচিত। এদের প্রকৃতিতেও (অষ্ট্রেলিয়া, ইউ-এস-এ, কানাডা, নিউজিল্যান্ড-এর খনিতে) পাওয়া গেছে।

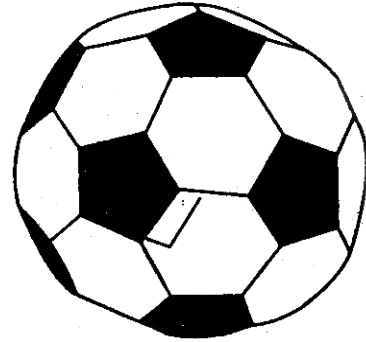
$C_{60}$  পাতলা স্তরের আকারে থাকলে সর্ষে রঙের, কিন্তু বেশি পরিমাণে থাকলে গাঢ় বাদামী দেখায়।  $C_{70}$  যথাক্রমে লাল-বাদামী ও ধূসর-কালো। দ্রবণে এরা যথাক্রমে ম্যাঙ্গেস্টা ও হাল্কা লাল রঙের (এরা জৈব দ্রাবকে ধীরে ধীরে দ্রবণীয়)।



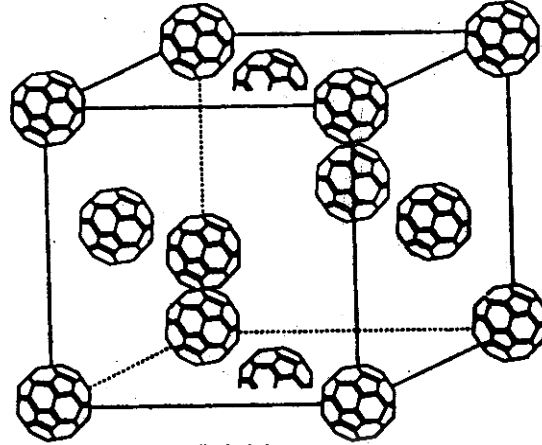
চিত্র 5.3



5.4 (a)



5.4 (b)



5.4 (c)

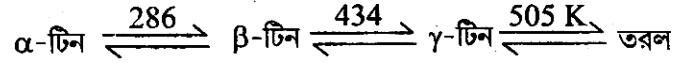
$C_{60}$  তে C—C বন্ধ-দূরত্ব দূরকমের  $\sim 140$  ও  $\sim 150$  পিকোমি. (চিত্র 5.4)। ফুলেরিণ অণুতে C-পরমাণুগুলি  $sp^2$  সংকরায়িত, প্রতিবেশি তিনটি C-পরমাণুর সঙ্গে  $\sigma$ -বন্ধ দ্বারা যুক্ত। C-পরমাণুগুলির বাকী ইলেক্ট্রনটি আণব কক্ষকে ছড়িয়ে থাকার ফলে অণুর মধ্যে কিছুটা অ্যারোমেটিক চরিত্র দেখা দেয়। C-পরমাণুগুলি প্রথমে পঞ্চভুজ ও ষড়ভুজের আকারে সজ্জিত হয়, তারপরে এগুলি আবার গ্রথিত হয়ে গোলকের আকার নেয়। এরকমটি হতে 12টি পাঁচ সদস্যের বন্ধ শৃঙ্খল দরকার। ছয় সদস্যের বন্ধ শৃঙ্খলের সংখ্যা  $(\frac{1}{2}n - 60)$ । কাজেই  $C_{60}$ -র অণুতে 12টি পাঁচ ও 20টি ছয় সদস্যের বন্ধ-শৃঙ্খল থাকে।

এখন পর্যন্ত এদের কোনও প্রয়োগ দেখা যায়নি। বাকি নল বা ন্যানো নল বাকি বলের অণুর মধ্যদেশে লক্ষ লক্ষ ছয় সদস্যের বন্ধ-শৃঙ্খল যোগ করার ফলে নলাকৃতি অণুর আকার নেয়। এদের অর্ধপরিবাহী হিসাবে ব্যবহার হতে পারে। মুক্ত মূলক (free radical)-এর ক্ষতিকর প্রভাব থেকে স্নায়ুকোষকে বাঁচাতে বাকি বলের ব্যবহার হতে পারে। বাকি বলের ছড়িয়ে থাকা ইলেক্ট্রন দ্বারা মুক্ত মূলক আকৃষ্ট হওয়ায় নিঃশেষ হয়ে যায়।

সিলিকন, জার্মেনিয়াম, টিন ও লেডের বহুরূপ :

সিলিকন ও জার্মেনিয়াম ডায়মণ্ডের আকারে কেলাসিত হয়। Si—Si দূরত্ব 235 পিকোমি. উচ্চ চাপে ঘনতর বিকৃত রূপ পাওয়া যায়, কিন্তু Si—Si দূরত্ব একই থাকে।

টিনের দুটি নিয়তাকার বহুরূপ আছে। সাধারণ তাপমাত্রায় স্বাভাবিক রূপকে সাদা ধাতব β-টিন বলা হয়। এর গঠন বিকৃত চতুস্তলকীয় ঘন-সন্নিবিষ্ট [ ঘনত্ব =  $7.3 \times 10^3$  কেজি. মি<sup>-3</sup> (293 K) ]। 286 K তাপমাত্রায় এটি অধাতব ধূসর টিন বা α-টিন [ ঘনত্ব =  $5.75 \times 10^3$  (293 K) ]-এ রূপান্তরিত হয়। 434 K তাপমাত্রার উপরে ভঙ্গুর γ-টিন পাওয়া যায়। 505 K-তে টিন তরল হয় :



খুব শীতে β-টিন যখন α-টিনে পরিণত হতে থাকে অর্থাৎ ভাঙতে শুরু করে, প্রাচীনকালে একে টিনের রোগ বলে অভিহিত করে ঘটনাটির নাম দেওয়া হয়েছিল টিনের-প্লেগ। রাশিয়া থেকে নেপোলিয়ঁর পশ্চাদপসরণের মূলে ছিল এই টিন-প্লেগ।

লেডের একটাই নিয়তাকার রূপ আছে। ঘনাকার ঘন-সন্নিবিষ্ট কেলাস-জাফরি-এর [ ঘনত্ব  $11.34 \times 10^3$  কেজি. মি<sup>-3</sup> ]

অনুশীলনী—2

- (1) টিন-প্লেগ কী?
- (2) বোর্ট বা কার্বোনাডোকে কালো হীরে বলা যায় কি?
- (3) ফুলেরিনের নামকরণের উৎস কী?
- (4) ডায়মণ্ড ও গ্রাফাইট উভয়ই কার্বনের বহুরূপ—তবু কেবল গ্রাফাইট কেন পিচ্ছিলকারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়?
- (5) গ্রাফাইটের চেয়ে ডায়মণ্ডের ঘনত্ব বেশি কেন?
- (6) ডায়মণ্ড ও গ্রাফাইটের গঠন আঁকুন।

### 5.3.2 ভৌত ধর্মাবলি

14 শ্রেণীভুক্ত সমস্থানিকগুলির ধর্মাবলীর তুলনামূলক ধারণা সারণি—5-এ দেখানো হল।

সারণি—5

ধর্ম	C	Si	Ge	Sn	Pb
পারমাণবিক গুরুত্ব	12.01	28.09	72.60	118.70	207.20
পারমাণবিক সংখ্যা	6	14	32	50	82
ইলেক্ট্রন বিন্যাস	[He] $2s^2 2p^2$	[Ne] $3s^2 3p^2$	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^2$	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^2$	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$
ঘনত্ব [কেজি.মি <sup>-3</sup> × 10 <sup>3</sup> ]	3.51 (ডায়মণ্ড) 2.25 (গ্রাফাইট)	2.49	5.32	7.30 (β) 5.75 (α)	11.34
পারমাণবিক আয়তন	3.4 (ডায়মণ্ড) 5.29 (গ্রাফাইট)	11.39	13.59	16.29 (α)	18.26
গলনাঙ্ক K	3823	1683	1210	504	600
স্ফুটনাঙ্ক K	5100	2628	3103	2543	2010
সমযোজী ব্যাসার্ধ (পিকোমি.)	77	117	122	140	154
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (পিকোমি.)	15(+4) 260(-4)	41(+4) 271(-4)	93(+2) 53(+4)	112(+2) 71(+4)	120(+2) 84(+4)
অপরাতড়িত- ধর্মীতা (পাউলিং)	2.5	1.8	2.0	1.7	1.55
আয়নন শক্তি (কি. জু. মোল <sup>-1</sup> )	$I_1$ 1086 $I_2$ 2352 $I_3$ 4620 $I_4$ 6220	786 1577 3230 4355	761 1535 3305 4410	708 1410 2942 3821	715 1450 3087 4081
$E^\circ/\text{volt}$ $M^{2+} \rightarrow M$	—	—	—	-0.135	-0.126 +1.70
$M^{4+} \rightarrow M^{2+}$	—	—	—	+0.15	(α-PbO <sub>2</sub> → Pb <sup>2+</sup> )

কার্বন একটি অধাতু; সিলিকনও তাই—তবে এর তাড়িত ও অন্যান্য ধর্ম অর্ধ-ধাতব; জার্মেনিয়ামও অর্ধ-ধাতব, একটি ধাতুকল্প। তবে ধাতব ধর্মের কিছু আধিক্য; টিন ও লেড ধাতব।

মৌলগুলির সমযোজী ব্যাসার্ধ প্রত্যাশামতই কম, পারমাণবিক সংখ্যার বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। তবে বৃদ্ধি কিন্তু সমান হারে ঘটে না। C → Si বৃদ্ধি তীব্র, তারপরে বৃদ্ধি ধারাবাহিক। এর ব্যাখ্যা এরূপ : সিলিকনে

তৃতীয় কক্ষযুক্ত হয়েছে। তাই এর বৃদ্ধি অনেক বেশি। Ge-এ চতুর্থ কক্ষ যুক্ত হয়েছে ঠিকই, তবে 18টি প্রোটন কেন্দ্রে যুক্ত হওয়ার ফলে কার্যকরী নিউক্লীয় আধান বাড়তি কক্ষের প্রভাব প্রায় প্রশমিত করে দেয়, ফলে বৃদ্ধি ঘটে সামান্যই। অনুরূপে Sn থেকে Pb-এ বৃদ্ধি খুবই কম। এই ব্যাপারটা আয়নন শক্তি এবং ইলেক্ট্রন আসক্তির ক্ষেত্রেও প্রকট।

সারণীটি লক্ষ্য করুন, অপরাতড়িৎধর্মিতার ব্যাপারটা কী দেখছেন? অন্য সমস্থানিকগুলির তুলনায় কার্বন অনেক বেশি অপরাতড়িৎধর্মী। এটাই তো প্রত্যাশিত। প্রথম সদস্য C অধাতব। ধাতব ধর্ম ক্রমে নিচের দিকে বাড়ছে। তবে Ge-এর ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম; এর অপরাতড়িৎধর্মিতা Si-এর চেয়ে বেশি। এর সম্ভাব্য কারণ বেশি কার্যকরী নিউক্লীয় আধান।

আয়নন শক্তি ( $I_1$  ও  $I_2$ ) C  $\rightarrow$  Sn প্রত্যাশামত কমছে। কিন্তু Pb-এ একটু বাড়ছে।  $I_3$  ও  $I_4$ -এর ক্ষেত্রে ক্রম C > Ge > Si > Pb > Sn; পরিবর্তন অনিয়মিত। C  $\rightarrow$  Sn প্রথম আয়নন শক্তি বাড়ে, কারণ এই ক্রমে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কমে। III ও IV Si  $\rightarrow$  Ge বাড়ে, কারণ 3d ইলেক্ট্রন 4s ইলেক্ট্রন দুটিকে বর্ধিত কার্যকরী নিউক্লীয় আধান থেকে কম আধারিত করতে পারে। Pb-এর ক্ষেত্রে সব আয়নন শক্তির পরিমাণই একটু বেশি। এর সম্ভাব্য কারণ 4f ও 5d কক্ষের ইলেক্ট্রনের কম আয়নন ক্ষমতা। তাছাড়া s-ইলেক্ট্রন বেশি ভিতরে ঢোকান ক্ষমতা-সম্পন্ন হওয়ায় বেশি পরিমাণ নিউক্লীয় আধানের মুখোমুখি, তাই তাদের বিচ্যুত করতে বেশি শক্তি লাগবে। কেলাস গঠনের জন্য C ও Si-এর গলনাংক খুব বেশি, Sn ও Pb-এর কম। স্ফুটনাংক সবারই বেশি। ডায়মণ্ডের কেলাস জাফরির মত ত্রিমাত্রিক সমযোজী বন্ধের প্রবণতা কার্বনে সবচেয়ে বেশি, পারমাণবিক সংখ্যার সঙ্গে ক্রম হ্রাসমান। তাই গলনাংক, স্ফুটনাংক ক্রমশঃ কমে।

### অনুশীলনী—3

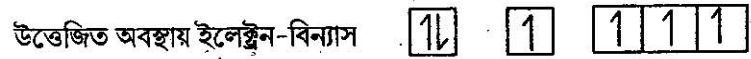
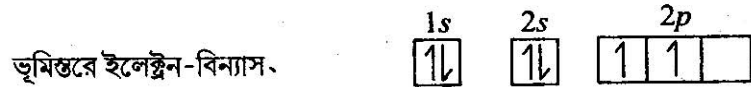
- (1) উর্ধ্বক্রমে সাজান :
  - (a) C, Si, Ge, Sn-এর অপরাতড়িৎধর্মিতা
  - (b) তাদের প্রথম ও চতুর্থ আয়নন ক্ষমতা
- (2) শূন্যস্থান পূর্ণ করুন :
  - (a) Ge একটি ধাতুকল্প তবে ——— ধর্মের আধিক্য দেখা দেয়।
  - (b) Sn ও Pb রাংঝালে ব্যবহৃত হয়, কারণ তাদের গলনাংক ———।
- (3) 14-শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে সবচেয়ে ভারি মৌল কোনটি?



### 5.3.3 রাসায়নিক ধর্মাবলি

#### (ক) জারণসংখ্যা

14 শ্রেণীর মৌলরা +2 ও +4 জারণসংখ্যা দেখায়। কার্বনের জারণসংখ্যা অবশ্য -4 থেকে +4 পর্যন্ত হতে পারে। সারণী—5-এ দেখানো আয়নন শক্তির মান থেকে দেখা যাচ্ছে যে  $M^{4+}$  আয়ন উৎপন্ন হতে খুব বেশি পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাই এই মৌলরা খুব বেশি +4 জারণসংখ্যার আয়নীয় যৌগ গঠন করে না। অন্যদিকে  $ns$  ইলেক্ট্রন জোট খালি  $np$  কক্ষকে উত্তোলিত হতে পারে বলে চতুর্ম-যোজ্যতা দেখা যায়। সত্যি কথা বলতে কী, এই শ্রেণীর মৌলগুলির বেশির ভাগ চতুর্যোজী যৌগই প্রকৃতিতে সমযোজী। কার্বনকেই যদি উদাহরণ হিসাবে নেন,

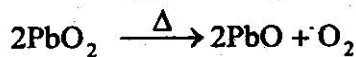
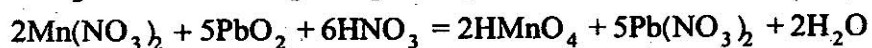


যত নিচের দিকে যাওয়া যায়, +4 জারক স্তরের স্থায়িত্ব কমতে থাকে, শ্রেণীটির ঘনতর মৌলগুলির +4 থেকে +2 স্তরে যাবার প্রবণতা বেশি। এটি চতুর্যোজী যৌগের জারণক্ষমতার প্রকাশমান। যেমন,  $CO_2$ ,  $SiO_2$  ও  $GeO_2$  জারকধর্মী নয়,  $SnO_2$  মৃদু জারক আর  $PbO_2$  একটা তীব্র জারক। Sn (II) বিজারক। +2 স্তরে আয়নিক যৌগ গঠনের প্রবণতা নিচের দিকে বাড়ে।  $PbF_2$ ,  $PbCl_2$  আয়নীয়।

এই যে শ্রেণীর নিচ বরাবর দ্বি-যোজী স্তরের ধারাবাহিক সুস্থিরতর আচরণ, একে ব্যাখ্যা করা যায় ‘নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব’ (inert pair effect) দ্বারা। এই প্রভাবের ফলে আয়নীয় যৌগে  $ns^2$  ইলেক্ট্রন জোটের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। অবশ্য  $R_2Pb$ -র তুলনায়  $R_4Pb$ -র স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করা হয় এভাবে যে, সমযোজী যৌগে  $s$  জোটের অংশগ্রহণ বেশি স্বাভাবিক।

আবার প্রথম দুই আয়নন শক্তির যোগফল নিচ বরাবর কমতে থাকে, সেজন্যও +2 জারণ স্তরে Sn ও Pb-এর অধিকতর আয়নীয় ধর্মযুক্ত যৌগের প্রস্তুতি তাপগতিতত্ত্বীয় দিক থেকে অনুকূল।

লেড (IV) HCl থেকে  $Cl_2$  বের করে, অম্লীকৃত Mn (II) কে পারম্যাঙ্গানেটে জারিত করে :



আবার লক্ষ করুন অন্য মৌলগুলির তুলনায় C-এর অপরাধর্মিতা বেশি। তাই এটি ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে  $C_2^{2-}$  (অ্যাসিটাইলইড) ও  $C^{4-}$  (মিথেনাইড) আয়ন (ঋণাত্মক) গঠন করতে পারে, অন্যরা পারে না। আবার নিচের দিকে ধাতব ধর্ম বৃদ্ধি পায় বলে নিচের দিকের মৌলগুলির +4 জারণস্তরেও সামান্য আয়নীয় আচরণ দেখা যায়। লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট সামান্য বিয়োজিত হয়।  $SnF_4$  কিন্তু আয়নীয়ই এর মূলে আছে  $F^-$ -এর ক্ষুদ্র আকৃতি ও  $Sn^{4+}$ -এর বেশি মেরুকারী (polarising) ক্ষমতা (ফ্যাঁজা-র নিয়ম)।

(খ) বহুবন্ধীভবন (Multiple bonding)

14 শ্রেণীতে মৌলগুলির মধ্যে বহুবন্ধীভবনের প্রবণতা কার্বন-এর ক্ষেত্রেই বেশি পরিমাণে লক্ষণীয়। C অন্য C পরমাণুর সঙ্গে এবং N, O ইত্যাদির সঙ্গেও অপেক্ষাকৃত সুস্থির বহু-বন্ধ গঠন করে।  
উদাহরণ : অ্যালকিন ( $>C=C<$ ), অ্যালকাইন ( $-C\equiv C-$ ), ইথিন ( $>C=N-$ ), নাইট্রাইল ( $-C\equiv N$ ), কার্বনিল ( $>C=O$ ) ইত্যাদি। সিলিকনের ক্ষেত্রেও  $>Si=Si<$  ও  $>Si=C<$  দ্বিবন্ধ জানা আছে।  $SiO_2$ ,  $SnO_2$ ,  $(Me_2SiO)_n$  জানা আছে; আর জানা আছে  $M-O-M$  বন্ধযুক্ত দৈত্যাকার বৃহদণু (macromolecules)। C-এর সহজে এ প্রকার বহু-বন্ধ গঠনের প্রবণতার পিছনে আছে উঁচু বন্ধনিশক্তি (সারণি-6) ও অন্যদের তুলনায় ছোট পারমাণবিক আকার। কাজেই এর  $p$ -কক্ষকগুলি অন্য C, O বা N পরমাণুর  $p$ -কক্ষকের দিকে অগ্রসর হয়ে  $\pi$ -বন্ধ গঠনের উপযুক্ত উপর্যুপাত ঘটাতে সক্ষম।

সারণি-6

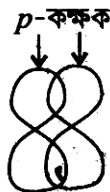
14 শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের বন্ধ-শক্তি (কি. জু. মোল<sup>-1</sup>)

বন্ধ	C	Si	Ge	Sn	Pb
E—E	347	225	117	150	—
E=E	610	317	—	—	—
E≡E	840	—	—	—	—
E—H	415	320	285	250	—
E—O	360	465	360	—	—
E=O	735	640	—	—	—

E = মৌল

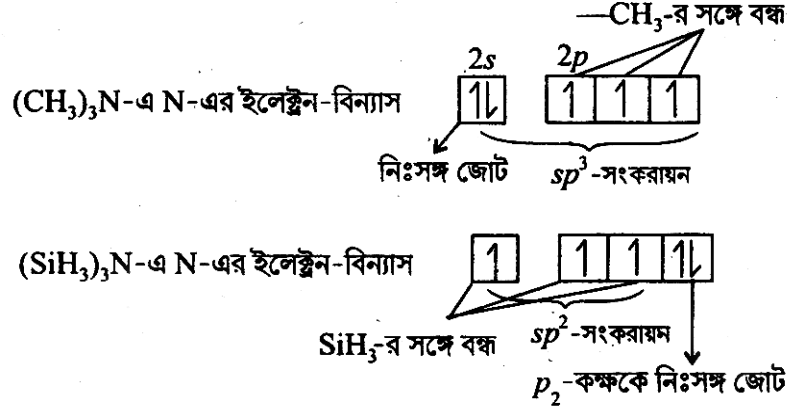
$p\pi-d\pi$  বন্ধীভবন :

$p\pi-p\pi$  বন্ধ তো আপনারা জানেনই—এক্ষেত্রে  $p$ -কক্ষকের পার্শ্বীয় উপর্যুপাত ঘটে। (চিত্র 5.5) দেখুন, উপযুক্ত শর্তে  $p$  ও  $d$  কক্ষকগুলিরও পার্শ্বীয় উপর্যুপাত ঘটার ফলে  $\pi$ -বন্ধ গঠিত হয়। একে বলে  $p\pi-d\pi$  বন্ধ। N-কে কেন্দ্রীয় পরমাণু ধরে C ও Si যৌগের ক্ষেত্রে (যেমন  $(CH_3)_3N$  ট্রাইমিথাইল অ্যামিন) ও  $(SiH_3)_3N$  (ট্রাইসিনাইল অ্যামিন) [চিত্র-5.5] ব্যাপারটা দেখা যাক। আপনারা তো সংকরায়নের ব্যাপারটা জানেনই। ট্রাইমিথাইল অ্যামিনের গঠন পিরামিডীয়। নাইট্রোজেন  $sp^3$  সংকরায়িত, তিনটি শীর্ষে তিনটি মিথাইল গ্রুপ রয়েছে, আর চতুর্থ অবস্থানে আছে N-এর নিঃসঙ্গ জোড়া। ট্রাইসিনাইল

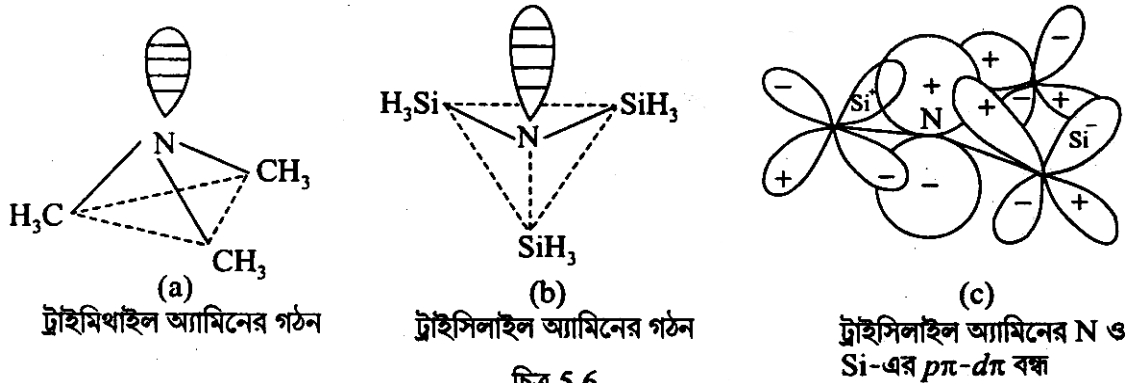


চিত্র 5.5

অ্যামিন-এর গঠন কিন্তু অপ্রত্যাশিতভাবে পৃথক। এর গঠন সামতলিক ত্রিকোণাকার—নাইট্রোজেনের  $sp^2$  সংকরায়ন ঘটেছে। তিনটি সিলাইল গ্রুপ ত্রিভুজের তিনটি কোণায় থাকে আর N-এর যে  $p_z$  কক্ষকটি অণুর তলের সঙ্গে লম্বভাবে থাকে, তাতে থাকে নিঃসঙ্গ জোড়টি। উভয় যৌগে নাইট্রোজেনের ইলেক্ট্রন-বিন্যাস নিচে দেওয়া হল :



(SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N-এ N-এর  $p_z$  কক্ষকের নিঃসঙ্গ জোড় সিলিকনের খালি  $d$ -কক্ষকের সঙ্গে  $\pi$ -বন্ধ গঠন করে। লক্ষণীয় N-এর  $p_z$  কক্ষক শক্তির দিক থেকে Si-এর  $d$ -কক্ষকের সমতুল। এই ধরনের  $\pi$ -বন্ধকে  $p\pi-d\pi$  বন্ধ বলে। আর যেহেতু নিঃসঙ্গ জোড়-প্রদান ঘটে অণুরই মধ্যে—একে অভ্যন্তরীণ  $\pi$ -বন্ধীভবন বলে। এ ধরনের বন্ধ কিছুটা গঠিত হতে পারে Ge-এর ক্ষেত্রে, কিন্তু Sn ও Pb-এর ক্ষেত্রে ঘটে না।  $p\pi-d\pi$  উপর্যুপাত দেখানো হল (চিত্র 5.6)



এই  $p\pi-d\pi$  বন্ধ গঠনের দরুন N—Si বন্ধ হ্রস্বতর হয়ে পড়ে। আর N-এর যেহেতু নিঃসঙ্গ জোড় থাকে না, তাই (SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N-এর ক্ষারকীয় ধর্ম নেই।

(গ) অন্তর্বন্ধীভবন (Catenation)

অন্তর্বন্ধীভবন এমনই এক ধর্ম যার ফলে একই মৌলের পরমাণুসমূহ একক বা বহু-বন্ধ গঠনের ফলে দীর্ঘ শৃঙ্খলযুক্ত যৌগ গঠিত হয়। ক্ষুদ্র আকার ও উঁচু বন্ধ-শক্তির জন্য কার্বনের ক্ষেত্রে এই ধর্ম খুবই প্রকট, Si ও Ge কম পরিমাণে এবং Sn ও Pb সামান্য এই প্রবণতা দেখায়। আসলে M—M বন্ধ-শক্তি

Si থেকে Sn-এ লক্ষণীয়ভাবে হ্রাস পায়। Si—Si বন্ধ-শক্তির মান 226 কি. জুল মোল<sup>-1</sup>। কার্বনের ক্ষেত্রে, আপনারা জানেনই যে অজস্র অ্যালকেন জানা আছে—যেমন, ইথেন, প্রোপেন, বিউটেন, পেন্টেন ইত্যাদি। এরা C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> সাধারণ সংকেত অনুসারে কার্বন শৃঙ্খলযুক্ত হয়ে গঠিত; n-এর মান 100 পর্যন্ত জানা আছে। তাছাড়া আছে অ্যালকিন ও অ্যালকাইন; আছে বহুসংখ্যক অন্তর্বন্ধ ক্লোরাইড যেমন পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC) ও অন্যান্য জৈব যৌগ। সিলিকন Si<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> সাধারণ সংকেতের সিলেন গঠন করে, কিন্তু n এর মান 8-এর বেশি হয় না; Si-এর অন্তর্বন্ধ হ্যালাইড, যেমন Si<sub>n</sub>X<sub>2n+2</sub> (X = F, n = 1–4; X = Cl, Br, I, n = 40) জানা আছে। Ge জার্মেন গঠন করে, সাধারণ সংকেত Ge<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> (n = 1–9); Ge দ্বি-যৌগিক হ্যালাইড Ge<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> গঠন করে। Sn ও Pb-এর হাইড্রাইড খুব কম সুস্থির; SnH<sub>4</sub>, Sn<sub>2</sub>H<sub>6</sub> তৈরি হয়েছে; অনুরূপ পদ্ধতিতে PbH<sub>4</sub> তৈরি করা যায় নি। Sn ও Pb-এর অন্তর্বন্ধ হ্যালাইড জানা নেই।

অনুলীলনী—4

- (1) N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-এর ক্ষারকীয় ধর্ম আছে, কিন্তু N(SiH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-এর নেই—কেন?
- (2) Sn ও Pb *pn-dic* বন্ধ গঠন করে না কেন সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করুন।
- (3) SnCl<sub>2</sub> বিজারক কিন্তু PbCl<sub>4</sub> জারক—কেন ব্যাখ্যা করুন।
- (4) (a) SnCl<sub>4</sub> ও SnF<sub>4</sub> এবং (b) SnCl<sub>2</sub> ও SnCl<sub>4</sub>-এর মধ্যে কোনটি বেশি আয়নীয় ব্যাখ্যা করুন।

(ঘ) রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ

এই শ্রেণীর মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা কম। তবে নিচের দিকে সক্রিয়তা বাড়ে। নিচের দিকে M<sup>II</sup>-র স্থায়িত্ব ক্রমশঃ বাড়ে। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের (–0.13 V) প্রেক্ষিতে যা হওয়া উচিত Pb তার চেয়ে বেশি বরধাতু (নিষ্ক্রিয়)। এই নিষ্ক্রিয়তার কারণ অংশতঃ বহিঃপৃষ্ঠে অক্সাইডের আন্তরণ পড়া, অংশতঃ Pb-পৃষ্ঠে H<sup>+</sup> → ½ H<sub>2</sub> বিজারণের বিভবাবিক্য (overpotential)-এর মান খুব বেশি হওয়া। তাই Pb-তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে H<sup>+</sup> থেকে H<sub>2</sub> উৎপাদন গতির নিরিখে (kinetically) অস্বাভাবিক।

C, Si, Ge-এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়া নেই। Sn স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়ায় SnO<sub>2</sub> ও H<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। Pb জলে অবিকৃত থাকে, কারণ প্রতিরোধক আন্তরণ গঠিত হয়।

C, Si, Ge লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। Sn লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় Sn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> তৈরি করে। লেড খুব আন্তে আন্তে লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় স্বল্প দ্রাব্য PbCl<sub>2</sub> গঠন করে, লঘু HNO<sub>3</sub>-এর সঙ্গে পরিষ্কার বিক্রিয়ায় Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। Pb জৈব অ্যাসিড (যেমন অ্যাসিটিক, সাইট্রিক, অক্সালিক)-এ দ্রবণীয়। লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-এর সঙ্গে অদ্রাব্য PbSO<sub>4</sub>-এর আন্তরণ পড়ে বলে বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়।

ডায়মণ্ড গাঢ় অ্যাসিডে বিক্রিয়া ঘটায় না, কিন্তু গাঢ় HNO<sub>3</sub>-র সঙ্গে গ্র্যাফাইট বিক্রিয়া ঘটিয়ে মেলিটিক অ্যাসিড তৈরি করে। HF/HNO<sub>3</sub> মিশ্রণে গ্র্যাফিটিক অ্যাসিড গঠিত হয়। Si গাঢ় HF/HNO<sub>3</sub> সহযোগে জারিত ও ফ্লুরিণায়িত হয়। Ge গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ও HNO<sub>3</sub>-এ আন্তে আন্তে দ্রবীভূত হয়ে

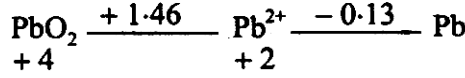
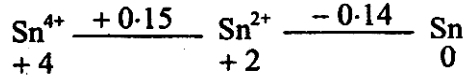
পড়ে। Sn গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া ঘটিয়ে মেটাষ্ট্যানিক অ্যাসিড  $H_2Sn_5O_{11} \cdot 4H_2O$  অধঃক্ষিপ্ত করে। অন্য গাঢ় অ্যাসিডে Sn দ্রবীভূত হয়। Pb গাঢ় HCl-এ দ্রবীভূত হয় না কারণ অদ্রাব্য  $PbCl_2$ -এর আস্তরণ পড়ে।

C ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় না। Si অতি ধীরে NaOH-এর শীতল জলীয় দ্রবণের সঙ্গে এবং উত্তপ্ত দ্রবণের সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া ঘটায়, ফলে সিলিকেট  $[SiO_4]^{4-}$  উৎপন্ন হয়। Sn ও Pb ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে, গরম করলে বিক্রিয়া ঘটে তীব্রভাবে—গঠিত হয় যথাক্রমে স্ট্যানাইট/স্ট্যানেন্ট ও প্লাস্মাইট / প্লাস্মেন্ট,  $Na_2[M(OH)_4] / [M_2M(OH)_6]$  (M = Sn, Pb)।

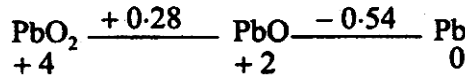
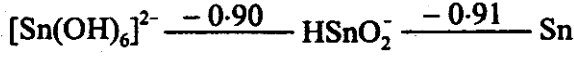
ডায়মণ্ড হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় না, 1073 K-তে ধীরে ধীরে  $CF_4$  উৎপন্ন করে। গ্রাফাইট  $-90^\circ C$ -এ  $F_2$ -এর সঙ্গে  $CF_4/(CF)_n$  উৎপন্ন করে। Si ও Ge সবকটি হ্যালোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া ঘটিয়ে উদ্বায়ী  $MX_4$  উৎপন্ন করে। Sn ও Pb অবশ্য অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয়। Sn,  $F_2$  ও  $Cl_2$ -এর সঙ্গে শীতল অবস্থায়, এবং  $Br_2/I_2$  এর সঙ্গে গরম করলে বিক্রিয়া করে  $SnX_4$  উৎপন্ন করে। Pb,  $F_2$ -এর সঙ্গে ঠাণ্ডায় ও  $Cl_2$ -এর সঙ্গে গরম করলে বিক্রিয়া ঘটিয়ে  $PbX_2$  উৎপন্ন করে।

Sn ও Pb-এর লাটিমার নম্বা :

অ্যাসিড দ্রবণে :



ক্ষারীয় দ্রবণে :



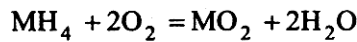
অনুশীলনী—5

(1) জল, অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে 14 শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির বিক্রিয়ার বিভিন্নতা দেখান।

(ঙ) যৌগসমূহ

(i) হাইড্রাইডসমূহ : সব মৌলই উদ্বায়ী সমযোজী হাইড্রাইড গঠন করে। তৈরির সুবিধা ও স্থায়িত্ব C → Pb-এর দিকে কমে। C অবশ্য বিরাট সংখ্যক মুক্ত ও বদ্ধ-শৃঙ্খল হাইড্রাইড গঠন করে। এদের মধ্যে আছে অ্যালকেন ( $C_nH_{2n+2}$ ), অ্যালকিন ( $C_nH_{2n}$ ), অ্যালকাইন ( $C_nH_{2n-2}$ ), অ্যারোমেটিক ও অ্যালিসাইক্লিক যৌগসমূহ। এদের অনুরূপ যৌগ অন্য সমস্থানিকগুলির মধ্যে নেই। Si অল্পসংখ্যক সম্পৃক্ত

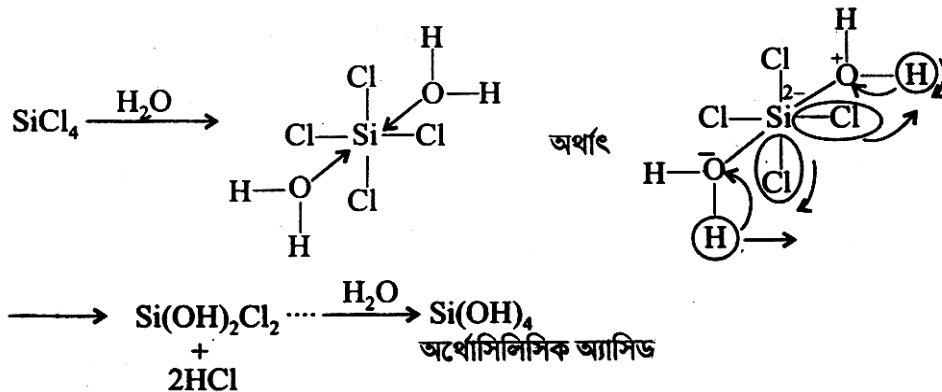
হাইড্রাইড গঠন করে,  $Si_nH_{2n+2}$ । কার্বনের তুলনায় এদের স্থায়িত্ব কম। Ge-এর ক্ষেত্রে  $GeH_4$ ,  $Ge_2H_6$ ,  $Ge_3H_8$  ...  $Ge_9H_{20}$  জানা আছে। Sn-এর ক্ষেত্রে  $SnH_4$ ,  $Sn_2H_6$  জানা আছে, Pb-র ক্ষেত্রে কেবল  $PbH_4$  বিজ্ঞাপিত হয়েছে।  $XH_4$  ( $X = Si, Ge, Sn, Pb$ ) উপযুক্ত হ্যালাইডের সঙ্গে  $LiAlH_4$ -এর বিক্রিয়ায় তৈরি হয়। কার্বাইড ও সিলিসাইড অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিছু হাইড্রাইড উৎপন্ন করে।  $MH_4$  যৌগগুলির সকলেরই একই ধরনের চতুস্তলকীয় গঠন আছে। অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত সিলেন ও জার্মেন (যেমন  $Me_4Si, Me_4Ge, Si_2Et_6$  ইত্যাদি) জানা আছে। রাসায়নিক দিক থেকে অ্যালকেনসমূহ অনেক সুস্থির। প্রকৃতপক্ষে তাদের রাসায়নিক সক্রিয়তা কম বলেই তাদের প্যারাফিন বলা হয়। কিন্তু বাতাসে বা অক্সিজেনে সব হাইড্রাইডেরই দহন হয়।



অ্যালকেনের ক্ষেত্রে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে হ্যালোজেন দিয়ে পরমাণু প্রতি পরমাণু (হ্যালোজেন দিয়ে হাইড্রোজেন) প্রতিস্থাপন একটি স্বাভাবিক ঘটনা। কিন্তু সিলেনের ক্ষেত্রে এটি ঘটে অনাদ্র  $AlCl_3$  অনুঘটকের উপস্থিতিতে, খুবই সীমিতভাবে। সরাসরি সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বা উত্তপ্ত করলে  $Cl_2$ ,  $CH_4$  এবং অন্যসব মৌলের হাইড্রাইডের সঙ্গেই বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া ঘটে।

(ii) হ্যালাইডসমূহ :  $PbI_4$  ছাড়া আর সব সম্ভাব্য টেট্রাহ্যালাইড তৈরি হয়েছে। তারা সবাই চতুস্তলকীয় ( $sp^3$  সংকরায়ন), এবং প্রায় সকলেই (কেবল  $SnF_4$ ,  $PbF_4$  ছাড়া-এরা আয়নীয় ও উচ্চ গলনাংকবিশিষ্ট) সমযোজী ও উদ্বায়ী। C বহুসংখ্যক অন্তর্ভুক্ত হ্যালাইড উৎপন্ন করে; Si কিছু বহুযৌগিক যৌগ ও Ge,  $Ge_2Cl_6$  উৎপন্ন করে। এছাড়া C ও খুব সীমিত ক্ষেত্রে Si কিছু হ্যালাইড হাইড্রাইড যেমন  $MHCl_3$  উৎপন্ন করে। C কিছু মিশ্র হ্যালাইডও তৈরি করে—যেমন ফ্রিয়ন (রেফ্রিজারেটরে ব্যবহৃত হয়)। টেট্রাহ্যালাইডগুলি সবই ( $SnI_4$ , গাঢ় বাদামী বাদে) বর্ণহীন।  $SnI_4$ -এর গাঢ় রঙের কারণ এই যে বর্ণালীর নীল অংশে আলো শোষিত হয়, ফলে I থেকে Sn-এ ইলেক্ট্রন সঞ্চালিত হয়। (আধান প্রত্যাণ বর্ণালী অর্থাৎ charge transfer spectrum)।

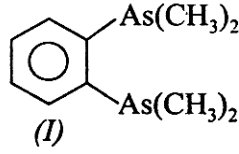
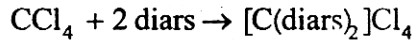
$CX_4$  খুবই স্থায়ী যৌগ। Si-হ্যালাইডগুলির দ্রুত আদ্রবিশ্লেষণ ঘটে। আদ্রবিশ্লেষণের প্রবণতা শ্রেণীর নিচের দিকে কমে। দৃষ্টান্তস্বত্বীয় আদ্রবিশ্লেষণ নিম্নরূপ :



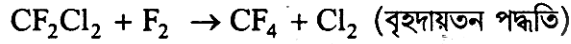
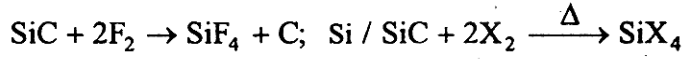
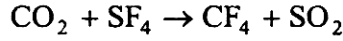
*d*-ইলেক্ট্রনের প্রাপ্যতাহেতু  $MCl_4$  ( $M \equiv Si, Ge, Sn, Pb$ ) হেক্সা-কোঅর্ডিনেটেড (ষট্-সবাগত) জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। এরকম কিছু জটিল যৌগ হল :

$MCl_6^{2-}$ ,  $[SiCl_4\{N(CH_3)\}_2]_2$ ,  $[SnCl_4 \cdot dipy]$ ,  $[SiI_2Py_4]I_2$  ইত্যাদি। নাইহোল্ম (Nyholm) *o*-ফিনাইল ডাইমিথাইল আসাইন (diars, 1) -এর সঙ্গে নিম্নরূপ জটিল তৈরি করেছেন :

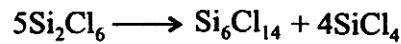
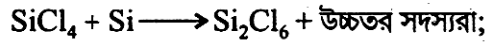
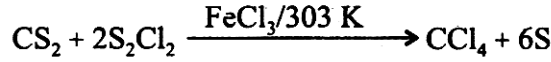
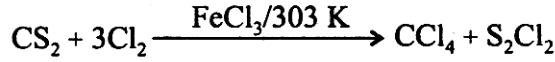
dipy  $\equiv$  ডাইপিরিডিল, Py  $\equiv$  পিরিডিন



কয়েকটি প্রস্তুত পদ্ধতি :



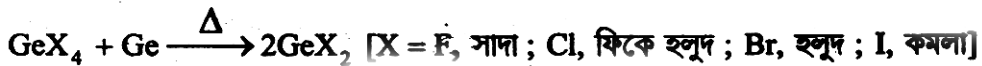
(ফ্লুরো কার্বন সম্বন্ধে আরও তথ্য পরে আছে)



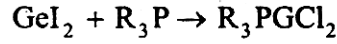
$CCl_4$  দ্রাবক হিসাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়, ফ্রিয়ন তৈরিতেও এর ব্যবহার আছে, অগ্নি নির্বাপক হিসাবেও (এর ভারি বাষ্প অক্সিজেন নিরুদ্ধ করে আগুন নিভিয়ে ফেলে)।

(iii) ডাইহ্যালাইডসমূহ : Si (II) যৌগ তাপগতিতত্ত্বীয় দিক থেকে সাধারণ অবস্থায় অসুস্থির। কিন্তু উঁচু তাপমাত্রায় কিছু  $SiX_2$  যৌগ তৈরি করা হয়েছে এবং তরল নাইট্রোজেনে দ্রুত ঠাণ্ডা করে ধরে রাখা হয়েছে।

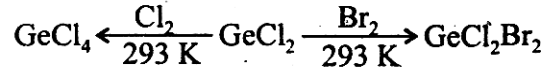
দ্বি-যোজী জার্মেনিয়াম হ্যালাইড সুস্থির। অনাদ্র HF 475 K তাপমাত্রায় জার্মেনিয়াম ধাতুর উপর দিয়ে পাঠালে  $GeF_2$  উৎপন্ন হয়। এটি বহুযোগীয় ফ্লুরিন সেতুযুক্ত। অন্য ডাইহ্যালাইডগুলি ফ্লুরাইড থেকে কম সুস্থির এবং তৈরি করা হয় নিচের পদ্ধতিতে :



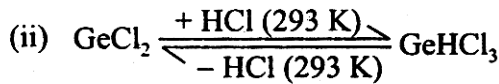
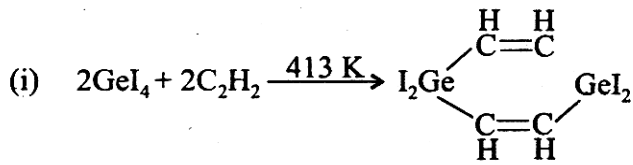
GeF<sub>2</sub> ও GeCl<sub>2</sub> ক্ষার ধাতুর হ্যালাইডের সঙ্গে তাপমোচী বিক্রিয়ায় আর্দ্রবিশ্লেষনিকরক সুস্থির GeX<sub>3</sub><sup>-</sup> আয়ন গঠন করে। কঠিন অবস্থায় যৌগগুলি লুইস অ্যাসিড (L) যোগ করে পিরামিডাকার LGeX<sub>2</sub> উৎপন্ন করে :



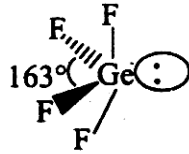
এরা সহজেই টেট্রাহ্যালাইডে জারিত হয়;



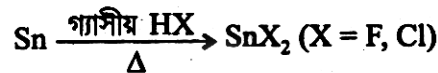
দুটি উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া :



GeF<sub>2</sub>-তে নিঃসঙ্গ জোট নিরক্ষীয় অবস্থানে থাকে, আকৃতি প্রায় ত্রিকোণাকৃতি দ্বি-পিরামিডীয় এবং F-সেতুসম্বন্ধিত শৃঙ্খল গঠন করে। শৃঙ্খলগুলির মধ্যে আবার দুর্বল শৃঙ্খল গঠিত হয়।



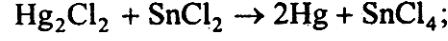
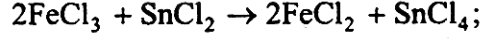
দ্বি-যোজী টিন হ্যালাইড, SnF<sub>2</sub> ও SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O গুরুত্বপূর্ণ যৌগ।



SnF<sub>2</sub> জলে কম দ্রবণীয়, SnCl<sub>2</sub> দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে ক্ষারকীয় ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। অবশ্য সামান্য আর্দ্রিক দ্রবণ থেকে SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O কেলাসিত হয়। এটি জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়—এ থেকে সমযোজী ধর্ম পরিচায়িত। তবে সমযোজী ধর্ম সত্ত্বেও, হ্যালাইডের জলীয় দ্রবণে [SnX<sub>3</sub>]<sup>-</sup> জটিল যৌগ উৎপন্ন হয়। KSnF<sub>3</sub>·0.5 H<sub>2</sub>O, CsSnCl<sub>3</sub> কেলাসেও এই আয়ন উপস্থিত। প্রদায়ক (donor) দ্রাবক (যেমন অ্যাসিটোন, পিরিডিন)-এর সঙ্গে যুক্ত যৌগ গঠনে প্রমাণিত হয় যে Sn (II) হ্যালাইড লুইস অ্যাসিড। K<sub>2</sub>SnCl<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O কেলাস প্রকৃতপক্ষে K<sub>2</sub>[SnCl<sub>3</sub>]Cl·H<sub>2</sub>O. সংযোজনের ফলে উচ্চতর সবর্গাংকবিশিষ্ট যৌগ CsSn<sub>2</sub>X<sub>5</sub> বা Cs<sub>4</sub>SnBr<sub>6</sub> [X = F, Cl, Br] উৎপন্ন হয়।



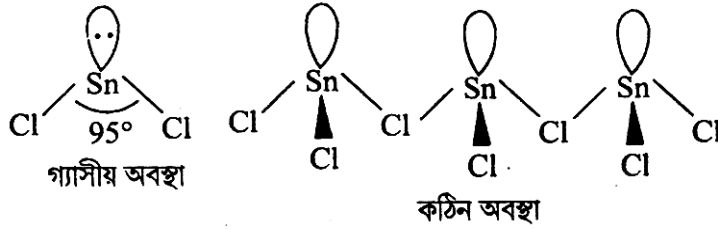
বায়ু বা অক্সিজেনে Sn (II) যৌগ জারিত হয়ে Sn (IV) হয়। SnCl<sub>2</sub> মৃদু বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এর বিজারক বিক্রিয়া নিম্নরূপ :



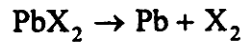
SnF<sub>2</sub> টুথপেস্টে ব্যবহৃত হত, কিন্তু Sn-এর বিষক্রিয়া জানা গেছে তাই এখন NaF ব্যবহৃত হয়। SnCl<sub>2</sub> বিজারক, টিন প্লেটিং-এ, আয়নার রৌপীকরণ (silversing)-এ উদ্দীপক (sensitizer) রূপে, ক্যালিকো ছাপানোতে রঙ-আবদ্ধকারী (mordant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

F<sup>-</sup> দাঁতের এনামেল শক্ত করে। কিন্তু এখন জানা যাচ্ছে যে সাধারণভাবে মানবদেহে F<sup>-</sup>-এর ঘাটতি থাকে না। বরং বেশি F<sup>-</sup> ফ্লুরোসিস নামক হাড়ের অসুখ ঘটাতে পারে।

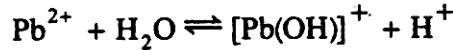
গঠন :



দ্বি-যোজী লেড হ্যালাইডের সবকটিই জানা আছে। এদের রঙ : F<sup>-</sup>, সাদা; Cl<sup>-</sup>, সাদা; Br<sup>-</sup> সাদা; I<sup>-</sup>, সোনালী-হলুদ। এরা সব গরম জলে দ্রবণীয়, ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্যতা অনেক কম। গরম জলে দ্রবণ থেকে ঠাণ্ডা করলে কেলাসিত হয়। I<sup>-</sup> এক্ষেত্রে সোনার কুঁচির মত সুন্দর কেলাসিত হয়। PbCl<sub>2</sub> ও PbBr<sub>2</sub> আলোক প্রভাবিত (photosensitive)-এর আলট্রাভায়োলেট রশ্মিতে বিয়োজিত হয় :



PbI<sub>2</sub> সবুজ আলোয় ভেঙ্গে যায়। জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় :



জটিল গঠনের প্রবণতা এখানেও দেখা যায়। [PbX<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> (X = Cl, Br, I) এই অষ্টতলক আয়নটি Cs<sub>4</sub>PbX<sub>6</sub> কেলাসে বর্তমান। α-PbF<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>, PbBr<sub>2</sub> অর্ধেরন্থিক কেলাস গঠন করে। PbI<sub>2</sub>, CdI<sub>2</sub>-এর মত ষড়ভুজাকৃতি স্তর গঠন দেখায়; β-PbF<sub>2</sub>-র গঠন ফ্লুওরাইট।

(iv) অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ : সবকটি মৌলেরই MO<sub>2</sub> সংযুতির অক্সাইড আছে। এরা মৃদু আক্সিক প্রকৃতির—এই ধর্ম C → Pb.ক্রমে কমতে থাকে। CO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> আক্সিক; GeO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>-র মত

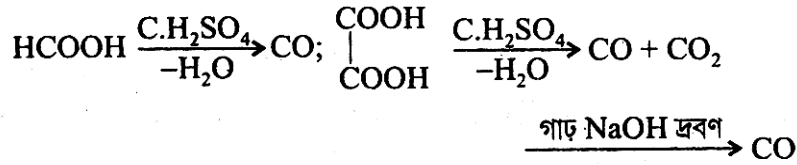
অতটা আয়নিক নয়;  $\text{SnO}_2/\text{PbO}_2$  উভধর্মী।  $\text{CO}_2$  জলে দ্রবীভূত হয়ে কার্বনিক অ্যাসিড (কেবল জলীয় দ্রবণেই অস্তিত্বশীল) দেয়;  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ । নিম্নতর অক্সাইড  $\text{MO}$ -ও জানা আছে।  $\text{CO}$  প্রশম। উঁচু তাপমাত্রায়  $\text{SiO}_2$  ও  $\text{Si}$  উত্তপ্ত করলে যে বাদামী গুঁড়া পাওয়া যায় তা  $\text{SiO}$  বলেই মনে হত। কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রায় এর অস্তিত্বে সন্দেহ আছে—তাই একে  $\text{SiO}_2$  ও  $\text{Si}$ -এর মিশ্রণ বলেই এখন মনে করা হয়।  $\text{GeO}$  আয়নিক;  $\text{SnO}$  ও  $\text{PbO}$  উভধর্মী। এই অক্সাইডগুলির সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড ও তাদের লবণ জানা আছে। আসুন আমরা বিভিন্ন মৌলের অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডগুলির একটু বিস্তৃত আলোচনা সেবে নিই।

#### কার্বনের অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিড :

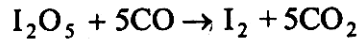
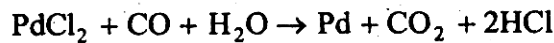
কার্বনের অক্সাইড সংখ্যা অন্যদের থেকে বেশি। এদের ধর্ম ও অন্য মৌলগুলির অক্সাইড থেকে পৃথক, কারণ  $\text{C}$  ও  $\text{O}$ -এর মধ্যে  $p\pi-p\pi$  বহুবন্ধ গঠিত হতে পারে।  $\text{CO}$  ও  $\text{CO}_2$ -র কথা আগে বলা হয়েছে। এ ছাড়াও  $\text{C}_3\text{O}_2$ ,  $\text{C}_5\text{O}_2$ ,  $\text{C}_{12}\text{O}_9$ —এই তিনটি সুস্থির অক্সাইড ও গ্র্যাফিটিক অক্সাইড,  $\text{C}_2\text{O}$  ও  $\text{C}_2\text{O}_3$ —এই তিনটি অপেক্ষাকৃত কম সুস্থির অক্সাইড জানা আছে।

#### কার্বন মনোক্সাইড :

$\text{CO}$  বর্ণহীন, গন্ধহীন, বিষাক্ত গ্যাস। সীমিত বায়ুতে  $\text{C}$  পোড়ালে  $\text{CO}$  পাওয়া যায়। বীক্ষণাগারে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দিয়ে ফর্মিক বা অক্স্যালিক অ্যাসিডের নিরুদনে এটি তৈরি করা হয় :



$\text{CO}$  নীল শিখায় জ্বলে, তাই এর সনাক্তকরণ সহজ। এটি  $\text{PdCl}_2$  দ্রবণকে বিজারিত করে  $\text{Pd}$  অধঃক্ষিপ্ত করে;  $\text{I}_2\text{O}_5$  দ্রবণকে  $\text{I}_2$ -এ বিজারিত করে। শেষের বিক্রিয়াটিতে  $\text{CO}$ -এর পরিমাপণ সম্ভব। উদ্ভূত  $\text{I}_2$  কে  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  দ্রবণ দিয়ে অনুমাপিত করা হয়। বাতাসের  $\text{CO}$ -এইভাবে পরিমাপিত হয় :



$\text{CO}$  বিষাক্ত, কারণ এটি রক্তের হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে ডাই-অক্সিজেনের চেয়ে সুস্থিরতর জটিল যৌগ গঠন করে।  $\text{CO}$  একটি গুরুত্বপূর্ণ জ্বালানী :



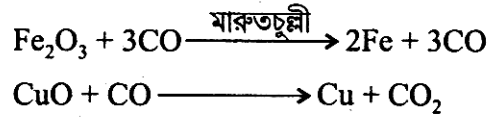
শিল্পক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ জ্বালানী হল :

1. ওয়াটার গ্যাস : CO ও H<sub>2</sub>-র সম-আণব মিশ্রণ; জ্বালানী মূল্য : 2930 কি. ক্যালরি মি<sup>-3</sup>
2. প্রডিউসার গ্যাস : CO, H<sub>2</sub> ও N<sub>2</sub>-এর মিশ্রণ; জ্বালানী মূল্য : 1380 কি. ক্যালরি মি<sup>-3</sup>
3. কোল গ্যাস : CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ও CO<sub>2</sub>-এর মিশ্রণ; জ্বালানী মূল্য : 4930 কি. ক্যালরি মি<sup>-3</sup>

অবশ্য সব গ্যাসেই কিছু হাইড্রোকার্বন (অ্যালিফ্যাটিক, অ্যারোমেটিক, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> থাকে)।

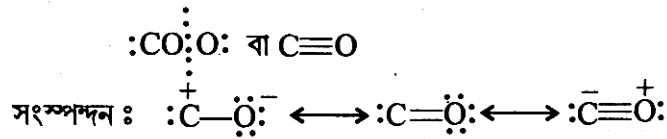
শ্বেততপ্ত কোকের (1700 K) মধ্য দিয়ে উত্তপ্ত জলীয় বাষ্প পাঠিয়ে ওয়াটার গ্যাস; জলীয় বন্দলে জলীয় বাষ্প সম্পৃক্ত বাতাস পাঠিয়ে প্রডিউসার (সেমিওয়াটার গ্যাস) ও কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে কোল গ্যাস উৎপন্ন হয়।

ধাতু নিষ্কাশনে CO একটি গুরুত্বপূর্ণ বিজারক। উদাহরণ :



CO একটি গুরুত্বপূর্ণ লিগ্যান্ড। এটি অনেক সন্ধিগত ধাতুর পরমাণুকেই ইলেক্ট্রনজোট প্রদান করতে পারে। এভাবে উৎপন্ন যৌগসমূহকে কার্বনিল যৌগ বলে। ধাতুর সঙ্গে সংযোজিত CO অণুর সংখ্যা ‘কার্যকরী পারমাণবিক সংখ্যার নিয়ম’ (effective atomic number rule) অনুযায়ী হয়ে থাকে। বন্ধের প্রকৃতি অনেক জটিল। এই কার্বনিল যৌগসমূহ এক গুরুত্বপূর্ণ জৈব ধাতব যৌগ। এদের সম্বন্ধে বিস্তারিত আপনারা পরে জানবেন।

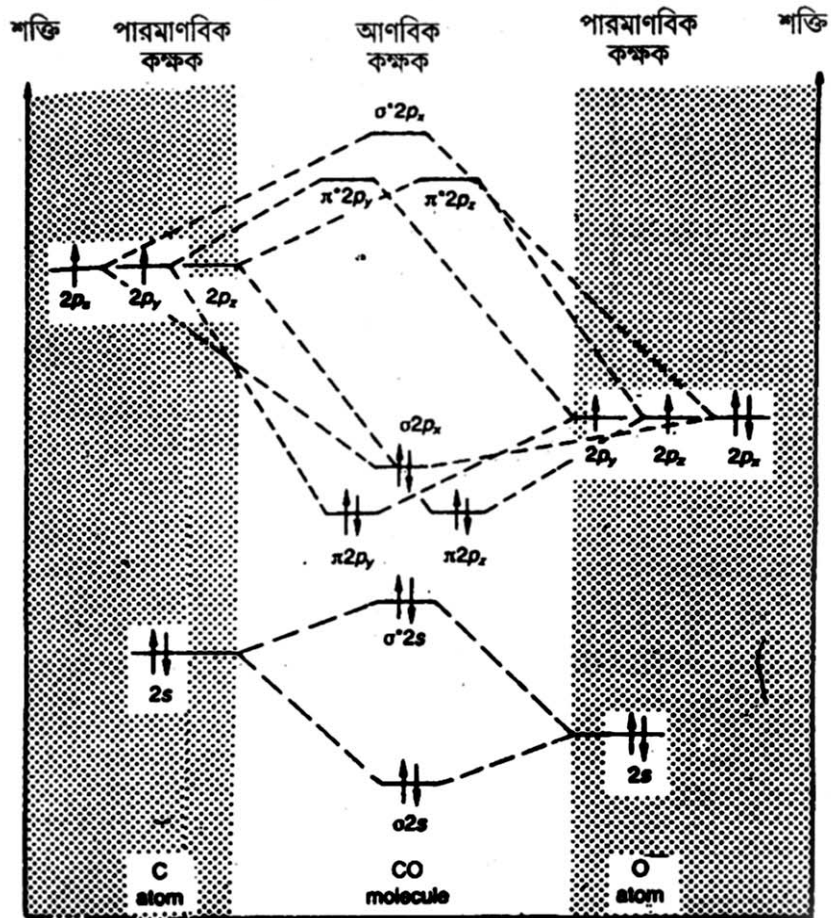
গঠন : CO-র বন্ধ প্রকৃতি নিম্নরূপ (যোজ্যতা বন্ধ, valence bond তত্ত্বানুযায়ী) :



আণবিক কক্ষক তত্ত্ব (molecular orbital theory) অনুযায়ী একে উপস্থাপিত করা হয় :

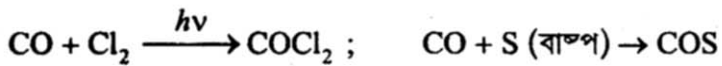
$$\sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2, \sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \left\{ \begin{array}{l} \pi 2p_y^2 \\ \pi 2p_z^2 \end{array} \right\} \sigma 2p_x^2, \sigma^* 2p_x^0 \left\{ \begin{array}{l} \pi^* 2p_y^0 \\ \pi^* 2p_z^0 \end{array} \right.$$

$$\text{বন্ধ-ক্রম} = \frac{10-4}{2} = 3$$

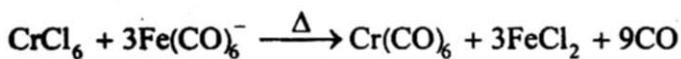
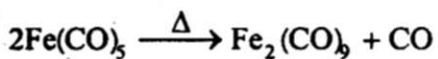
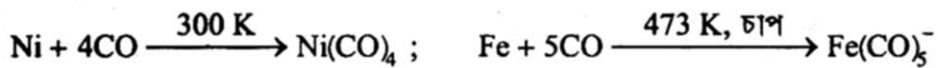


চিত্র 5.7 CO-র আণবিক কক্ষক চিত্র

ফস্জিন বা কার্বনিল ক্লোরাইড,  $\text{COCl}_2$ , কার্বনিল সালফাইড. COS সরল কার্বনিল যৌগ। CO অসম্পূর্ণ যৌগ বলে এই যুতযৌগগুলি উৎপন্ন হয় :



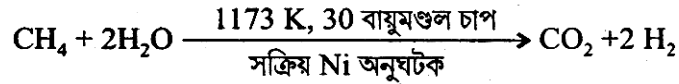
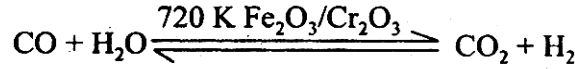
কয়েকটি জটিল কার্বনিল প্রস্তুতি :



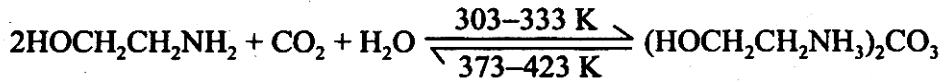
ভিতরের কক্ষ অ-বন্ধধর্মী (non-bonding), বন্ধধর্মী (bonding) ও প্রতিবন্ধধর্মী (antibonding) ইলেক্ট্রনগুলি পরস্পরকে প্রশমিত করে, তাই বন্ধক্রম 3। এই সরল চিত্রটি অবস্থা যথাযথ নয়, কারণ যদি একটি  $\sigma 2p_x$  ইলেক্ট্রন সরিয়ে  $CO^+$  কে  $CO^+$ -এ জারিত করা হয়, তবে বন্ধক্রম  $2\frac{1}{2}$  হয়, এবং বন্ধ-দৈর্ঘ্য বাড়ে। প্রকৃতপক্ষে  $CO$  তে বন্ধ-দৈর্ঘ্য 112.8 পিকোমি. ও  $CO^+$ -এ 111.5. অর্থাৎ বন্ধ-দৈর্ঘ্য যেখানে বাড়া উচিত, সেখানে কমছে। অর্থাৎ ইলেক্ট্রন বেরুবে প্রতিবন্ধধর্মী কক্ষকে থেকে। এই বন্ধদৈর্ঘ্য কমার ভাল ব্যাখ্যা এই যে,  $\sigma 2s$  ও  $\sigma^* 2s$  আণবিক কক্ষকের শক্তির পার্থক্য চিত্রে যা দেখানো হয়েছে, তার থেকে বেশি।  $\sigma^* 2s$  MO  $\sigma 2p_x$ ,  $\pi 2p_y$ ,  $\pi 2p_z$  MO গুলির থেকে শক্তিতে বেশি।

### কার্বন ডাইঅক্সাইড ( $CO_2$ )

$CO_2$  বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। এটি একটি প্রধান শিল্পজাত রাসায়নিক। প্রধান উৎস অ্যামোনিয়া তৈরির জন্য হাইড্রোজেন উৎপাদনে উপজাত হিসাবে :

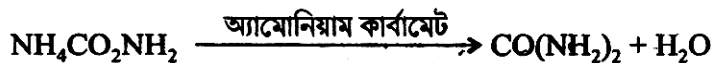


ভাঁটিখানার সম্ভান ক্রিয়ায়, চূনাতাটিতে চূনাপাথর পুড়িয়ে এবং ইলেক্ট্রিক পাওয়ার স্টেশানের নির্গত গ্যাসে  $CO_2$  থাকে।  $Na_2CO_3$  বা ইথানল অ্যামিনের জলীয় দ্রবণে শোষণ করার মধ্য দিয়ে এই  $CO_2$  উদ্ধার করা হয়। শেষোক্ত পদ্ধতিকে গিরবটল পদ্ধতি বলে :



-330 K থেকে +404 K তাপমাত্রার মধ্যে উচ্চচাপে  $CO_2$ -কে তরলে পরিণত করা হয়। ~80% তরল এবং 20% কঠিন হিসাবে বিক্রীত হয়। কঠিন  $CO_2$  কে 'শুষ্ক বরফ' বা কার্ডিস্ (cardice) বলা হয়। ঠাণ্ডা করার জন্য, মাছ-মাংস পরিবহনে, খাদ্য-সংরক্ষণে শুষ্ক বরফ ব্যবহৃত হয়। সারা পৃথিবীতে উৎপাদিত  $CO_2$ -এর অর্ধেক এই কাজে লাগে, এক-চতুর্থাংশ ব্যয়িত হয় কার্বনেট পানীয় (কোকা-কোলা, লেমোনেড, বীয়ার ইত্যাদি) তৈরিতে। অন্যান্য ব্যবহারের মধ্যে আছে ইউরিয়া উৎপাদন, নিষ্ক্রিয় পরিবেশ তৈরিতে এবং ক্ষার প্রশমনে।

পৃথিবীতে বছরে 6 মিলিয়ন টন ইউরিয়া উৎপাদিত হয়। ইউরিয়া নাইট্রোজেনঘটিত সার হিসাবে ও ফর্মালডিহাইড রেজিন তৈরিতে লাগে।



CO<sub>2</sub> অল্প পরিমাণে লাগে অগ্নি-নির্বাপক ব্যবস্থায়, কয়লা খনিতে বিস্ফোরণ ঘটাতে, এরোসল প্রচালক (propellant) হিসাবে।

চুনবল বা ব্যারাইটাজল (Ba(OH)<sub>2</sub>)-র মধ্যে চালনা করলে CO<sub>2</sub> সাদা অধঃক্ষেপ ফেলে যা অতিরিক্ত CO<sub>2</sub>-এ দ্রবীভূত হয়। গরম করলে আবার ঘোলাটে ভাব ফিরে আসে। এভাবে গ্যাসটিকে সনাক্ত করা যায়।

CO<sub>2</sub> আম্লিক অক্সাইড, ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ তৈরি করে। জলে দ্রবীভূত হয়ে কার্বনিক অ্যাসিড H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> উৎপন্ন করে এবং দ্রবণে স্বল্প পরিমাণ কার্বনেট ও বাইকার্বনেট আয়ন থাকে। 273 K তাপমাত্রায় 50 বায়ুমণ্ডল চাপে CO<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O কেলাসিত হয়েছে। CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. কার্বনিক অ্যাসিড দুই শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে—হাইড্রোজেন (বাই) কার্বনেট ও কার্বনেট :

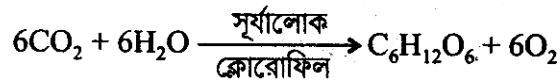


CO<sub>2</sub> লিগ্যান্ড হিসাবে ব্যবহৃত হয়ে কয়েকটি জটিল যৌগও তৈরি করে, যেমন [Rh(CO<sub>2</sub>)Cl(PR<sub>3</sub>)<sub>3</sub>] ও [Co(CO<sub>2</sub>)(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]। প্রথমটিতে CO<sub>2</sub> একদন্তী (monodentate) ও দ্বিতীয়টিতে দ্বি-দন্তী (bidentate, একটি C দিয়ে ও অপরটি O দিয়ে) ও CO<sub>2</sub> অণু কৌণিক।

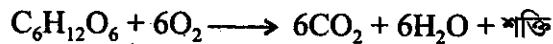
CO<sub>2</sub>-র গঠন সরলরৈখিক O—C—O. উভয় C—O বন্ধের দৈর্ঘ্য সমান। C ও O-র মধ্যের σ-বন্ধ ছাড়াও ত্রি-কেন্দ্রিক 4-ইলেকট্রন π-বন্ধ আছে—এই বন্ধ তিনটি পরমাণু জড়িয়েই গঠিত। ফলে গঠনটিতে 2টি σ-বন্ধের সঙ্গে দুটি π-বন্ধও যুক্ত হয়। এভাবে C—O বন্ধ-ক্রম 2.

জীববিদ্যার দৃষ্টিকোণ থেকে CO<sub>2</sub> সালোকসংশ্লেষের সঙ্গে জড়িত বলে গুরুত্বপূর্ণ। উদ্ভিদের সবুজ অংশে সূর্যালোক ও ক্লোরোফিলের উপস্থিতিতে গ্লুকোজ তৈরির পদ্ধতিই সালোকসংশ্লেষ। সমস্ত জীবজগৎই স্থায়িত্বের জন্য এই ঘটনার কাছে ঋণী।

বিক্রিয়া :

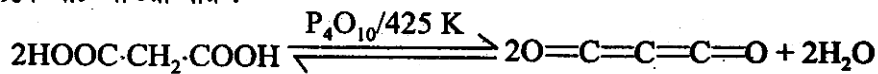


বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে শ্বসনে :

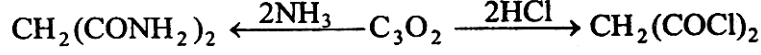


কার্বন সাবক্সাইডসমূহ :

কার্বন সাবক্সাইড C<sub>3</sub>O<sub>2</sub> একটি বিশী গন্ধযুক্ত গ্যাস, স্ফুটনাংক 279 K. ম্যালনিক অ্যাসিডের নিরুদ্দেশের মাধ্যমে এটি পাওয়া যায় :



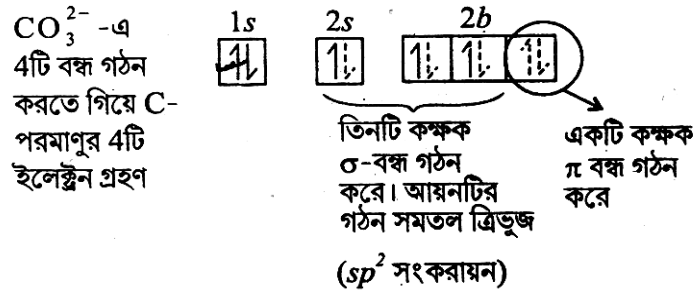
এটি 195 K তাপমাত্রায় সুস্থির এবং অণুটি সরলরৈখিক। সাধারণ তাপমাত্রায় এটি বহুযৌগিত হয়ে হলুদ বর্ণের কঠিনে পরিণত হয়, উচ্চতর তাপমাত্রায় লাল ও গাঢ় লাল কঠিন উৎপন্ন করে। জলের সঙ্গে-এর বিক্রিয়ায় ম্যালনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। HCl ও NH<sub>3</sub>-র সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে অ্যাসিড ক্লোরাইড ও অ্যাসিড অ্যামাইড উৎপন্ন হয় :



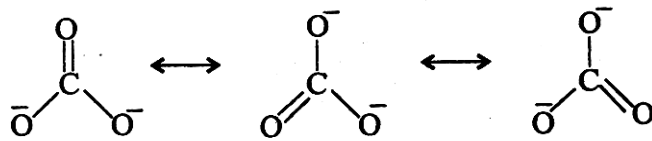
C<sub>3</sub>O<sub>2</sub>-র তাপ-বিয়োজনে (thermolysis) C<sub>5</sub>O<sub>2</sub> উৎপন্ন হয়। অপর সুস্থির সাবক্সাইড C<sub>12</sub>O<sub>9</sub>। এটি একটি সাদা কঠিন ও মেলিটিক অ্যাসিডের নিরুদক।

কার্বনেট/বাইকার্বনেটসমূহ :

কার্বনেট আয়ন CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> সামতলিক। CO<sub>4</sub><sup>4-</sup> আয়ন পাওয়া যায় না, কিন্তু SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup> যায়। এর সম্ভাব্য কারণ C খুবই ছোট পরমাণু [তুলনা করুন, 15 শ্রেণীতে NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ও PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>]। CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-এর গঠন নিচের নিয়মে ব্যাখ্যাত হতে পারে।



CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> আয়নের π-বন্ধটি 4টি পরমাণু জুড়ে ছড়ানো (delocalised) π-আণবিক কক্ষক ব্যবহার করে গঠিত। সবকটি O পরমাণু সমতুল্য, C—O বন্ধ-দূরত্ব একক বন্ধের চেয়ে ছোট। যোজ্যতা বন্ধ তত্ত্বে এটি ব্যাখ্যাত হয় সংস্পন্দনের দ্বারা (প্রতিটি বন্ধক্রম 1½) :

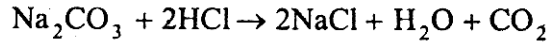


M<sup>II</sup>CO<sub>3</sub> সংকেতবিশিষ্ট অনেক কার্বনেট যৌগের গঠন ক্যালসাইটের মত, আর অন্যদের অ্যারাগোনাইট গঠন। ধাতব আয়নগুলির আপেক্ষিক আকারের উপর গঠন নির্ভর করে :

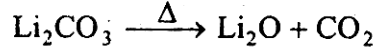
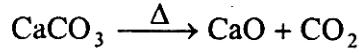
M <sup>2+</sup> →	Mn <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (পিকোমি.) →	67	72	74	74	78	97	100	118	121	135
গঠন →	← ক্যালসাইট গঠন									← অ্যারাগোনাইট গঠন →

সোডিয়াম কার্বনেটের প্রধান ব্যবহার ঘৌতিকরণের জন্য (এই ব্যবহারের জন্যই এর নাম ওয়াশিং সোডা) এবং জল মৃদুকরণে; এর বার্ষিক উৎপাদন ২২ মিলিয়ন টন। সোডিয়াম বাইকার্বনেটের প্রধান ব্যবহার বেকিং সোডা হিসাবে (বার্ষিক উৎপাদন ২০০,০০০ টন);  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  (বার্ষিক উৎপাদন ৫০,০০০ টন) Al নিষ্কাশনের সময়  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -র গলনাংক হ্রাস করতে এবং শক্ত কাঁচ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

$\text{CO}_3^{2-}$  বর্ণহীন, তাই ১, ২ শ্রেণীর ধাতুর কার্বোনেট সাদা।  $\text{Ag}^+$ -এর তীব্র বিকৃতি ঘটাবার (polarising) ক্ষমতার জন্য  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ -এর রঙ হলুদ।  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ও ১-শ্রেণীর মৌলের কার্বনেট জলে দ্রবণীয়; একমাত্র ব্যতিক্রম  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  (মনে করুন Li/Hg কর্ণ-সম্পর্ক), এটি স্বল্প দ্রবণীয়।  $\text{Tl}_2\text{CO}_3$  মাঝারি দ্রাব্যতার, কিন্তু ২-শ্রেণীর মৌলের কার্বনেট স্বল্প-দ্রবণীয় বা অদ্রবণীয়। সব কার্বনেটই অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{CO}_2$  উৎপন্ন করে :

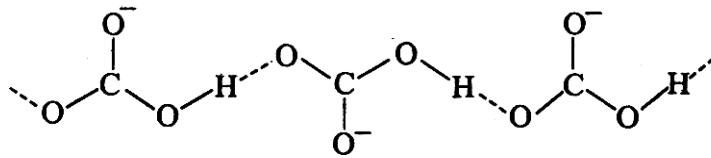


১-শ্রেণীর কার্বনেট তাপে সুস্থির; বিয়োজন ছাড়াই গলে যায় (ব্যতিক্রম  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )। ২ শ্রেণীর কার্বনেট তীব্র উত্তাপে বিয়োজিত হয়। এদের সুস্থিরতা ধাতব আয়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। বেশিরভাগ কার্বনেটই সহজে বিয়োজিত হয় :



M →	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
$\text{MCO}_3$ -র বিয়োজন					
তাপমাত্রা K → <	373	813	1173	1563	1633

কঠিন অবস্থায় প্রাপ্তব্য বাইকার্বনেট কেবলমাত্র  $\text{NH}_4^+$ -এর এবং ১-শ্রেণীর মৌলসমূহের। এগুলি বর্ণহীন এবং কার্বনেটের চেয়ে কম দ্রবণীয় (K-এর  $\text{HCO}_3^-$ -এর দ্রাব্যতা  $\text{CO}_3^{2-}$ -এর তুলনায় বেশি)। এরা তাপ প্রদানে ভেঙ্গে যায়।  $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . কঠিন অবস্থায় এরা বহুযোগিক;  $\text{HCO}_3^-$  গ্রুপের H-বন্ধের ফলে শৃঙ্খলাকার :



সিলিকনের অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিড :

পৃথিবী-পৃষ্ঠ মোটের উপর সিলিকা ও সিলিকেট দ্বারা গঠিত। সব শিলা, বালুকা, কাদা, মাটি (যারা শিলার ভাঙনে উৎপন্ন)-র এরাই প্রধান উপাদান। সৌধাদি নিমিত্তির বেশিরভাগ অজৈব পদার্থই সিলিকেট

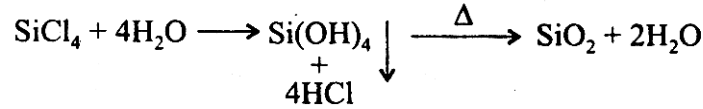


খনিজ থেকে প্রাপ্ত। বালিপাথর, গ্র্যানাইট, শ্লেট প্রভৃতি প্রাকৃতিক ও সিমেন্ট, কংক্রীট ও সাধারণ কাঁচ এদের মধ্যে পড়ে। সিলিকা ও সিলিকেটের কিছু ব্যবহার নিচে দেওয়া হল।

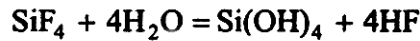
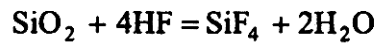
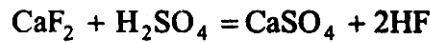
**সিলিকা :**

সিলিকন ডাইঅক্সাইডের সাধারণ নাম সিলিকা। এটি অনিয়তাকার ও নিয়তাকার উভয়রূপে পাওয়া যায়। ফ্লিন্ট এক ধরণের অনিয়তাকার সিলিকা। নিয়তাকার রূপের মধ্যে আছে—কোয়ার্‌স, ট্রাইডিমাইট, ক্রিস্টোবাসালাইট—এদের কেলাস গঠন বিভিন্ন। সিলিকার সুস্থির আকৃতিসমূহের মধ্যে সুস্থিরতম হচ্ছে কোয়ার্‌স। এটি বর্ণহীন এবং এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.65. এর অপর নাম ‘রক ক্রিস্টাল’। প্রতিটি নিয়তাকার রূপের দুটি প্রকৃতিভেদ আছে—একটি অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় স্থায়ী, অপরটি বেশি তাপমাত্রায়; তাপমাত্রাভেদে এদের রূপান্তর ঘটে।

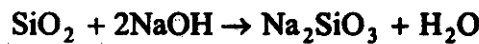
সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষের ফলে সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এটিকে শুষ্ক করে উত্তপ্ত করলে সাদা সূক্ষ্ম গুঁড়ার আকারে সিলিকা পাওয়া যায় :



সিলিকা হাইড্রোফ্লোরিক বাতীত অন্যান্য অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সিলিকা দ্রবীভূত হয়ে উদ্বায়ী সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড  $\text{SiF}_4$  উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটিকে বৈশ্লেষণিক রসায়নে সিলিকা / সিলিকেটের সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়। একটি ছিদ্রযুক্ত লেড মুচিতে নমুনা ও ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইডের মিশ্রণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে লেই বানিয়ে অ্যাসবেস্টস্ বোর্ডের উপর রেখে উত্তপ্ত করা হয়। ছিদ্র দিয়ে বেড়িয়ে আসা গ্যাসে প্ল্যাটিনাম লুপে রাখা জলের ফোঁটা ধরলে সেটি মোমের মত হয়ে যায়। আসলে সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই HF অতিরিক্ত  $\text{SiF}_4$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফ্লোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

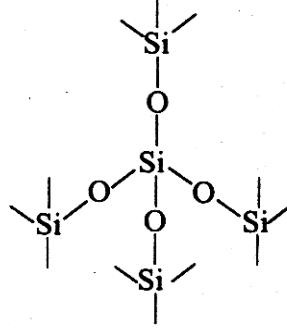


সিলিকা আল্কালি, ক্ষারের সঙ্গে বিগলনে সিলিকেট উৎপন্ন করে :



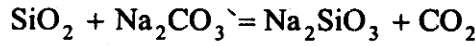
$\text{CO}_2$  থেকে  $\text{SiO}_2$ -র প্রথম ও প্রধানতম পার্থক্য এই যে সাধারণ তাপমাত্রায়  $\text{CO}_2$  গ্যাসীয় কিন্তু  $\text{SiO}_2$  অতি উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন পদার্থ।  $\text{SiO}_2$  বিশালাকৃতি অণু উৎপন্ন করে—যাতে প্রতিটি Si

পরমাণু চতুস্তলকীয়ভাবে চারটি O-পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত, আর প্রতিটি O-পরমাণু দুটি Si-পরমাণুর সঙ্গে একইভাবে বদ্ধ (চিত্র 5.8) :



চিত্র 5.8 : সিলিকন ডাইঅক্সাইডের গঠন

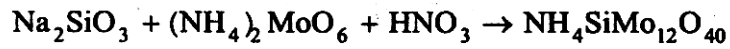
কাঁচের প্রধান উপাদান সিলিকা। ‘সিলিকা জেল’  $\text{SiO}_2$ -র একটি অনিয়তাকার সছিদ্র রূপ। এটি অনুঘটকরূপে, নিরুদ্ধক হিসাবে ও ক্রোম্যাটোগ্রাফিতে অধিশোষক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম কার্বনেট সহযোগে বিগলিত করলে সিলিকা সোডিয়াম সিলিকেট (ওয়াটার গ্লাস) তৈরি করে :



‘ওয়াটার গ্লাস’ ডিম সংরক্ষণে এবং এক ধরনের সঞ্চয়ক কোষে ব্যবহৃত হয়।

ফ্লুওরাইড মূলকের ক্ষেত্রে জ্বাত সিলিকা / সিলিকেট মিশিয়ে এই বিক্রিয়া করা যায়। অবশ্য এই নিরীক্ষা সেক্ষেত্রে পরখনলে করা হয়। কাঁচ থেকে সিলিকা আসে।

এই বিক্রিয়াকে আরও সুবেদী (sensitive) করা যায় : জলের ফোঁটাটিতে (বা  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -এর গুটি ও নমুনা উত্তপ্ত করে  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  তৈরি করে জলে নিয়ে) গাড় নাইট্রিক অ্যাসিডের এক ফোঁটা মিশিয়ে, তার সঙ্গে এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম মলিব্‌ডেট মিশিয়ে ঈষৎ উত্তপ্ত করা হয়। ফিকা-হলুদ সিলিকো মলিব্‌ডিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



এর সঙ্গে বেঞ্জিডিন দ্রবণের দুফোঁটা মিশিয়ে Na / K /  $\text{NH}_4$ -অ্যাসিটেট মেশালে নীল দ্রবণ বা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

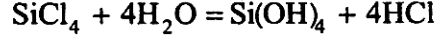
নিরুদ্ধক হিসাবে ব্যবহার্য সিলিকা জেল-এ সূচক হিসাবে কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড মিশিয়ে রাখা হয়। নীল রঙের এই পদার্থ জল শুষ্ক গোলাপী হয়। গরম করলে আবার নীল রঙেরও ব্যবহারযোগ্য হয়।

**সিলিসিক অ্যাসিড ও সিলিকেটসমূহ :**

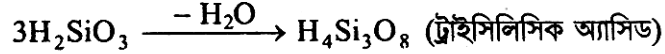
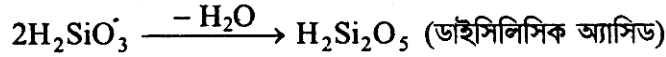
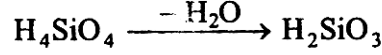
সিলিকন ডাইঅক্সাইড জলে অদ্রব্য। তাই সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায় পরোক্ষ উপায়ে।

দুটি প্রধান সিলিসিক অ্যাসিড হল : (ক) মেটাসিলিসিক অ্যাসিড  $H_2SiO_3$  এবং (খ) অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড  $H_4SiO_4$  .

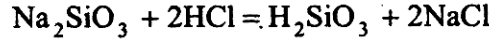
সিলিকন টেট্রাহ্যালাইড-এর আর্দ্রবিশ্লেষণ-এর ফলে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :



অর্থোসিলিসিক অ্যাসিডের পর্যায়ক্রমিক নিরুদনে বিভিন্ন সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

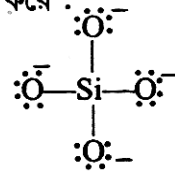


মেটা ও ডাইসিলিসিক অ্যাসিডের (ট্রাইসিলিসিক অ্যাসিডের নয়) অস্তিত্বের ধারণা অর্থোসিলিসিক অ্যাসিডের নিরুদনের বাষ্পচাপ লেখচিত্র থেকে পাওয়া যায় :



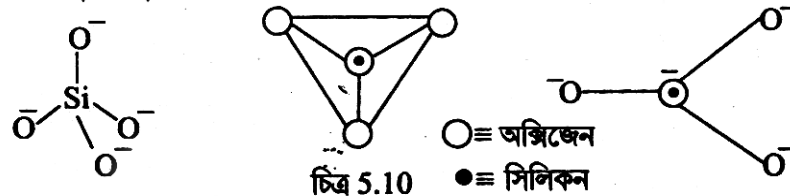
বিক্রিয়ায় সাদা জিলেটিনের মত মেটাসিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এতে বিভিন্ন পরিমাণে জল থাকে। এটি খুব মৃদু অ্যাসিড। সোডিয়াম সিলিকেটের লঘু দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড খুব ধীরে ধীরে যোগ করলে কোলয়ডীয় সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ডায়ালিসিস প্রক্রিয়ায় এটি বিশুদ্ধ করা হয়।

$H_4SiO_4$ -এর লবণই সিলিকেট। সিলিকেট মাত্রই  $SiO_4$ -এককের সমবায়। এই এককগুলির গঠন চতুস্তলকীয় ( $sp^3$  সংকরায়ন)। যেহেতু সিলিকনের 4টি ও অক্সিজেনের 6টি ইলেক্ট্রন সবগুলি পরমাণুর অষ্টকপূর্তির পক্ষে পর্যাপ্ত হওয়ায় অক্সিজেন অপর পরমাণু থেকে ইলেক্ট্রন সংগ্রহ করে বিচ্ছিন্ন  $[SiO_4]^{4-}$  (চিত্র 5.9) আয়ন গঠন করে :



চিত্র 5.9

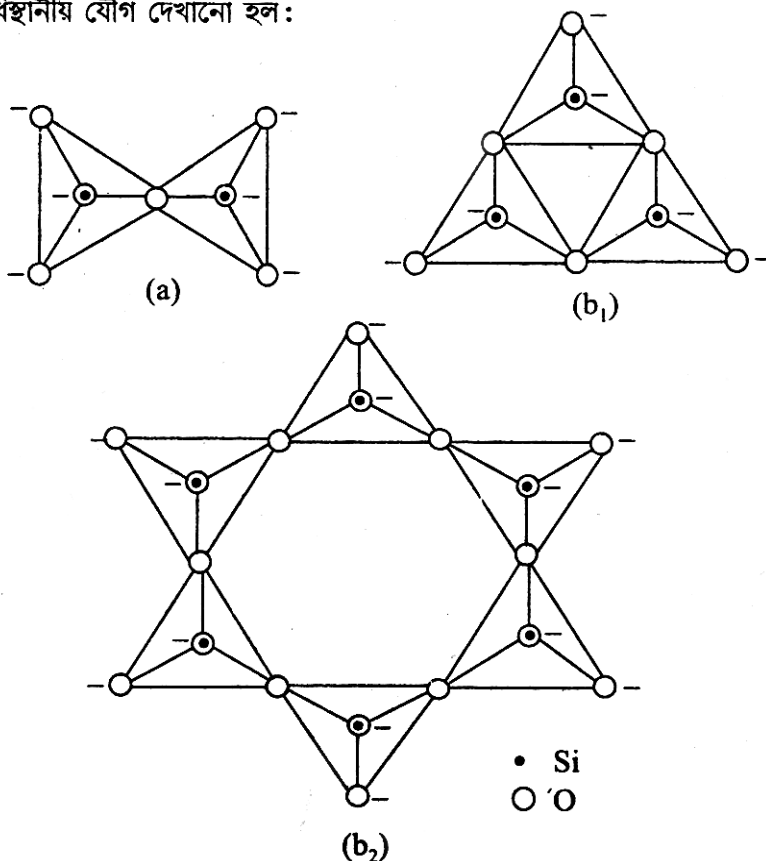
এখন এই  $[SiO_4]^{4-}$  চতুস্তলককে তিনভাবে উপস্থাপিত করা যায়। (চিত্র 5.10)। এদের মধ্যে পার্থক্য কেবলমাত্র এককগুলি পরস্পরের সঙ্গে কীভাবে যুক্ত আছে তাতেই। সরলতম সিলিকেট হল অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড  $H_4SiO_4$ -এর লবণ :



চিত্র 5.10

কোন কোন সিলিকেটে  $SiO_4$  এককের অক্সিজেন পরমাণুগুলি অপর সিলিকন পরমাণুর সঙ্গে ইলেক্ট্রন ভাগাভাগি করে অষ্টক পূর্ণ করে; ফলে O-পরমাণুগুলি অন্য সিলিকন পরমাণুর সঙ্গে

Si—O—Si জাতীয় সেতু গঠন করে। এধরণের সেতুর সংখ্যা এক থেকে চার পর্যন্ত হতে পারে। ফলে জটিল সিলিকেট গঠিত হয়। কোন অক্সিজেন যদি অন্য সিলিকন পরমাণু থেকে ইলেক্ট্রন সংগ্রহ করতে না পারে, তবে তার অষ্টক পূর্ণ হয় না। আর উৎপন্ন সিলিকেট শৃঙ্খল তখন অ্যানায়নীয় হয়। খনিজ সিলিকেটে উপস্থিত ধাতব আয়নগুলি সাধারণতঃ  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  ইত্যাদি।  $SiO_4$  এককগুলির সংযুক্তির পার্থক্যের উপর নির্ভর করে বিভিন্ন জটিলতার সিলিকেট উৎপন্ন হয়। চিত্র 5.11 তে কয়েকটি প্রতিনিধিত্বমান যৌগ দেখানো হল :



চিত্র 5.11

- (a) পাইরোসিলিকেট, যথা থর্ভেটাইট  $Sc_2Si_2O_7$ , অ্যানায়ন  $Si_2O_7^{2-}$
- (b<sub>1</sub>) চক্রীয় সিলিকেট, যথা উস্তলাস্টোনাইট  $Ca_3Si_3O_9$ , অ্যানায়ন  $Si_3O_9^{6-}$
- (b<sub>2</sub>) চক্রীয় সিলিকেট, যথা বেরিল  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , অ্যানায়ন  $Si_6O_{18}^{12-}$
- (c) শৃঙ্খল সিলিকেট, যথা স্পডুমিন  $LiAl(SiO_3)_2$ , অ্যানায়ন  $SiO_3^{2-}$
- (d) স্তর সিলিকেট, যথা ট্যালক  $Mg_3(OH)_2(Si_2O_5)_2$ , অ্যানায়ন  $Si_2O_5^{2-}$

### মাইকা (অল্প, বোয়োটাইট $KHMg_2Al_2(SiO_4)_3$ )

এরা স্তরীয় গঠনসম্পন্ন সিলিকেট। এদের বাঁকানো যায় কিন্তু কাটা শক্ত; এরা স্থিতিস্থাপক, স্বচ্ছ এবং এদের দ্বি-তড়িতিক শক্তি (dielectric strength) খুব বেশি। এরা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় এবং 775 K পর্যন্ত সুস্থির। চুল্লীর জানালা, ভ্যাকুয়াম নল ও তড়িত-অন্তরক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

### অ্যাস্বেস্টস্ ( $Mg_3Ca(SiO_5)_4$ )

এরা তন্তুময় (fibrous) সিলিকেট। এদের অনূদৈর্ঘ্য শক্তি (tensile strength), প্রভূত নমনীয়তা (flexibility), তাপ ও শিখা নিরোধী ধর্ম, অ্যাসিড বা ক্ষারের সংযোগে ক্ষয়নিরোধী ধর্ম উল্লেখ্য ও দামেও এরা সস্তা। বাষ্পবাহী নলের বাইরে তাপনিরোধী আবরণ দিতে, অগ্নিনিরোধী টালি তৈরিতে ও অন্তরক হিসাবে এরা ব্যবহৃত হয়। অ্যাস্বেস্টস্ ক্যান্সার ও অ্যাস্বেস্টসিস্ ঘটায়।

### ক্লে :

এরা মাটির গুরুত্বপূর্ণ উপাদান; আগ্নেয় শিলার আবহবিকার ও বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন। জলের সঙ্গে মেশালে এরা নরম, নমনীয় ও ছাঁচে ঢালার উপযোগী হয়। স্মরণাতীত কাল থেকেই এরা ইট, টালি ও মৃৎপাত্র (চিনামাটির) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। কিছু ক্লে আছে, যাদের আমরা ফুলারস্ (fuller's) আর্থ বুলি, তাদের অধিশোষণ ক্ষমতা বেশি এবং ক্যাটায়ন বিনিময় ধর্ম আছে। তাদের ব্যবহার দেখা যায় পেট্রোলিয়াম শিল্পে—তেল ও গ্রীজ্ শোষণের কাজে। ট্যাল্ক-এর বৈশিষ্ট্য এর নরম, পেলব এবং শুষ্ক পিচ্ছিলকারী ধর্ম আর রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা। এর ধবধবে সাদা রঙের জন্য এটি প্রসাধন সামগ্রী তৈরিতে, সিরামিক শিল্পে ও কাগজ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

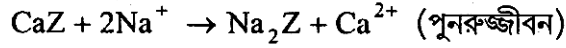
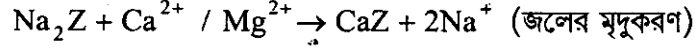
### সিমেন্ট :

সিমেন্ট তৈরির মূল কাঁচামাল চুন, সিলিকা ও অ্যালুমিনা। চূনাপাথর ও ক্লে-র মিশ্রণের সঙ্গে অল্প পরিমাণে জিপসাম্ মিশিয়ে মিশ্রণের ভস্মীকরণ করা হয়, তারপর গুঁড়ো করে নেওয়া হয়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এটি জলনিরোধক শক্ত পদার্থে পরিণত হয়। সিমেন্টের লেই একা অথবা বালি বা কংক্রীটের সঙ্গে মিশ্রিত হয়ে নির্দিষ্ট আকার প্রাপ্ত হতে পারে। সে কারণেই এটি সৌধ তৈরির এত ভাল উপকরণ হিসাবে গণ্য।

সুপ্রাচীনকাল থেকে সিমেন্টের ব্যবহার জানা ছিল। মিশরীয়রা পিরামিড তৈরিতে এক ধরনের সিমেন্ট ব্যবহার করেছিল। গ্রীক ও রোমানরা আগ্নেয়গিরি-উৎপাদিত শিলাচূর্ণ সিমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করত। 1824-এ ইংল্যান্ডের লীড্‌স্-এর একজন রাজমিস্ত্রী, জোসেফ আস্পডিন চুন ও ক্লে উত্তপ্ত করে প্রথম কৃত্রিম সিমেন্ট পান। এর নাম দেওয়া হয় পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট। (কারণ এটি জমে যাওয়ার পরে এটি দেখতে হয় ইংল্যান্ডের কাছে পোর্টল্যান্ড-এ প্রাপ্তব্য সৌধ নির্মাণের কাজে ব্যবহৃত পাথরের মত)। এই নামে একে প্রাকৃতিক বা পাজোলানা (puzzolana) সিমেন্ট থেকে আলাদা বোঝানো হয়। এটি আগ্নেয়গিরির উদ্গীরণে প্রাপ্ত শিলার চূর্ণীকৃত অবস্থা।

### জিওলাইট :

জিওলাইটসমূহ উন্মুক্ত সছিদ্র গঠনযুক্ত অ্যালুমিনোসিলিকেট—এদের মধ্যে সমসংখ্যক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন আছে। কৃত্রিমভাবে তৈরি হলে এদের নাম হয় পারম্যাটিট। Na-ঘটিত (অর্থাৎ সোডিয়াম অ্যালুমিনোসিলিকেট;  $(x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{Al}_2\text{O}_3)$  জিওলাইট / পারম্যাটিট জলের মৃদুকরণে ব্যবহৃত হয়। সেক্ষেত্রে এরা ক্যাটায়ন বিনিময়কারী হিসাবে আচরণ করে :



Ca / Mg পারম্যাটিটকে গাঢ় NaCl দ্রবণ সহযোগে পুনরুজ্জীবিত করা হয়।

### কাঁচ :

প্রধানতঃ সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ গলিয়ে অতিশীতল করলে (অর্থাৎ তৎক্ষণাৎ কম তাপমাত্রায় নামিয়ে আনলে), একটি স্বচ্ছ কঠিন পাওয়া যায়। একে কাঁচ বলে। সাধারণ কাঁচ বা লাইম সোডা কাঁচ-এর আনুমানিক গঠন  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2$ । সাদা সিলিকা (আয়রন 0.045-0.015%, বেশি আয়রন কাঁচের গুণ নষ্ট করে), সোডা (সোডা অ্যাশ বা  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{C}$  মিশ্রণ) ও চূনাপাথর 20 : 7-10 : 3 অনুপাতে মিশ্রণ, ভাঙা কাঁচ (10-90%) মিশিয়ে 1700 K তাপমাত্রায় প্রকোষ্ঠ চুল্লিতে উত্তপ্ত করা হয়। আয়রন-ঘটিত রঙ নষ্ট করতে  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KNO}_3$  ইত্যাদি যোগ করা হয়। বাতাস বেরিয়ে গিয়ে স্বচ্ছ তরলাকৃতি ধারণ করলে, একে শীতল করে লেই আকৃতিতে এনে বিভিন্নরূপ দেওয়া হয়। অনেক ধরণের কাঁচ আছে। ভালো কাঁচে শুধু সিলিকেটের বদলে বোরোট ও সিলিকেটের মিশ্রণ থাকে।

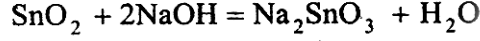
খৃষ্টের জন্মের আগেই প্রাচীন ভারতে কাঁচের প্রচলন ছিল। তবে 2000-1500 খৃঃ পূর্বাব্দে মিশরে প্রথম কাঁচশিল্প গড়ে ওঠে বলে অনুমান করা হয়। মিশর থেকে রোম, কনস্টান্টিনোপোল ও ভেনিস হয়ে সমগ্র ইউরোপে এর ব্যবহার ছড়িয়ে পড়ে।

বোরোট থাকলে কাঁচ তাপসহ হয়। বোরোসিলের মত বোরোট কাঁচ তাই রান্নার তৈজস বানাতে ব্যবহৃত হয়। লেন্স, প্রিজম্ ইত্যাদি তৈরিতে লেড অক্সাইড ( $\text{CaO}$ -র বদলে বা সঙ্গে মিশিয়ে) যুক্ত কাঁচ ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম-কাঁচ নরম, পটাসিয়াম-কাঁচ শক্ত।  $\text{Cu}_2\text{O} / \text{Au} / \text{Se}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{Co}_2\text{O}_3$  /  $\text{CuO}$  যোগ করে কাঁচের রঙ লাল, সবুজ, হলুদ, বেগুনি, কালো ও নীল করা হয়।  $\text{SnO}_2$  / ফ্লোরস্পার /  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  দিয়ে দুধ-কাঁচ তৈরি হয়। কাঁচের অজস্র ব্যবহার তো আপনারা জানেনই।

### Ge, Sn ও Pb-এর অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ :

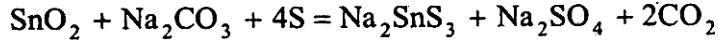
$\text{O}_2$ -এর প্রবাহে Ge-কে তীব্র উত্তপ্ত করলে Ge ও গাঢ়  $\text{HNO}_3$ -এর বিক্রিয়ায়  $\text{GeO}_2$  (সাদা কঠিন, গলনাংক 1360 K) পাওয়া যায়। গলিত  $\text{GeO}_2$  ঠাণ্ডা করলে স্বচ্ছ কাঁচের মত হয়। এর দুটি রূপভেদ আছে—একটি কোয়ার্ৎস ও অপরটি ক্যাসিটেরাইট-এর সমাকৃতি।  $\text{GeO}_2$  জলে অদ্রাব্য,  $\text{HCl}$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $\text{GeCl}_4$  উৎপন্ন করে। এটি মৃদু আণ্বিক অক্সাইড এবং ক্ষারের সঙ্গে সিলিকেটের সমাকৃতি জারমেন্ট  $\text{GeO}_3^{2-}$  দেয়।

SnO<sub>2</sub> (সাদা গুঁড়া) পাওয়া যায় টিন ধাতুকে বাতাসে পুড়িয়ে বা মেটাষ্ট্যানিক অ্যাসড (Sn ও গাঢ় HNO<sub>3</sub>-এর বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত)-কে উত্তপ্ত করে। জলে ও গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ছাড়া অন্যান্য অ্যাসিডে অদ্রব্য। গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-এর সঙ্গে অস্থায়ী টিন (IV) সালফেট উৎপন্ন হয়। SnO<sub>2</sub> প্রকৃতিতে ক্যাসিটারাইট (বা টিন মেটাল) খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়। SnO<sub>2</sub> উভধর্মী অক্সাইড, তবে আয়নিক ধর্মই প্রধান। কস্টিক সোডা সহযোগে গলালে সোডিয়াম স্ট্যান্টেট (জলে দ্রবণীয়) পাওয়া যায় :



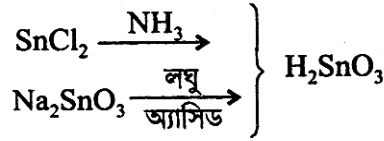
দ্রবণকে উদ্বায়িত করলে Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O (Na-মেটাষ্ট্যান্টেট) পাওয়া যায়। জলীয় অণু তিনটি দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ হওয়ায় এর প্রকৃত সংকেত Na<sub>2</sub>[Sn(OH)<sub>6</sub>], K<sub>2</sub>[Sn(OH)<sub>6</sub>] সংশ্লিষ্ট Pb ও Pt-যৌগের সমাকৃতি।

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ও সালফার চূর্ণের সঙ্গে গলালে সোডিয়াম থায়োস্ট্যান্টেট পাওয়া যায় :

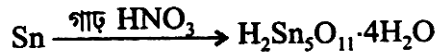


স্ট্যান্টিক অ্যাসিড দুটি অ্যাসিডের নিরুদক—α-স্ট্যান্টিক অ্যাসিড (H<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>) ও β-স্ট্যান্টিক অ্যাসিড (মেটাষ্ট্যান্টিক অ্যাসিড, H<sub>2</sub>SnO<sub>5</sub>·4H<sub>2</sub>O)।

শৈল্পিক ক্ষেত্রে SnO<sub>2</sub>-এর নাম 'পুটি' (putty) পাউডার। পালিশের কাজে, টালির গ্লেজ, দুধ-কাঁচ ও ইলেকট্রিক বাব্বের আবরণ তৈরিতে লাগে।

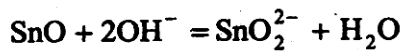


H<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>, HCl-এ দ্রবণীয় এবং দ্রবণে রেখে দিলে β-স্ট্যান্টিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে অধঃক্ষিপ্ত হয়। টিন ও গাঢ় HNO<sub>3</sub>-এর বিক্রিয়ায় এটি উৎপন্ন হয় :

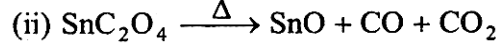
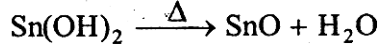
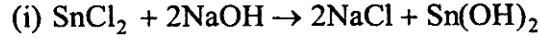


শীতল কস্টিক সোডা β-স্ট্যান্টিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে স্বল্প দ্রবণীয় সোডিয়াম মেটাষ্ট্যান্টেট Na<sub>2</sub>Sn<sub>5</sub>O<sub>11</sub>·4H<sub>2</sub>O উৎপন্ন করে, ফ্লোর দিয়ে গলালে কিন্তু উৎপন্ন হয় দ্রবণীয় α-স্ট্যান্টেট, Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>. উভয় অ্যাসিডই ফ্লোর দ্রবণীয় এবং অ্যাসিড দিয়ে পুনরধঃক্ষিপ্ত হয়। β-অ্যাসিড α-অ্যাসিড অপেক্ষা মৃদু।

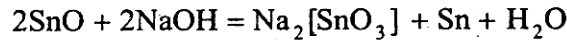
স্ট্যানাস অক্সাইড SnO উভধর্মী তবে SnO<sub>2</sub> অপেক্ষা বেশি ফ্লোরকীয়। ফ্লোরীয় দ্রবণে স্ট্যানাইট উৎপন্ন হয়; সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড স্ট্যানাস অ্যাসিড H<sub>2</sub>SnO<sub>2</sub> পাওয়া যায় না :



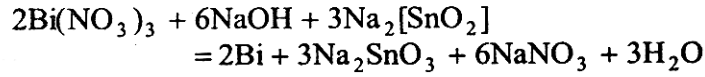
SnO (গাঢ় ধূসর কঠিন) পাওয়া যায় :



গাঢ় ক্ষার দ্রবণে SnO / Sn(OH)<sub>2</sub> স্বতঃজারিত-বিজারিত হয় :

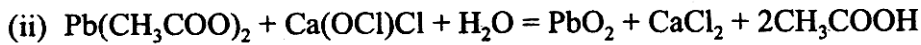
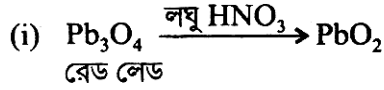


স্ট্যানাইট দ্রবণ Bi<sup>3+</sup> লবণকে বিজারিত করে কালো বিস্মাথ অধঃক্ষিপ্ত করে। PbCl<sub>2</sub> এই বিক্রিয়াকে হ্রাসিত করে :



সাধারণ নিয়মই এই যে একই মৌলের উচ্চতর জারণসংখ্যা বিশিষ্ট অক্সাইড, কম জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সাইড অপেক্ষা বেশি আক্সিক।

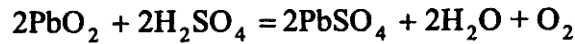
লেড ডাইঅক্সাইড (চকোলেট, অনিয়তাকার) তৈরি হয় :



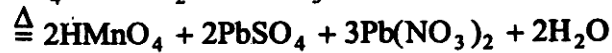
লেড অ্যাসিটেট

(iii) PbO-কে NaCl দ্রবণে আলম্বিত করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটালে উৎপন্ন হাইপোক্লোরাইট PbO<sub>2</sub> উৎপন্ন করে।

PbO<sub>2</sub> জল, নাইট্রিক অ্যাসিড, লঘু HCl / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। গরম HCl / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> থেকে যথাক্রমে Cl<sub>2</sub> ও O<sub>2</sub> উৎপন্ন করে :



Mn (II) কে HNO<sub>3</sub> মাধ্যমে জারিত করে Mn (VII) উৎপন্ন করে :

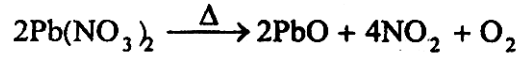


575 K-র উপরে এটি বিয়োজিত হয় :  $2\text{PbO}_2 = 2\text{PbO} + \text{O}_2$



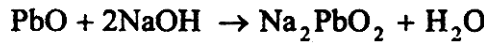
লেডের আরও দুটি অক্সাইড জানা আছে : (i) লেড মনোক্সাইড (লিথার্জ বা ম্যাসিকট), PbO, এবং (ii) রেড লেড (মিনিয়াম) Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

লেডকে বাতাসে পুড়িয়ে হলুদ গুঁড়া ম্যাসিকট পাওয়া যায়। একে উত্তাপে গলিয়ে ফেলে, ঠাণ্ডা করে, গুঁড়া করলে লালচে হলুদ লিথার্জ পাওয়া যায়। শিল্প-পদ্ধতি হল বাতাসের উপস্থিতিতে লেডকে পরাবর্ত চুল্লীতে উত্তপ্ত করা, উপরে ভেসে ওটা গলিত লিথার্জকে ক্রমাগত সংগ্রহ করে নেওয়া হয়। তারপর ঠাণ্ডা ও গুঁড়া করে বায়ুপ্রবাহ দ্বারা ভারী লেড কণা থেকে আলাদা করা হয়। লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করেও এটি পাওয়া যায় :

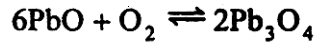


875 K-র উপরে লেডের অন্য অক্সাইডগুলি PbO হয়ে পড়ে। PbO, H<sub>2</sub> / C / CO দ্বারা Pb-এ বিজারিত হয়।

এটি ক্ষারকীয় অক্সাইড। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় Pb (II) লবণ তৈরি করে। কিন্তু গরম ক্ষারীয় দ্রবণেও দ্রবীভূত হয়ে প্লাম্বাইট তৈরি করে :



লিথার্জকে 48 ঘন্টা ধরে বাতাসের উপস্থিতিতে মাফল চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়, তাপমাত্রা রাখা হয় 615 K. তাপমাত্রা বেশি বাড়তে দেওয়া হয় না। 745 K-তে এটি বিয়োজিত হয় :

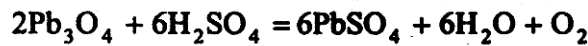


লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে এটি লেড নাইট্রেট (দ্রবণীয়) ও PbO<sub>2</sub>-র অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে— এতে প্রমাণিত হয় যে এটি 2PbO.PbO<sub>2</sub>.

PbO<sub>2</sub> লেড-সঞ্চয়ক কোষে, দেশলাই প্রস্তুতিতে ও জারক পদার্থ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। PbO রঙ ও বার্নিশ তৈরিতে শুষ্ককারী পদার্থ হিসাবে ব্যবহৃত, লেড লবণ, রেড লেড, ফ্লিন্ট কাঁচ ও গ্লেক্স তৈরিতেও লাগে।

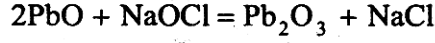
মনে করা হয়, এটি আসলে প্লাম্বাস অর্থোপ্লাম্বেট, Pb<sup>II</sup>[Pb<sup>IV</sup>O<sub>4</sub>]

গাঢ় HCl এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় Cl<sub>2</sub> এবং গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় O<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। Mn (II) কে MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>-এ জারিত করে :

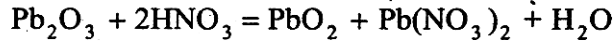


রঞ্জন-রশ্মি পরীক্ষায় দেখা যায় যে রেড লেডের গঠন স্তরীয়, প্রতিটি PbO<sub>2</sub> স্তর দুটি PbO-র স্তরের মধ্যে স্যাণ্ডউইচের মত অবস্থিত।

লেডের আরেকটি অক্সাইডও জানা আছে—লেড সেসকুই অক্সাইড  $Pb_2O_3$  যা প্রকৃতপক্ষে প্লাম্বাস মেটা প্লাস্টেট  $Pb^{II}[Pb^{IV}O_3]$ । তৈরি হয় নিচের বিক্রিয়ায় :



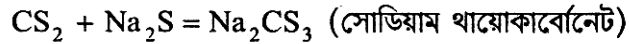
লালচে হলুদ অনিয়তাকার যৌগটি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে  $PbO_2$  ও  $Pb(II)$  নাইট্রেট উৎপন্ন করে :



রেড লেডকে প্লাম্বারের সিমেন্ট বলে, রেডির তেলের সঙ্গে মিশিয়ে এটি পাইপ জুড়তে লাগে; লাল রঙ হিসাবে, তেল রঙ-এ শুষ্ককারক হিসাবে, ফ্লিন্ট কাঁচ ও দেশলাই তৈরিতে, জারক হিসাবে, লোহার উপর ক্ষয়নিরোধক আস্তরণ দিতে এর ব্যবহার আছে।

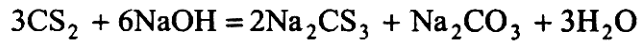
সালফাইডসমূহ :

সালফাইডসমূহের ধর্ম অক্সাইডের সমান্তরাল, শুধু এরা পরিষ্কারভাবে অক্সাইডের চেয়ে কম আক্লিক। তুলনীয় সালফাইডসমূহ :  $CS_2$  (বর্ণহীন, দাহ্য তরল),  $SnS$  (বাদামী),  $SnS_2$  (হলুদ) ও  $PbS$  (কালো)। শেষের চারটিই কঠিন। মৃদু আক্লিক ধর্ম  $C \rightarrow Pb$  কমতে থাকে। যেমন :

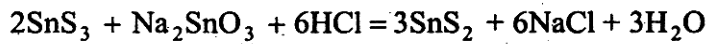
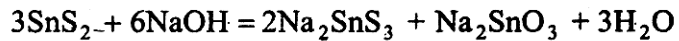
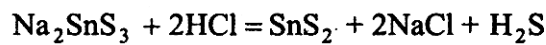
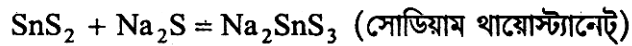


[অ্যাসিড যোগ করলে  $Na_2CS_3$  থেকে  $CS_2$  মুক্ত হয়; এমন কী  $CO_2$ -র মত মৃদু অ্যাসিডও এতে সক্ষম :  $Na_2CS_3 + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + CS_2 + H_2S$ ]

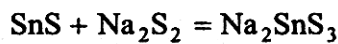
ক্ষারীয় দ্রবণে তৈরি হয় কার্বোনেট ও থায়োক্যার্বোনেটের মিশ্রণ :



$SnS$  অ্যালকালি সালফাইড / কস্টিক অ্যালকালি / ইয়োলো অ্যামোনিয়াম সালফাইড দ্রবণে প্রায় অদ্রবণীয়।  $SnS_2$  কিন্তু দ্রবণীয়। দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করলে  $SnS_2$  পুনরধঃক্ষিপ্ত হয়। এই বিক্রিয়ায় বোঝা যায় যে,  $SnS_2$ -র আক্লিক ধর্ম  $SnS$ -এর চেয়ে বেশি :

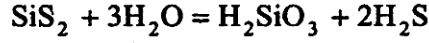


$SnS$  অ্যালকালি পলিসালফাইড (বা ইয়োলো অ্যামোনিয়াম সালফাইড) দ্রবণে দ্রবীভূত হয়—উৎপন্ন হয় থায়োস্ট্যাননেট :

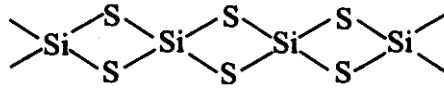


Sn, উত্তপ্ত গাঢ় HCl এ দ্রবণীয়—এতে টিনের ধাতব ধর্ম ফুটে ওঠে। কম ধাতব সালফাইড  $As_2S_3$  অদ্রবণীয়। এই ধর্মের সুবিধা নিয়ে As, Sn ও Sb-এর বৈশ্লেষণিক ক্ষেত্রে পৃথকীকরণ সম্ভব।

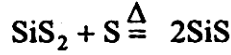
PbS গরম লঘু (1:5) নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়। ক্ষারীয় দ্রবণে এটি দ্রবীভূত হয় না।  $SiS_2$ , সিলিকন ডাইসালফাইড বর্ণহীন রেশমী সূঁচের মত কেলাস, সাধারণ তাপমাত্রায় শুষ্ক বাতাসে সুস্থির, কিন্তু জলে দ্রুত আর্দ্রবিপ্লিষ্ট হয়ে হাইড্রোজেন সালফাইড ও সিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :



এর গঠন তন্তু-কেলাসীয় বহুযৌগিক; S পরমাণুগুলি সালফারের চারদিকে চতুষ্তলকীয়ভাবে সজ্জিত :



Si-এর একটি মনোসালফাইডও আছে :



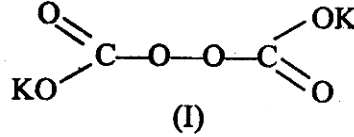
অনুশীলনী—6

- (1)  $PbI_4$  পাওয়া যায় না কেন?
- (2)  $SnCl_2$  দ্রবণে HCl ও Sn / Zn যোগ করা হয় কেন?
- (3)  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  353 K তাপমাত্রায় এক অণু জল হারায় কেন?
- (4)  $Pb^{2+}$  বৈশ্লেষণিক I ও II উভয় শ্রেণীতেই আছে কেন?
- (5) গ্রামাঞ্চলে শীতকালে একটি বন্ধ ঘরে হ্যারিকেনের শিখা ছোট করে রেখে এক দম্পতি ঘুমিয়ে ছিলেন, সকালে তাঁদের মৃত দেখা গেল। কারণ কী বলতে পারেন?
- (6)  $CCl_4$  আর্দ্রবিপ্লিষ্ট হয় না,  $SiCl_4$  হয় কেন?
- (7)  $GeF_2$ ,  $SnCl_2$ -র গঠন দেখান।
- (8) শুষ্ক বরফ কী? এর ব্যবহার উল্লেখ করুন।
- (9)  $SiO_4^{4-}$  জানা আছে, কিন্তু  $CO_4^{4-}$  জানা নেই। কেন?

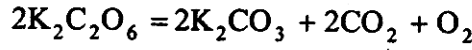
## 5.4 কার্বন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিষয়সমূহ

### 5.4.1 পারক্সোকার্বোনেটসমূহ

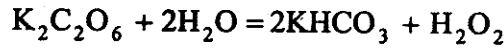
263 K তাপমাত্রায় উঁচু তড়িৎপ্রবাহ ঘনত্রে গাঢ়  $K_2CO_3$  দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষণে ফিকে নীল বর্ণের পটাশিয়াম পারক্সিকার্বোনেট  $K_2C_2O_6$  (I) পাওয়া যায় :



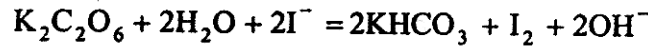
তাপপ্রদানের ফলে এটি বিয়োজিত হয় :



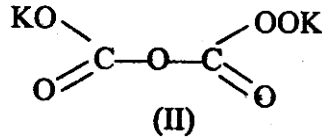
বরফ-ঠাণ্ডা জলে এটি ধীরে ধীরে আর্দ্রবিস্তিষ্ট হয় :



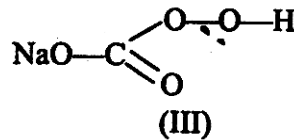
এটি KI থেকে দ্রুত  $I_2$  উৎপন্ন করে :



273 K তাপমাত্রায়  $CO_2$ ,  $Na_2O_2$  ও বরফের মিশ্রণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে আরেকটি পার-অক্সোঅ্যাসিড (II) উৎপন্ন করে—যা (I) এর সমাকৃতি :



কেরোর অ্যাসিডের মত একটি পারক্সোকার্বোনেট (III) পাওয়া যায় সোডিয়াম হাইড্রোপারক্সাইড পারহাইড্রেট  $NaOOH \cdot \frac{1}{2}H_2O_2$ -এর সঙ্গে  $CO_2$ -র বিক্রিয়ায় :



একটি ডাইসোডিয়াম পারঅক্সো মনোকার্বোনেট  $Na_2CO_4 \cdot 1.5H_2O$  পাওয়া গেছে বরফ মিশ্রিত  $Na_2O_2$ -র মধ্যে  $CO_2$  পাঠিয়ে। এখানে পারক্সোঅ্যাসিডের দুটি H-ই Na দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়েছে।  $Na_2O_2$  এবং কার্বনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়াতেও  $Na_2CO_4$  পাওয়া যায়।  $2NaO_2 + COCl_2 = Na_2CO_4 + 2NaCl + \frac{1}{2}O_2$ . 30%  $H_2O_2$ -এর মধ্যে ক্ষার ধাতুর কার্বোনেট

দ্রবীভূত করলে, স্বল্প দ্রাব্য লিথিয়াম লবণের ক্ষেত্রে কিছু না ঘটলেও,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -এর ক্ষেত্রে  $\text{Na}_2\text{CO}_4 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  পাওয়া গেছে।  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -র ক্ষেত্রে  $\text{CO}_3^{2-}$  ও  $\text{H}_2\text{O}_2$ -এর অনুপাতের উপর নির্ভর করে বিভিন্ন যৌগ পাওয়া যায়। যেমন,  $\text{K}_2\text{CO}_4 \cdot 2.5 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}$  এবং  $\text{K}_2\text{CO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$  (III)-এর অনুরূপ অন্যান্য ক্ষার ধাতুর লবণও পাওয়া গেছে।

লক্ষণীয় : কেরোর অ্যাসিডের ডাইসোডিয়াম লবণ পাওয়া যায়নি।

#### 5.4.2 কাবাইডসমূহ

কার্বনের যে সমস্ত দ্বি-মৌলিক যৌগে কার্বন কম অথবা প্রায় সমান অপরাধর্মী মৌলের সঙ্গে যুক্ত থাকে, তাদের কাবাইড বলে। N, P, O, S ও হ্যালোজেনের সঙ্গে যৌগসমূহ এই গোষ্ঠী থেকে বাদ পড়ে।

কাবাইড তিন শ্রেণীর—(ক) আয়নীয় বা লবণ-প্রতিম (salt-like) কাবাইড, (খ) গহ্বরীয় (interstitial) কাবাইড ও (গ) সমযোজী কাবাইড।

(ক) লবণ-প্রতিম বা আয়নীয় কাবাইড

পর্যায় সারণির 1, 2, 3, 11, 12 ও B-ব্যতীত 13 শ্রেণীর মৌলসমূহ দ্বারা গঠিত হয় এই ধরনের কাবাইড। এরা বর্ণহীন, স্বচ্ছ কেলাস গঠনবিশিষ্ট, কঠিনাবস্থায় তড়িৎ বহন করে না। এদের কেলাস-জাফরি আয়নীয়, C-অ্যানায়নের মধ্যবর্তী গহ্বরে ধাতব-ক্যাটায়ন থাকে। এরা জল ও অ্যাসিডে সহজেই বিয়োজিত হয় এবং এই বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয়, সেই অনুসারে শ্রেণীবিন্যাস্ত হয়; অর্থাৎ কেলাসে উপস্থিত কার্বন অ্যানায়নের প্রকৃতি অনুসারে এরা তিন ভাগে বিন্যস্ত। (i) অ্যাসিটাইডসমূহ, (ii) মিথেনাইডসমূহ, (iii) অ্যালাইলাইডসমূহ।

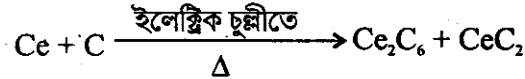
(i) অ্যাসিটাইডসমূহ : এরা আর্দ্রবিপ্লবে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে এবং  $\text{C}_2^{2-}$  ( $:\text{C}:::\text{C}:^{2-}$ ) অ্যানায়ন বা যে সমস্ত অ্যানায়নকে এই সংকেত আনুমানিকভাবে আরোপ করা যায়—ধারণ করে।  $\text{Ca}^{2+} \text{C}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HC} \equiv \text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$  এদের সাধারণ সংকেত হতে পারে  $\text{M}_2^{I}\text{C}_2$  [ $\text{M} \equiv 1, 2$  শ্রেণীর ধাতু];  $\text{M}^{II}\text{C}_2$  [ $\text{M} \equiv$  ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু, Zn, Cd, Hg, ল্যাঙ্কানাইড (যেমন; La, Ce ইত্যাদি)];  $\text{M}^{III}\text{C}_3$  (প্রকৃতপক্ষে  $\text{M}_2^{III}\text{C}_6$ ) [ $\text{M} \equiv \text{Al, Ce, La, Pr, Tb}$ ]।  $\text{ThC}_2, \text{UC}_2, \text{VC}_2$  এই শ্রেণীর অন্তর্গত বিবিধ যৌগের মধ্যে পড়ে। এক্ষেত্রে  $\text{C}_2^{2-}$  আয়ন এমনভাবে বিন্যস্ত থাকে যে ধাতুগুলি তাদের স্বাভাবিক জারণসংখ্যা দেখায়।

ক্ষার ধাতুর মধ্যে Li সরাসরি C-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{Li}_2\text{C}_2$  দেয়, আর সব ক্ষার ধাতু অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে উত্তাপনে বা তরল অ্যামোনিয়া ধাতুর দ্রবণে  $\text{C}_2\text{H}_2$  পাঠালে অ্যাসিটাইড দেয়।

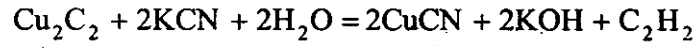
অ্যামোনিয়া মিশ্রিত Cu (I), Ag (I), Au (I) দ্রবণে বা  $\text{NaAu}^I(\text{S}_2\text{O}_3)$  দ্রবণে  $\text{C}_2\text{H}_2$  পাঠিয়ে সংশ্লিষ্ট অ্যাসিটাইড পাওয়া যায়।  $\text{ZnC}_2 + \text{CdC}_2$  পাওয়া যায় পেট্রোলে সংশ্লিষ্ট মৌলের ডাইঅ্যালকিল যৌগের দ্রবণে  $\text{C}_2\text{H}_2$  পাঠিয়ে।

উত্তপ্ত ধাতুর মধ্য দিয়ে  $C_2H_2$  পাঠিয়ে  $BeC_2$  (720 K),  $MgC_2$  (773 K) ও  $Al_2C_6$  (720–773 K) পাওয়া যায়।  $MgEt_2$ -র মধ্যে  $C_2H_2$  পাঠিয়েও  $MgC_2$  পাওয়া যায়। অক্সাইডের সঙ্গে ইলেক্ট্রিক চুল্লীতে C উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়  $CaC_2$ ,  $SrC_2$ ,  $BaC_2$ . Hg (I) অ্যাসিটেট দ্রবণে ও  $K_2HgI_4$ -এর ক্ষারীয় দ্রবণে  $C_2H_2$  পাঠিয়ে যথাক্রমে  $Hg_2C_2 \cdot H_2O$  এবং  $HgC_2$  পাওয়া যায়।

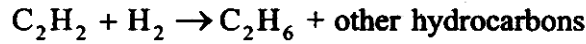
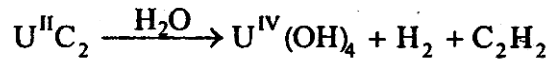
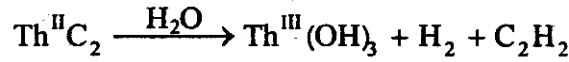
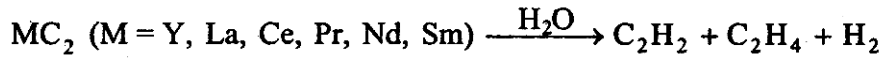
$MC_2$  (M = Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Th, U) পাওয়া যায় অক্সাইড ও C ইলেক্ট্রিক চুল্লীতে উত্তপ্ত করে। আবার :



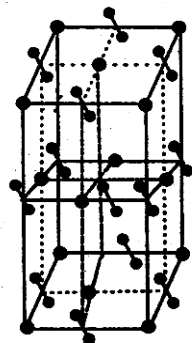
$M_2C_2$  (M = Cu, Ag, Au) অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে, কিন্তু জলে আদ্রবিশিষ্ট হয় না। গরম লঘু HCl বা KCN দ্রবণের বিক্রিয়ায়  $C_2H_2$  উৎপন্ন হয় :



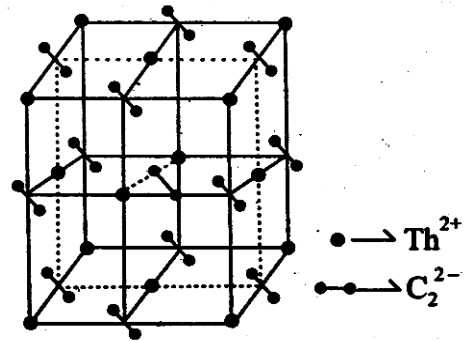
কিছু অন্য ধরনের বিক্রিয়াও ঘটে :



অ্যাসিটাইলাইডসমূহের NaCl ধরনের কেলাস-জাফরি থাকে, কিন্তু  $(-C \equiv C)^{2-}$  আয়ন একক কোষটিকে লম্বাটে করে ফেলে, যেমনটি ঘটে  $CaC_2$ -তে। এভাবে একটি অক্ষ অপর দুটো অপেক্ষা লম্বা হয়ে ঘনকাকার প্রতিসাম্য চতুর্কোণীয় (tetragonal) প্রতিসাম্যে বিকৃত হয়ে পড়ে (চিত্র 5.12)।  $ThC_2$  তে  $C_2^{2-}$  আয়ন চিৎ (flat) হয়ে সমান্তরাল তলে এমনভাবে অবস্থান করে যে দুটি অক্ষ তুলনায় সমানভাবে লম্বাটে হয়ে পড়ে (চিত্র 5.13)।



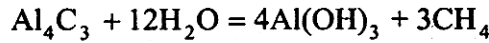
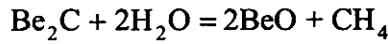
চিত্র 5.12



চিত্র 5.13

বিরল মৃত্তিকা কাবাইডসমূহে ধাতব পরমাণুটি  $C_2^{2-}$  গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় দুটি ( $M^{2+}$  গঠনের জন্য) ইলেক্ট্রনই ছাড়ে না, তৃতীয় একটি ইলেক্ট্রন ও প্রধানতঃ  $C_2^{2-}$  গ্রুপের অবক্ষীকরণ (non-bonding) কক্ষকে দেয়, ফলে C—C বন্ধ (যেটি  $CaC_2$ -তে 119 পিকোমি.) দীর্ঘতর হয়ে পড়ে। ধাতব পরমাণু তাই ত্রি-যোজী হয়ে পড়ে। এছাড়াও এই ধরনের যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে অন্যধরনের আরও ছড়ানো (delocalised) মিথস্ক্রিয়া থাকে—তাই এদের ধর্ম ধাতব।  $M_2C_6$  যৌগসমূহে ধাতব পরমাণু ত্রি-যোজী, C—C দূরত্ব 124–128 পিকোমিটার।

(ii) মিথেনাইডসমূহ :  $Be_2C$  ও  $Al_4C_3$  আর্দ্রবিশ্লেষণে মিথেন উৎপন্ন করে বলে এই নাম। এরা  $C_4^{3-}$  গ্রুপ ধারণ করে।

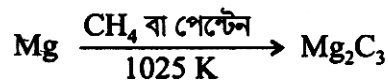


প্রস্তুতি : মৌল + C  $\xrightarrow{1800\text{ K}}$  মিথেনাইড

এরা অ্যাসিটাইডের চেয়ে শক্ত।  $Be_2C$ -র গঠন অনেক সরল—অ্যান্টিফ্লুরাইট গঠন [ $CaF_2$ -র F স্থানে Be এবং Ca-এর জায়গায় C]।  $Al_4C_3$  গঠন অনেক জটিল, তবে C-পরমাণুগুলি এককভাবে অবস্থান করছে।

(iii) অ্যালাইলাইডসমূহ : এদের মধ্যে  $C_3^{4-}$  গ্রুপ থাকে এবং আর্দ্রবিশ্লেষণে এরা অ্যালাইলিন উৎপন্ন করে। একটিইমাত্র এ ধরনের যৌগ জানা আছে।  $Mg_2C_3$ ।

প্রস্তুতি :



আয়নীয় কাবাইডের আয়নীয় চরিত্র ধাতুর খন্যাত্মক চরিত্রের উপর নির্ভরশীল।  $Be_2C$ ,  $Al_4C_3$ ,  $SiC$  ক্রমে আয়নীয় থেকে সমযোজী চরিত্রে ক্রম পরিবর্তন লক্ষণীয়। কারণ  $Be \rightarrow Si$  পরাতড়িৎধর্মিতার হ্রাস। দ্বিতীয় প্রধান কারণটি হল ধাতুর আকার এবং যোজ্যতা। ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা গোষ্ঠীর বড় ধাতুগুলি মিথেনাইড উৎপন্ন করে না। এর প্রধান কারণ জায়গার সীমাবদ্ধতা। ক্ষার ধাতুর ক্ষেত্রে মিথেনাইড উৎপন্ন করতে গেলে অ্যানায়নের ঘনসন্নিবিষ্ট গঠনে অনেক বেশিসংখ্যক ক্যাটায়ন থাকার প্রয়োজন। ক্ষারীয় মৃত্তিকার গোষ্ঠীর ক্ষেত্রে ক্যাটায়নের আকার এতই বড় যে C-জাকরির প্রচুর বিকৃতি ঘটে এবং  $C_2^{2-}$  অ্যানায়নে ভেঙ্গে পড়ে। ফলে মিথেনাইড গঠিত না হয়ে অ্যাসিটাইড উৎপন্ন হয়।

(খ) গহ্বরীয় কাবাইড : এরা আবার দু'ধরনের।

(A) প্রধানতঃ 4,5,6-শ্রেণীর সন্ধিগত মৌলই এই ধরনের কাবাইড উৎপন্ন করে। MC ধরনের কাবাইড পাওয়া যায় Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, W ও MO-এর ক্ষেত্রে, আর  $M_2C$  পাওয়া যায় V, Mo, W-এর ক্ষেত্রে।

প্রস্তুতি :

(i) ধাতু ও কার্বনের সরাসরি বিক্রিয়ায়, (ii) C ও অক্সাইডের বিক্রিয়ায়  $\sim 2300$  K তাপমাত্রায়, (iii) কম চাপে  $CH_4$ -এর মধ্যে ধাতুর তারকে তড়িৎ পাঠিয়ে গরম করার প্রক্রিয়ায় এবং (iv)  $CH_4$  ও ধাতুর ক্লোরাইডের মধ্যে টাংস্টেনের তার গরম করে।

এই কাবাইডগুলিতে ঘন সন্নিবিষ্ট ধাতব পরমাণু সজ্জার অষ্টতলকীয় গর্তে C-পরমাণু অবস্থান করে। এরা রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের পরিপন্থী (non-stoichiometric)। খুব উঁচু গলনাংক, মোহ-শ্বেলে 7-10 (বেশিরভাগ ক্ষেত্রে 9-10) দৃঢ়তা, ধাতব পরিবাহিতা প্রভৃতি বৈশিষ্ট্য এভাবে ব্যাখ্যাত হতে পারে। কাবাইড গঠনে ধাতুর ইলেক্ট্রন-বিন্যাস পরিবর্তিত হয় না, পরন্তু C-পরমাণু কেলাস-জাফরিকে সুস্থিরতর করে। দৃঢ়তাও গলনাংক বাড়ার কারণ এটাই (TaC 4150 K; HfC 4160 K; TaC ও ZrC 4215 K. শেষোক্ত মান এতাবৎ স্জাত উচ্চতম গলনাংক)। ধাতব গঠনের বিকৃতি না ঘটিয়ে গহুরে C-পরমাণুর অবস্থানের শর্ত এই যে গহুর ও ধাতুর আকার বড় হতে হবে (130 পিকোমি. বা তার বেশি ব্যাসার্ধের)।

এই কাবাইড অস্বচ্ছ; তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহিতা কমে। এরা অতিপরিবাহিতা (supraconductivity) দেখায়। NbC 10.1 K তাপমাত্রায় অতিপরিবাহী। এরা স্বল্প পরিমাণে অয়শ্চুম্বকীয় (paramagnetic) এবং রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। যন্ত্র ও ছাঁচ তৈরিতে এদের ব্যবহার আছে।

(B) Fe-ধরনের কাবাইড : 130 পিকোমিটারের কিছু কম ব্যাসার্ধযুক্ত Cr, Mn, Fe, Co, Ni এই ধরনের কাবাইড উৎপন্ন করে। এদের কেলাস-জাফরি কিছুটা বিকৃত এবং C-পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে জড়িত। মোটামুটি বলা যায় যে C-শৃঙ্খল (C—C দূরত্ব 165 পিকোমি), বিকৃত ধাতব জাফরির মধ্য দিয়ে প্রলম্বিত।

$Cr_3C_2$  ও  $M_3C$  (M = Mn, Fe, Co, Ni) জল ও অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অনেক রকমের হাইড্রোকার্বন (কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়;  $Fe_3C$  মুক্ত C-ও দেয়) ও  $H_2$  দেয়। কাজেই এরা আয়নীয় ও গহ্বরীয় কাবাইডের মাঝামাঝি।  $Fe_3C$  ( $Mn_3C$  ও স্পিজেলিসেস (Fe, Mn) $_3C$ -র সমাকৃতি)-এ ধাতব পরমাণু সৃষ্ট ত্রিকোণ প্রিজমের তৈরি গহুরে C-পরমাণু অবস্থান করে। ঢালাই লোহা ও ইস্পাতে  $Fe_3C$  (সিমেন্টাইট) থাকে; কোহেলাইট [(Fe, Co, Ni) $_3C$ ] থাকে কোন কোন উষ্ণপিণ্ডে;  $Cr_3C_2$  তৈরি হয় বৈদ্যুতিক চুম্বিতে  $Cr_2O_3$  ও C-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে।  $Cr_3C_2$  অম্ল ও ক্ষারে নিষ্ক্রিয়।

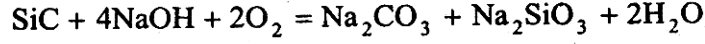
(গ) সমযোজী কাবাইড

যদিও  $Be_2C$ -এর মত কাবাইডগুলি অন্ততঃ আংশিক সমযোজী, Si এবং B এই মৌল দুটি আকারেও অপরাতড়িৎধর্মীতায় C-এর কাছাকাছি হওয়ায় সমযোজী কাবাইড উৎপন্ন করে। সিলিকন কাবাইড (SiC), সাধারণতঃ কার্বোরাশ্যাম অভিধায় উল্লিখিত যৌগটি ভীষণ দৃঢ়, বিগলিত হয় না,



রাসায়নিকভাবে খুবই নিষ্ক্রিয় এবং তৈরি হয়  $\text{SiO}_2$  ও কার্বনকে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে 1800–2500 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে।

শিল্পে উৎপাদিত পদার্থ কালো এবং অমসৃণ নিয়তাকার ও বর্ণবিকাসী। অবশ্য বিশুদ্ধ SiC স্বচ্ছ, বর্ণহীন (বা সবুজ) নিয়তাকার। রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, তবে বায়ুর উপস্থিতিতে বিগলিত কষ্টিক সোডায় জারিত হয় :



এর তিনটি গঠনগত রূপভেদ আছে। সবকটিতেই Si ও C পরমাণুর অসীম ত্রি-মাত্রিক সজ্জা বিদ্যমান। প্রতিটি পরমাণু অন্যধরণের চারটি পরমাণু দিয়ে চতুস্তলকীয়ভাবে ঘেরা। তিনটি রূপভেদে তারা পরস্পরের সঙ্গে সম্পর্কিত এমনভাবে যেমনটি থাকে (i) ডায়মণ্ডে, (ii) জিফ্র ব্লেণ্ডে ও (iii) উর্ৎসাইট (এক ধরণের ZnS)-এ। এটি পালিশ করার কাজে ব্যবহৃত হয়, কারণ এর দৃঢ়তা ডায়মণ্ডের পরেই। চুল্লির তাপনিরোধক আস্তরণ দিতেও এটি লাগে।

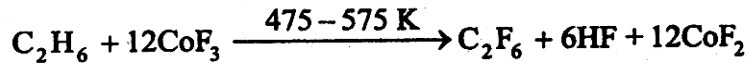
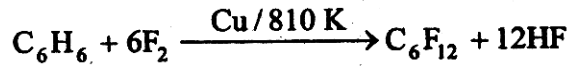
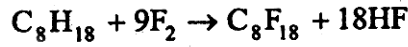
বোরন কাবাইড  $\text{B}_4\text{C}$  ( দৃঢ়তা 9.32) বৈদ্যুতিক চুল্লিতে  $\text{B}_2\text{O}_3$  ও C-এর বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়। [এর সম্বন্ধে বিস্তারিত 13 শ্রেণীর আলোচনায় আছে]

### 5.4.3 ফ্লুরোকার্বন ও ফ্রিয়নসমূহ

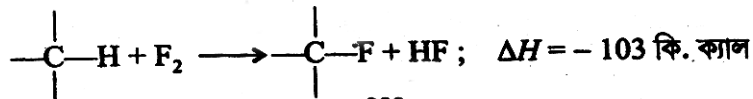
কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত হাইড্রোকার্বনের সজ্জাত যৌগসমূহ, যাদের হাইড্রোজেন পরমাণুসমূহ পূর্ণতঃ বা অংশতঃ ফ্লুরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত, তাদের বলা হয় ফ্লুরোকার্বন, যেমন  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$  ইত্যাদি। হাইড্রোজেন কে ফ্লুরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করার ফলে যৌগগুলির তাপীয় স্থিতিশীলতা এবং রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা, উভয়ই বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হাইড্রোজেনের তুলনায় ফ্লুরিন পরমাণুর বড় আকার ও C—F বন্ধের অধিকতর স্থায়িত্ব (C—F বন্ধশক্তি 490 কি. জু. মোল<sup>-1</sup>, C—H-এর 414 কি. জু. মোল<sup>-1</sup>)। অম্ল, ক্ষার, জারক, বিজারকসমূহের সঙ্গে ফ্লুরোকার্বনের বিক্রিয়া ঘটে না।

প্রস্তুতি :

হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে সরাসরি অথবা অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফ্লুরিনের বিক্রিয়ায় বা হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে  $\text{CoF}_3$ ,  $\text{AgF}_2$ ,  $\text{MnF}_3$  ইত্যাদি ফ্লুরিনীকারক বিকারকের বিক্রিয়া ঘটিয়ে ফ্লুরোকার্বন পাওয়া যায় :

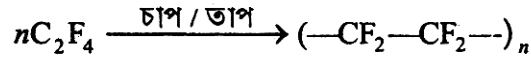


সরাসরি বিক্রিয়া প্রভূত তাপদায়ী :



হাইড্রোকার্বনের মত ফ্লুরোকার্বনরাও অনির্দিষ্ট দৈর্ঘের কার্বন শৃঙ্খল গঠনে সক্ষম। এরা অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না, কারণ F-এর সঙ্গে বন্ধ C-এর জারিত হবার প্রবণতা কম। তবে গলিত সোডিয়ামের সঙ্গে এদের বিক্রিয়া ঘটে। প্রজ্জ্বলিত করলে এরা C—C বন্ধেই ভাঙ্গে, C—F বন্ধে নয়।

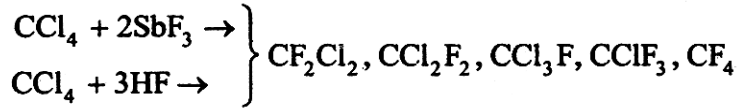
CF<sub>4</sub> সরলতম ফ্লুরোকার্বন। এটি বর্ণহীন গ্যাস; কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ও সিলভার ফ্লুরাইডের (575 K) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। পারফ্লুরোইথেন C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, ইথেন C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-এর অনুরূপ। টেট্রাফ্লুরোইথিন C<sub>2</sub>F<sub>4</sub> তাপ প্রভাবে বা জলীয় প্রলম্বনে বহুযৌগিত করে রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় পলিটেট্রাফ্লুরোইথিন (PTFE) পাওয়া যায়। এর বাণিজ্যিক নাম টেফলন



টেফলনের ঘর্ষণ গুণাঙ্ক খুবই কম। এটি রান্নার কাজে ব্যবহৃত বাসনপত্রের ‘নন-স্টিক’ সুরক্ষা-আস্তরণ দেবার কাজে ব্যবহৃত হয়। রেড, বেয়ারিং প্রভৃতির আস্তরণ দিতেও এটি ব্যবহৃত হয়।

মিশ্র ক্লোরোফ্লুরোকার্বনের (যেমন, CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, CFCl<sub>3</sub>, CF<sub>3</sub>Cl ইত্যাদি) সমষ্টিগত নাম ফ্রিয়নস্। এরা উদ্বায়ী, রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় এবং তাপীয়ভাবে স্থায়ী। ফ্রিয়ন বলতে সাধারণতঃ CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> কে বোঝায়। এদের প্রস্তুত করা হয় সোয়ার্ট-এর (Swart's) বিক্রিয়ায় অর্থাৎ ক্লোরো জৈব যৌগের সঙ্গে SbCl<sub>5</sub> অনুঘটকের উপস্থিতিতে SbF<sub>3</sub>-এর বিক্রিয়ায়। অনার্দ্র HF ও SbCl<sub>5</sub> বিকারক/অনুঘটক ব্যবহৃত হয়।

‘ফ্রিয়ন-11’ হল CCl<sub>3</sub>F; ‘ফ্রিয়ন-22’ হল CF<sub>2</sub>ClH; ‘ফ্রিয়ন-12’ হল CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>



ফ্রিয়নরা বর্ণহীন, অবিষাক্ত, অদাহ্য গ্যাস। এরা ক্ষয়কারী নয়, ধাতুকে সাধারণ তাপমাত্রায় আক্রমণ করে না। এদের বেশ একটা সুবিধাজনক বিন্দুতির স্ফুটনাংক আছে, যেমন, CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>-র 243 K. চাপ প্রদানের ফলে এরা সহজেই তরল হয় এবং উদ্বায়নের সময় প্রচুর তাপ শোষণ করে। তাই এদের ব্যবহার হয় রেফ্রিজারেটরে এবং এরোসেল সংবাহকরূপে। CF<sub>3</sub>CHBrCl<sub>2</sub> একটি নিরাপদ চেতনানাশক। ‘গ্রীণ-হাউস গ্যাস’ হিসাবে ফ্রিয়নসমূহ বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাইঅক্সাইডের চেয়েও সক্রিয়।

আপনারা ওজোন-এর অধ্যায়ে জেনেছেন কীভাবে ফ্রিয়নসমূহ ওজোন-স্তর নষ্ট করছে। তবে এদের ক্লোরিন অংশই এ ব্যাপারে বেশি দায়ী। তাই ফ্রিয়নের পরিবর্তে ফ্লুরোকার্বনের ব্যবহার বেশি হচ্ছে ও হবে।

#### অনুশীলনী—7

- (1) K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>6</sub>-এ কার্বনের জারণসংখ্যা বের করুন।
- (2) ফ্রিয়নের ব্যবহার উল্লেখ করুন। এরা কীভাবে পরিবেশের ক্ষতি করে?
- (3) ফ্রিয়ন এক শ্রেণীর যৌগের নাম। সাধারণভাবে ফ্রিয়ন বলতে কী বুঝায়?
- (4) (CN)<sub>2</sub>-কে কাবাইড বলা যাবে কী? আপনার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দিন।
- (5) Be<sub>2</sub>C → Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> → SiC ক্রমে আয়নীয় ধর্ম থেকে সমযোজী ধর্মে উত্তরণ দেখা যায়। এর কারণ কী?

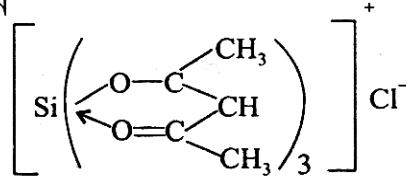
- (6) ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর মিথেনাইড পাওয়া যায় না কেন?
- (7) এভাবে দেখা সবচেয়ে বেশি গলনাংক কোন পদার্থের? কত? এই উচ্চ গলনাংকের কারণ কী?
- (8) গহ্বরীয় কাবাইড গঠনের প্রধান শর্ত কী? Fe-টাইপ কাবাইড সত্যিকারের গহ্বরীয় কাবাইড নয় কেন?
- (9) মোহ-র স্কেলে প্রথম তিনটি পদার্থের নাম করুন।
- (10) অ্যালাইলাইডের উদাহরণ দিন। এর এই নামকরণের যুক্তি কী?

## 5.5 সিলিকন রসায়নের বিশিষ্ট বিষয়সমূহ

### 5.5.1 ক্যাটায়নীয় সিলিকন

সিলিকনের অপরাতিউৎসর্মিতা এতই কম যে সরল ক্যাটায়ন সৃষ্টির হবে না, তবে জটিল ক্যাটায়ন জানা আছে। উদাহরণ স্বরূপ, অ্যাসিটাইলঅ্যাসিটোন জটিল যৌগ ক্যাটায়নীয়, প্রশম নয়।

এরকম জটিল যৌগে সিলিকন অ্যাটম অষ্টতলকীয় যোজ্যতার অবস্থায় থাকে। তিনটি অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন অণু অংশগ্রহণ করে, অর্থাৎ সর্বগাংক ছয়। Si পরমাণু তার চারটি ইলেকট্রনের একটি বের করে দেয়, আর তিনটি অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন অণু তিনটি সমযোজী ও তিনটি অসমযোজী বন্ধনে বদ্ধ থাকে, ফলে ধনাত্মক একযোজী জটিল যৌগ উৎপন্ন হয়। একে প্রশমিত করতে জটিলায়ন চৌহদ্দির বাইরে একটি ঋণাত্মক আয়ন থাকা প্রয়োজন। এর গঠন

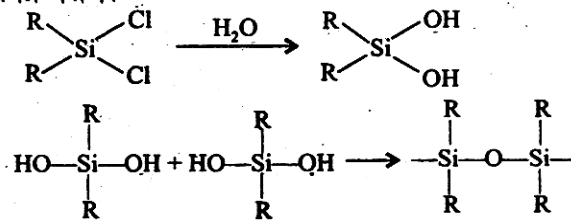


ক্রোরোফর্ম দ্রবণে  $\text{SiCl}_4$  ও অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন মিশালেই যৌগটি পাওয়া যায়।

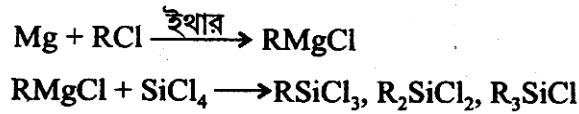
অধঃক্ষিপ্ত পদার্থের গঠন  $[\text{SiAc}_3]\text{Cl} \cdot \text{HCl}$ , যেখানে  $\text{Ac} \equiv$  অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন।  $[\text{SiAc}_3][\text{AuCl}_4]$  আরেকটি এরকম যৌগ।

### 5.5.2 সিলিকোনসমূহ

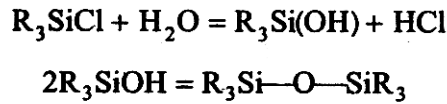
সিলিকন-অক্সিজেন-সিলিকন ( $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ ) বন্ধনযুক্ত এক শ্রেণীর জৈব সিলিকন বহুযৌগিক পদার্থসমূহের নাম সিলিকোন। অ্যালকিল (বা অ্যারিল) ক্রোরোসিলেন (যেমন,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$  ইত্যাদি)-এর আর্দ্রবিশ্লেষণে সাধারণতঃ এরা তৈরি হয়ে থাকে। এফ. এস. কিপলিং-এর মৌলিক গবেষণাই এদের প্রথম পরিচায়িত করে। তিনি দেখলেন যে অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত ক্রোরোসিলেন আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে প্রত্যাশিত কিটোনের অনুরূপ সিলিকন যৌগ উৎপন্ন না করে, বহুযৌগিত দীর্ঘ-শৃঙ্খল সিলিকোন উৎপন্ন করল।



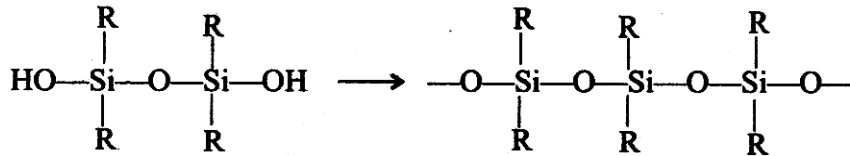
সিলিকোনের শিল্পোৎপাদনের প্রারম্ভিক পদার্থ হল অ্যালকিল (বা অ্যারিল) প্রতিস্থাপিত ক্লোরোসিলেনসমূহ। তাদের আবার পাওয়া যায় অ্যালকিল (বা অ্যারিল) ক্লোরাইড বাষ্পকে 675 K তাপমাত্রায় Cu-Si সংকরের মধ্য দিয়ে পাঠিয়ে; কপারের ভূমিকা অনুঘটকের (হার্ড ও রশো-র পদ্ধতি)। ক্লোরোমিথাইল সিলেনের জন্য এই ভূমিকা বেশি ফলপ্রসূ; আর এটিই সিলিকোন তৈরির জন্য ব্যবহৃত হয়। তপ্ত Cu-Si সংকরের মধ্য দিয়ে মিথাইলক্লোরাইড বাষ্প পাঠালে ক্লোরোমিথাইল সিলেনের  $[CH_3SiCl_3, (CH_3)_2SiCl_2, (CH_3)_3SiCl]$  প্রভৃতি ] মিশ্রণ পাওয়া যায়। আংশিক পাতনের সাহায্যে উপাদানগুলিকে পৃথক করে নেওয়া হয়। অপর অ্যালকিল বা অ্যারিল প্রতিস্থাপিত পদার্থ পেতে হলে সাধারণতঃ গ্রীগনার্ড বিকারক ব্যবহৃত হয় :



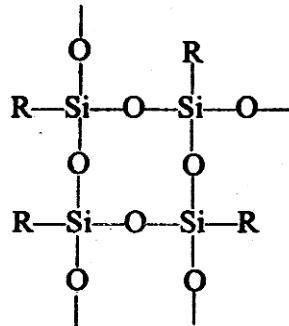
পরের ধাপ আর্দ্রবিপ্লবের। ট্রাইঅ্যালকিলমনোসিলেন  $R_3SiCl$ -এর আর্দ্রবিপ্লবে হেক্সা-অ্যালকিলসিলক্সেন পাওয়া যায়।



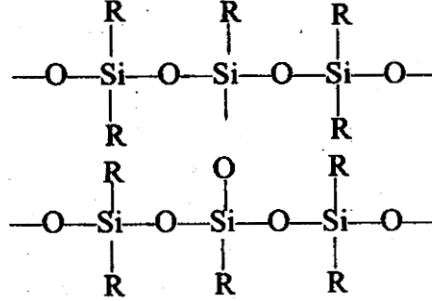
ডাই-অ্যালকিলক্লোরোসিলেন আর্দ্রবিপ্লবের ফলে সরল শৃঙ্খল বহুযৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, এবং শৃঙ্খলের দুই দিকে দুটি সক্রিয়  $-OH$  গ্রুপ রয়ে যাবার দরুণ শৃঙ্খল পাশের দিকে বাড়তে থাকে।



মনোঅ্যালকিল ট্রাইক্লোরোসিলেন  $RSiCl_3$  থেকে একটি বেশ জটিল পার্শ্ব-সংযোজিত (cross-linked) বহুযৌগিক পাওয়া যায় :



RSiCl<sub>3</sub> ও R<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub>-র মিশ্রণে নিচের নমুনার মত একটি পার্শ্ব-সংযোজিত বহুযৌগিক পাওয়া যায় :



যদি R<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub>-র সঙ্গে অল্প পরিমাণ R<sub>3</sub>SiCl মিশিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয় তবে R<sub>3</sub>SiCl, R<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub> উৎপাদিত শৃঙ্খলের দুই দিক বন্ধ করে দেবে, কারণ এর একমাত্র একটি কারকপুঞ্জ আছে; এভাবে শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্য সীমিত করা সম্ভব। অল্প পরিমাণ RSiHCl<sub>2</sub> কখনো কখনো যোগ করা হয়, উদ্দেশ্য কয়েকটি পার্শ্ব-বন্ধ সৃষ্টি করা বা অন্য অণু সংযুক্ত করার সুবিধা করা। বিক্রিয়কের মিশ্রণের তারতম্য ঘটিয়ে কোন নির্দিষ্ট ধরণের বহুযৌগিক উৎপন্ন করা যায়। Si—O বন্ধ দূরত্ব প্রত্যাশিত দূরত্ব (177 পিকোমি.) অপেক্ষা সামান্য কম। বন্ধের আয়নীয় প্রকৃতিও হিসাবের চেয়ে কম।

সিলিকোন অত্যন্ত দামী জিনিস, তবে এর কিছু মূল্যবান ধর্মও আছে। মূলতঃ তারা তড়িৎ-অন্তরক হিসাবেই পরিকল্পিত হয়েছিল, কারণ এদের তাপ স্থিতিশীলতা জৈব বহুযৌগিকের চেয়ে বেশি, আর বিয়োজিত হলে এরা C-এর মত পরিবাহী পদার্থ উৎপন্ন করে না। এদের স্থায়িত্ব ও নিষ্ক্রিয়তা স্থায়ী সিলিকানরূপ পরমাণু বিন্যাস Si—O—Si—O—Si এবং খুব উঁচু Si—O বন্ধ-শক্তির (502 কি. জু. মোল<sup>-1</sup>) জন্য।

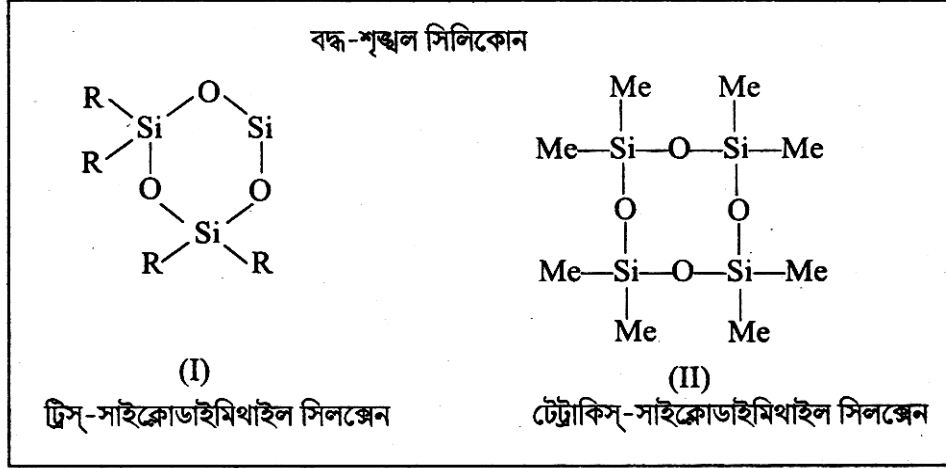
20 থেকে 500 এককের সরলরৈখিক বহুযৌগিক সিলিকোন তরল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। শৃঙ্খল-দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধির সঙ্গে সান্দ্রতা ও স্ফুটনাংক বাড়ে। জৈব পার্শ্ব-গ্রুপগুলির জন্য এরা জল-প্রতিরোধী। সিলিকোন রাবার হল 6000-7000 একক দীর্ঘ, স্থানে স্থানে পার্শ্ব-বন্ধযুক্ত বহুযৌগ—এতে সূক্ষ্ম বিভাজিত সিলিকা ও গ্রাফাইট পূরক (filler) হিসাবে মেশানো থাকে। অল্প পরিমাণ বেনজয়েল পারক্লাইড দিয়ে গরম করে সিলিকোন রাবারকে ভালকানাইজড (দৃঢ়ীকৃত) করা হয়।

সিলিকোন বহুযৌগসমূহ 475 K পর্যন্ত তাপসহ—সবচেয়ে বেশি তাপসহ পার্শ্ব-গ্রুপ হচ্ছে ফিনাইল গ্রুপ, তারপরে যথাক্রমে Me, Et, Pr গ্রুপসমূহ স্থায়িত্বে নিম্নক্রমানুসারে। বায়ুতে উত্তপ্ত করলে 625 K-675 K পর্যন্ত সিলিকোনসমূহ দ্রুত জারিত হয়ে যায়, পার্শ্ব-বন্ধ তৈরি হয়। বহুযৌগগুলি ভঙ্গুর হয়ে ফেটে যায়, কম আণবিক ওজনের বহুযৌগ গঠিত হয়, বন্ধ-শৃঙ্খলও গঠিত হয়ে পড়ে। বায়ুর অনুপস্থিতিতে তীব্র তাপে সিলিকোন নরম হয়ে পড়ে এবং উদ্বায়ী যৌগ গঠিত হয়, কিন্তু জারিত ও পার্শ্ব-বন্ধ গঠিত হয় না। এই বহুযৌগগুলি জলপ্রতিরোধী কাপড় ও কাঁচের তৈজস তৈরিতে, পিচ্ছিলকারক হিসাবে, পালিশের কাজে ও ফেনানিরোধী দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

সিলিকোন রাবার 180 K থেকে 625 K তাপমাত্রা পর্যন্ত স্থিতিস্থাপকতা বজায় রাখে—তাই এদের ব্যবহার অনেক সুবিধাজনক। এরা ভালো ধরণের তড়িৎ-অন্তরক।

সিলিকোন রেজিন বেকেলাইটের মত দৃঢ়তাসম্পন্ন বহুযোগ এবং বহুল পরিমাণে পার্শ্ব-বন্ধ সমন্বিত। এদের ব্যবহার হয় তড়িৎ-অস্তরক হিসাবে এ কাজের জন্য অনেক সময় অতিরিক্ত দৃঢ়তা আরোপ করার জন্য কাঁচ-তন্তুর সঙ্গে মিশিয়ে নেওয়া হয়। বাসনাদির গায়ে 'নন্-স্টিক' আস্তরণ দেওয়ার কাজে, রঙ ও বার্ণিশ হিসাবে এবং সৌখের বাইরে জল-প্রতিরোধী আস্তরণ দেওয়ার জন্য এরা ব্যবহৃত হয়।

এতসব বাণিজ্যিক ব্যবহারের জন্যই এদের বার্ষিক উৎপাদন ~ 5,00,000 টন। পাশ্চাত্য দেশে এটি দ্বিতীয় সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ জৈব ধাতব যৌগ বলে পরিগণিত।



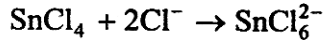
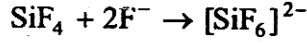
অনুশীলনী—৪

- (1) কোন্ সিলিকন যৌগ নিম্নলিখিত বিশেষ কাজে ব্যবহৃত হয়?
  - (a) নিরুদক
  - (b) ক্যাটায়ন বিনিময়কারী
  - (c) পিচ্ছিলকারক
  - (d) তাপীয় অস্তরক
- (2) দুটি বদ্ধ-শৃঙ্খল সিলিকোন-এর নামসহ গঠন দিন।
- (3) সিলিকোনের তিনটি ব্যবহার উল্লেখ করুন।
- (4) সিলিকোন রাবার কীভাবে দৃঢ়ীকৃত হয় (vulcanised)? জৈব রাবার-এর দৃঢ়ীকরণের সঙ্গে এর তফাৎ কী?

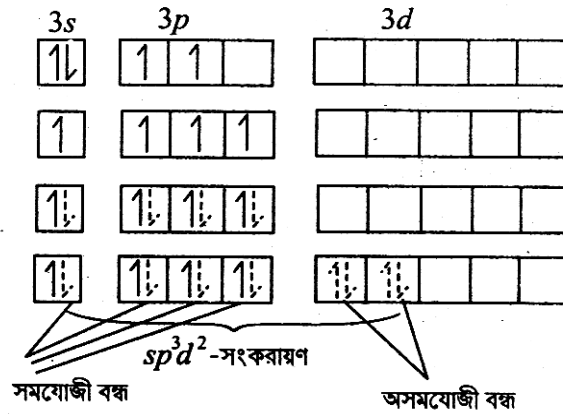
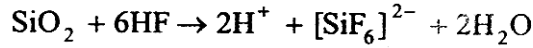
## 5.6 14 শ্রেণীর মৌলের জটিলযোগ গঠন

জটিলযোগ গঠনের প্রবণতা বৃদ্ধি পায় (i) উচ্চ আধান, (ii) ছোট আকার ও (iii) উপযুক্ত শক্তি সমন্বিত খালি কক্ষের উপস্থিতি। কার্বনের অবস্থিতি দ্বিতীয় পর্যায়ে এবং এর বর্হিতম কক্ষে 4টি ইলেক্ট্রন আছে। এর 4-সমযোজী যৌগে বর্হিতম কক্ষে সর্বোচ্চ সংখ্যক অর্থাৎ 8টি ইলেক্ট্রন থাকে। তখন এর গঠন

বর গ্যাসের (Ne) মত হওয়ায় এই যৌগগুলি সুস্থির এবং কার্বন জটিল যৌগ গঠন করে না। *d*-কক্ষকের উপস্থিতি এবং প্রাপ্তব্যতার দরুণ পরবর্তী মৌলসমূহের সর্বগাঙ্ক 4 থেকে 6-এ বৃদ্ধি পেতে পারে।



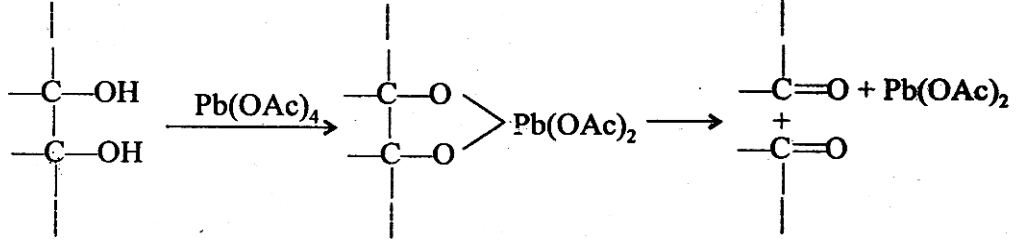
VSEPR তত্ত্ব থেকে দেখা যায় যে, যেহেতু 6টি বর্হিতম ইলেক্ট্রন জোন আছে, যৌগগুলি অষ্টতলকীয় হবে। যোজ্যতাবন্ধ তত্ত্ব অনুযায়ী 4টি সমযোজী ও 2টি অসমযোজী বন্ধ দরকার হবে একটি অষ্টতলকীয় যৌগ গঠিত হতে গেলে। যেমন ধরুন  $\text{SiF}_6^{2-}$  ভূমিস্তরে Si-এর ইলেক্ট্রন-বিন্যাস; উত্তেজিত অবস্থায় Si-পরমাণু  $\text{SiF}_4$  অণুতে চারটি F-পরমাণু থেকে 4টি ইলেক্ট্রন নেওয়ার পর Si-পরমাণুর ইলেক্ট্রন-বিন্যাস  $[\text{SiF}_6]^{2-}$ , এখানে দুটি অতিরিক্ত  $\text{F}^-$  থেকে  $2 \times 2 = 4$ টি ইলেক্ট্রন নিয়ে অসমযোজী বন্ধ গঠিত হয়েছে।  $\text{SiO}_2$  এবং জলীয় HF-এ বিক্রিয়ায়  $[\text{SiF}_6]^{2-}$  উৎপন্ন হয় :



$[\text{SiF}_6]^{2-}$  জটিল যৌগটি জল ও ক্ষারে সুস্থির, কিন্তু শ্রেণীর অন্য মৌলগুলির অনুরূপ আয়ন কম সুস্থির।  $[\text{GeF}_6]^{2-}$  ও  $[\text{SnF}_6]^{2-}$  ক্ষার দ্রবণে আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়; আর  $[\text{PbF}_6]^{2-}$  ক্ষার ও জলে আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়। Ge, Sn, Pb ক্লোরো জটিল যৌগ, যেমন,  $[\text{PbCl}_4]^{2-}$  ও অক্সালেট জটিল যৌগ যেমন,  $[\text{Pb}(\text{Ox})_2]^{2-}$  গঠন করে।

লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_4$  (বর্ণহীন, কঠিন) পাওয়া যায় রেড লেড ও গ্রেসিঅ্যাল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়। জলের সঙ্গে এর বিক্রিয়ার প্রবণতা অত্যন্ত বেশি; জৈব যৌগে এটি নির্দিষ্ট

জারণের কাজে ব্যবহৃত হয়। কার্বোহাইড্রেটে যেমন আছে তেমনি 1,2-ডিহাইড্রল (গ্লিসিকল) বন্ধ ভাঙতে এর ব্যবহার সুবিধিত :



## 5.7 গুচ্ছ যৌগসমূহ (Cluster Compounds)

14-শ্রেণীর নিচের দিকের মৌলগুলির বহুপরমাণুক (polyatomic) যৌগ গঠনের প্রবণতা সুবিধিত। একপ যৌগ শৃঙ্খলাকার, বন্ধশৃঙ্খল বা গুচ্ছ যৌগ হতে পারে।

তরল অ্যামোনিয়াম Na দিয়ে Ge, Sn ও Pb কে বিজারিত করলে কয়েকটি পরমাণুযুক্ত আয়ন পাওয়া যাবে। এগুলি ধাতব গুচ্ছ। ইথিলিন ডাই-অ্যামিন বা ক্রিপ্ট লিগ্যান্ড-এর সঙ্গে জটিল যৌগ গঠনের মাধ্যমে গুচ্ছ আয়নবিশিষ্ট কেলাসাকার যৌগ পাওয়া যায়। উদাহরণ,  $[Na(\text{ক্রিপ্ট})]_2^+ [Sn_5]^{2-}$ ,  $[Na(\text{ক্রিপ্ট})]_2^+ [Pb_5]^{2-}$ ,  $[Na_4en_5Ge_9]$  ও  $[Na_4en_5Sn_9]$ .  $M_5$  গুচ্ছের গঠন ত্রিকোণাকার দ্বি-পিরামিডীয় এবং  $M_9$  জটিল একাবরণ বর্গ প্রতিপ্রিজমীয় (unicapped square anti-prism)।

বর্গ প্রতি প্রিজম-এর অর্থ : একটি ঘনক; এর শীর্ষতলটির 4টি কোণ নিচের তলের সাপেক্ষে  $45^\circ$  কোণে আবর্তিত। একাবরণ  $\equiv$  একটি তল থেকে একটি অতিরিক্ত পরমাণু উদগীর্ণ।

## 5.8 নিরীক্ষা ও পরিমাপন

কার্বন :

CO ফিকে নীল শিখায় ছলে,  $CO_2$  উৎপন্ন করে, এটি চূনের জলকে ঘোলা করে।

প্ল্যাটিনাম/প্যালাডিয়াম ক্লোরাইড ভিজানো কাগজ গোলাপী/সবুজ/কালো হয়; CO ক্লোরাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে।

বাতাসে সামান্য CO-এর উপস্থিতি জানার জন্য রক্তকে সংশ্লিষ্ট পরিবেশে উন্মুক্ত রেখে, বাঁকিয়ে বর্ণালীবীক্ষণে নিরীক্ষণ করা হয়। শুদ্ধ রক্তে দুটো শোষণ পটী দেখা যাবে, অ্যামোনিয়াম সালফাইড যোগ করলে তা অদৃশ্য হবে। CO-দূষিত রক্তে পটী দুটি অ্যামোনিয়াম সালফাইডে অদৃশ্য হবে না।

কার্বক্সিমোগ্রোবিন ট্যানিন দ্রবণে লাল অধঃক্ষেপ ফেলে, শুদ্ধ রক্ত ফেলে বাদামী অধঃক্ষেপ।

পরিমাপনের জন্য (i) CO কে  $I_2O_5$ -এর সঙ্গে 'বিক্রিয়া করানো হয়। প্রাপ্ত  $I_2$  ( $I_2O_5 + 5CO = I_2 + 5CO_2$ ) থায়ো দিয়ে অনুমাপিত হয়। (ii)  $CO_2$  কে কস্টিক পটাস ও  $O_2$  কে



ক্ষারীয় পাইরোগ্যালাইট দিয়ে শুষ্ক নিয়ে অ্যামোনিয়াখাটিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড-এ CO কে শোষিত করা হয়। তারপর বর্ণালীবীক্ষণে পরীক্ষিত হয়।

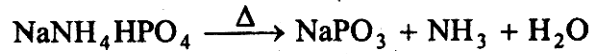
CO<sub>2</sub> চূনের জলকে ঘোলা করে, কিন্তু অম্লীকৃত ডাইক্রোমেটকে সবুজ করে না। পরিমাপনের জন্য CO<sub>2</sub> কে NaOH দ্রবণে শুষ্ক নিয়ে ওজন করা হয় বা ব্যারাইটা দ্রবণে শুষ্ক নিয়ে অতিরিক্ত ব্যারাইটাকে প্রমাণ অ্যাসিড দিয়ে ফিনলথ্যালাইন সূচকের উপস্থিতিতে অনুমাপন করা হয়।

CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> কে অ্যাসিড দিয়ে CO<sub>2</sub> করে তার নিরীক্ষা করা হয়।

**সিলিকন :**

মূলতঃ সিলিকা বা সিলিকেট হিসাবে-এর নিরীক্ষা ও পরিমাপন হয়। 5.3.3 (ঙ) অংশের 'সিলিকা' অধ্যায়ে নিরীক্ষা বলা হয়েছে। আর্সেনেট ও মলিবডেট অনুরূপ নিরীক্ষা দেখায় বলে সামান্য অম্লিক অ্যাসিড দিয়ে এদের প্রভাব দূর করা হয়। আবার টার্টারিক অ্যাসিড কেলাস যোগ করে AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> / SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-এর প্রভাব দূর করে PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> নিরীক্ষিত হতে পারে।

আরেকটি পরীক্ষায় মাইক্রোকস্মিক লবণকে প্ল্যাটিনাম তারের আঙুটায় উত্তপ্ত করে গুটি তৈরি করা হয়, লবণ ছুইয়ে পুনরায় উত্তপ্ত করলে সুন্দর সিলিকা/সিলিকেটের কাঠামো দেখা যায়।



এই NaPO<sub>3</sub>-র গুটি তৈরি হয়।

খনিজে SiO<sub>2</sub> পরিমাপনের জন্য অন্য সব পদার্থ দূর করে প্ল্যাটিনাম মুচিতে উত্তপ্ত করে ওজন নেওয়া হয়। পরে HF সহ উত্তপ্ত করে SiO<sub>2</sub> দূর করে প্রকৃত ওজন বের করা হয়। SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> হলে তাকে SiO<sub>2</sub>-তে পরিণত করে এই পরীক্ষা করা হয়।

**জার্মেনিয়াম :**

বৈশ্লেষিক III A গ্রুপে হাইড্রজাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। Ge (IV) ~0.2 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণে অ্যামোনিয়াম মলিবডেট বিকায়কের সঙ্গে হলুদ জার্মেনিয়াম (IV) মলিবডেট জটিল অ্যানায়ন [Ge(Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>6</sub>]<sup>8-</sup> উৎপন্ন করে। একে Fe (II) (1.5-2 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> মাধ্যমে) দিয়ে বিজারিত করলে নীল বর্ণের যৌগ পাওয়া যায়; এর বর্ণালীবীক্ষণ পরিমাপন করা হয় (820-830 mμ)।

**টিন :**

গাঢ় HCl ও Zn মেশানো দ্রবণে Sn লবণ ফেলে অর্ধেক জল ভর্তি পরখনল দ্রবণে ডুবিয়ে জারক বুনসেন শিখার পাশে ধরলে নলের গা থেকে নীল প্রতিপ্রভা বের হয়। Sn বৈশ্লেষিক II B শ্রেণীর অন্তর্গত। Sn (II) ও Sn (IV) 0.3 N HCl মাধ্যমে H<sub>2</sub>S-র সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে SnS (বাদামী) ও SnS<sub>2</sub> (হলুদ) অধঃক্ষেপ ফেলে এরা (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub> বা NaOH (প্রথমটির ক্ষেত্রে একটু H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> যোগ করতে হয়)-এ দ্রবীভূত হয়। Sn (II), Hg (II) দ্রবণ থেকে Hg (I) (সাদা) ও Hg (কালো) অধঃক্ষেপ ফেলে।

ধাতু সংকরে Sn থাকলে গাঢ়  $\text{HNO}_3$  দিয়ে গরম করে  $\text{H}_2\text{Sn}_5\text{O}_{11}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (মেটাষ্ট্যানিক অ্যাসিড) রূপে অধঃক্ষিপ্ত করে উত্তপ্ত করে  $\text{SnO}_2$  হিসাবে ওজন নেওয়া হয়। অতঃপর  $\text{NH}_4\text{I}$  সহযোগে গরম করে  $\text{SnI}_4$  রূপে উদ্বায়িত করে ওজনের পার্থক্য থেকে তৌলিক পরিমাণ নির্ধারিত হয়।

বায়ু নিরুদ্ধ অবস্থায় বিজারিত করে প্রাপ্ত Sn (II) কে সরাসরি প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণ দিয়ে অনুমাপিত করা হতে পারে।

লেড :

Pb (II) মূলক বৈশ্লেষণিক I ও II (A)—উভয় শ্রেণীতেই অধঃক্ষিপ্ত হয়। I শ্রেণীতে প্রাপ্ত  $\text{PbCl}_2$  অধঃক্ষেপ গরম জলে দ্রবীভূত করে KI দ্রবণ যোগ করলে সোনালী হলুদ  $\text{PbI}_2$  অধঃক্ষিপ্ত হয়। এটিকে গরমজলে দ্রবীভূত করে ঠাণ্ডা করলে সোনার কুটির মত অধঃক্ষেপ পড়ে।  $\text{PbSi}\cdot 5\text{HNO}_3$ -এ দ্রবণীয় এবং গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  দিয়ে ধূমায়িত করে জল ও ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করলে  $\text{PbSO}_4$ -এর (সাদা) অধঃক্ষেপ পড়ে।

তৌলিক পদ্ধতিতে Pb (II)-কে  $\text{PbSO}_4$  বা  $\text{PbCrO}_4$  রূপে অধঃক্ষিপ্ত করে ওজন নেওয়া হয়। আয়তনিক পদ্ধতিতে  $\text{PbCrO}_4$ -কে লঘু  $\text{HCl}$  -এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত ক্রোমিক অ্যাসিডকে আয়োডোমিতিক উপায়ে পরিমাপিত করা হয়।

তাছাড়া ডাইথাইজেন (ডাইফিনাইল থায়োক্যার্বাজেন) দিয়ে ক্লোরোফর্মে Pb (II)-কে নিষ্কাশিত করে বর্ণালীবীক্ষণ পদ্ধতিতে পরিমাপিত করা যায় ( $\mu = 510 \text{ nm}$ )।

অনুশীলনী—9

- (1) টিনের প্রতিপ্রভা পরীক্ষাটি লিখুন। এর তত্ত্ব দাঁড় করাতে পারেন কি?
- (2) একটি Sn/Pb ধাতু সংকর-এর তৌলিক বিশ্লেষণের একটি ছক রচনা করুন।

## 5.9 সারাংশ

বর্তমান এককে আমরা পর্যায় সারণির 14 শ্রেণীর অর্থাৎ কার্বন গোষ্ঠীর মৌলগুলি সম্বন্ধে যা যা জানলাম আসুন তার সংক্ষিপ্তসার মনে করার চেষ্টা করি। এই পরিবারের সদস্যগুলি হল কার্বন, সিলিকন, জার্মেনিয়াম, টিন ও লেড। এদের বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আমরা পর্যাবৃত্তির নিরিখে আলোচনা করেছি।

- মৌলগুলির আবিষ্কারের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস জেনেছি; জেনেছি তারা প্রকৃতিতে কীভাবে এবং কী পরিমাণে অবস্থান করে; কী ভাবেই বা তাদের নিষ্কাশন সম্ভব। এর মধ্যে আবার উল্লেখযোগ্য অর্ধপরিবাহীর জন্য প্রয়োজনীয় অতি বিশুদ্ধ Si ও Ge তৈরির মণ্ডল বিশুদ্ধীকরণ পদ্ধতি ও সীসার সিলভার মুক্তিকরণের পদ্ধতিগুলি। আমরা মৌলগুলির ও তাদের উল্লেখযোগ্য যৌগসমূহের ব্যবহারও জেনেছি।
- মৌলসমূহের বিশেষ করে কার্বন ও টিনের বহুরূপতা আলোচিত হয়েছে। বিশেষ করে ফুলেরিনের পরিচয় আমরা পেয়েছি।

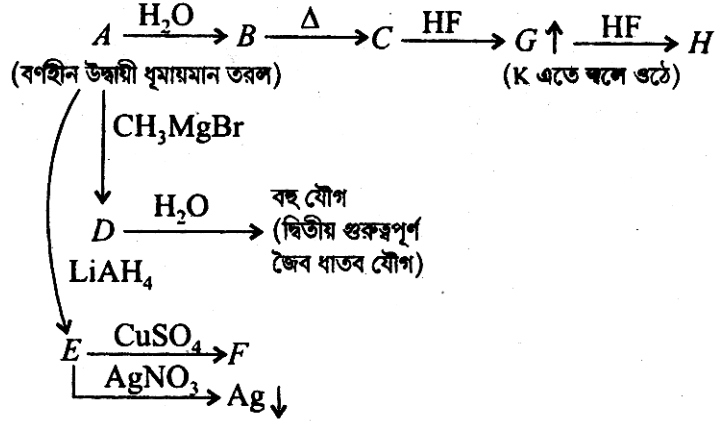
- ভৌত ধর্মের তুলনামূলক আলোচনার জন্য একটা সারণী উপস্থাপিত হয়েছে; অপরাতিউৎসর্ধর্মিতা ও আয়ন বিভব যে কার্বন থেকে লেডে কমতে থাকে তা দেখানো হয়েছে। সমযোজী ব্যাসার্ধের ক্রমও আলোচিত হয়েছে।
- রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করা হয়েছে। দেখানো হয়েছে নিচের দিকে যেতে গিয়ে +2 জারণসংখ্যা অর্থাৎ নিম্নতর জারণসংখ্যার স্থায়িত্ব বাড়ে। এ প্রসঙ্গে নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব উল্লিখিত হয়েছে। বহুবন্ধীভবন, দ্বি-বন্ধীভবন ও অন্তর্বন্ধীভবন আলোচিত হয়েছে।
- মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তার তুলনামূলক আলোচনা দেওয়া হয়েছে।
- এদের প্রধান প্রধান যৌগসমূহ, যেমন, হাইড্রাইড, হ্যালাইড, অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিড এবং সালফাইডসমূহের প্রস্তুতি, তুলনামূলক ধর্ম, যেমন স্থায়িত্ব, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম, গঠন, অম্ল/ক্ষার ধর্মিতা ইত্যাদি আলোচিত হয়েছে।
- বিভিন্ন ধরনের সিলিকেট ও তাদের গঠন আলোচিত হয়েছে। সংক্ষেপে মাইকা, অ্যাসবেস্টস, ক্লে, সিমেন্ট, জিওলাইট ও কাঁচের আলোচনা করা হয়েছে।
- কার্বনের রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ কয়েকটি বিষয় নিয়ে পৃথক আলোচনা হয়েছে। এদের মধ্যে আছে পারক্সোকার্বনেটসমূহ, কাবাইডসমূহ, ফ্লুরোক্যার্বন ও ফ্রিয়নসমূহ। কাবাইডের ক্ষেত্রে শ্রেণীবিভাগ, প্রত্যেক শ্রেণীর উদাহরণ দিয়ে তাদের প্রস্তুতি, বৈশিষ্ট্য, গঠন আলোচিত হয়েছে। ফ্লুরোক্যার্বন ও ফ্রিয়নসমূহের পার্থক্য নির্দেশ করে তাদের বৈশিষ্ট্য, প্রস্তুতি ও ব্যবহার আলোচিত হয়েছে।
- সিলিকন রসায়নের বিশিষ্ট বিষয়সমূহের আলোচনায় ক্যাটায়নীয় সিলিকনের উদাহরণ দেওয়া হয়েছে, সিলিকেনসমূহের বিশদ আলোচনা করে তাদের প্রস্তুতি, বৈশিষ্ট্য, প্রকার ও ব্যবহার আলোচিত হয়েছে।
- এরপর সংক্ষেপে 14 শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের জটিল যৌগ ও গুচ্ছ যৌগের কথা বলা হয়েছে।
- এই শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের, তাদের বিশেষ বিশেষ যৌগ ও মূলকের নিরীক্ষা ও পরিমাপের বিষয় আলোচিত হয়েছে।

## 5.10 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

- (1) কার্বন ও টিনের সর্বাধিক সম্ভাব্য জারণ সংখ্যা কী কী? এদের মধ্যে পার্থক্যের কারণ কী?
- (2) (a) ডায়মণ্ড ও গ্র্যাফাইটের গঠন আঁকুন।  
(b) এদের মধ্যে (i) ঘনত্ব, (ii) তড়িৎ পরিবাহিতা এবং (iii) দৃঢ়তা-র পার্থক্য ব্যাখ্যা করুন।
- (3) ফুলেরিন কী? এদের প্রস্তুতি, গঠন ও ব্যবহার সম্বন্ধে কী জানেন লিখুন।
- (4) CO ও CO<sub>2</sub>-র ব্যবহার লিখুন। এদের নিরীক্ষার পদ্ধতি বলুন।
- (5) CO ও CO<sub>2</sub>-র বন্ধ-প্রকৃতি ও গঠন আলোচনা করুন।

- (6) চুনজলে  $\text{CO}_2$  পাঠালে কী ঘটে? অতিরিক্ত  $\text{CO}_2$  পাঠালে এবং সর্বশেষ প্রাপ্ত দ্রবণকে উত্তপ্ত করলেই বা কী ঘটে? অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটায় এমন কোন গ্যাসের নাম করতে পারেন কী?
- (7) CO বিষাক্ত,  $\text{CO}_2$  নয়—কারণ ব্যাখ্যা করুন।
- (8) টিন ও লেডের অন্তর্বহীভবন না হবার কারণ কী?
- (9) বিক্রিয়া দিয়ে দেখান যে  $\text{CO}_2$  অ্যাম্লিক অক্সাইড কিন্তু  $\text{SnO}_2$  উভধর্মী।
- (10) ব্যাখ্যা করুন :
- $\text{SiC}$  ও ডায়মণ্ডের দৃঢ়তা প্রায় সমান।
  - $\text{CCl}_4$  আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয় না, কিন্তু  $\text{SiCl}_4$  বা  $\text{SnCl}_4$  হয়।
  - $\text{SiO}_2$  উচ্চ গলনাংকবিশিষ্ট কঠিন কিন্তু  $\text{CO}_2$  গ্যাস।
- (11) নিচের উক্তিগুলির উপর আপনার বক্তব্য পেশ করুন :
- $\text{C} \rightarrow \text{Pb}$  এই ক্রমে ধাতব ধর্ম বাড়ে।
  - $\text{Sn (II)}$  বিজারক, কিন্তু  $\text{Pb (IV)}$  জারক।
- (12) টীকা লিখুন :
- আয়নীয় কাবাইড
  - পারজোকার্বনেট
  - ক্যাটায়নীয় সিলিকন
- (13) সিলিকা কীভাবে সনাক্ত করবেন? বজ্রাইটে উপস্থিত সিলিকার পরিমাপ কীভাবে সম্ভব?
- (14) কাঁচ কী? কীভাবে কাঁচ তৈরি করা হয়? কাঁচ রঙিন করা হয় কীভাবে?
- (15) সিলিকোন কী? এদের প্রস্তুতি, ব্যবহার ও গঠন সম্বন্ধে কী জানেন লিখুন।
- (16) সিলিকোনে  $\text{Si—O}$  বন্ধ আছে কীভাবে প্রমাণ করবেন?
- (17) রেড লেড কী? এর ব্যবহার লিখুন। এর সঙ্গে  $\text{Mn (II)}$ -র বিক্রিয়া সমীকরণসহ দেখান।
- (18)  $\text{C}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}$  ও  $\text{Pb}$ -এর ভৌত ধর্মের পর্যাবৃত্তি আলোচনা করুন ও সংশ্লিষ্ট ক্ষেত্রে কারণ ব্যাখ্যা করুন।
- (19) লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট কীভাবে প্রস্তুত করা হয়? এর গঠন ও ব্যবহার লিখুন।
- (20)  $\text{Sn}$  ও  $\text{Pb}$ -এর প্রধান প্রধান আকরিক কী? কীভাবে ধাতু দুটি নিষ্কাশিত হয়?
- (21) ক্রিয়নের তিনটি উদাহরণ দিন। কীভাবে তাদের তৈরি করা হয়? তারা কীভাবে পরিবেশের ক্ষতি করে?

(22) (A) একটি বিষাক্ত উদ্বায়ী পদার্থ। পলিইউরিথেন প্লাস্টিক তৈরিতে এটি ব্যবহৃত হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণে এটি আর্দ্রিক যৌগ (B) দেয় যেটি জলে অতিশয় দ্রাব্য, তার সঙ্গে আর একটি যৌগ (C) পাওয়া যায়, যেটি জলে দ্রবীভূত হয়ে একটি অদ্বায়ী আর্দ্রিক যৌগ উৎপন্ন করে। শেযোক্ত যৌগটি উত্তপ্ত কার্বনের সঙ্গে বিষাক্ত গ্যাস (D) উৎপন্ন করে, এবং পূর্বোক্ত যৌগ  $MnO_2$ -র সঙ্গে বিক্রিয়া করে হালকা রঙের গ্যাস (E) উৎপন্ন করে। (E), (D) এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে (A) দেয়। (D)  $40^\circ C$ -এ Ni-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটি উদ্বায়ী যৌগ উৎপন্ন করে, যেটি এক সময় Ni-এর বিশুদ্ধীকরণে ব্যবহৃত হত। (A) গ্যাসীয় দশায়  $NH_3$ -র সঙ্গে বিক্রিয়া করে সাদা ইতিহাস-বিখ্যাত যৌগ (F) দেয়, এটি সার হিসাবেও ব্যবহৃত হয়, সঙ্গে পাওয়া যায় (B)। (F) কে উত্তপ্ত করলে সাদা কঠিন (G) উৎপন্ন হয় যেটি  $CuSO_4$  ও ক্ষার দ্রবণে গোলাপী রঙ উৎপন্ন করে। (D) Fe চূর্ণের সঙ্গে  $120^\circ C$ -এ বিক্রিয়া করে একটি 'অ্যান্টিনক' যৌগ উৎপন্ন করে। (C) চূনের জল ঘোলা করে এবং অতিরিক্ত (C) পাঠালে ঘোলাটেভাব চলে যায়। অক্ষর চিহ্নিত পদার্থগুলির নাম বলুন। বিক্রিয়াগুলি দেখান।

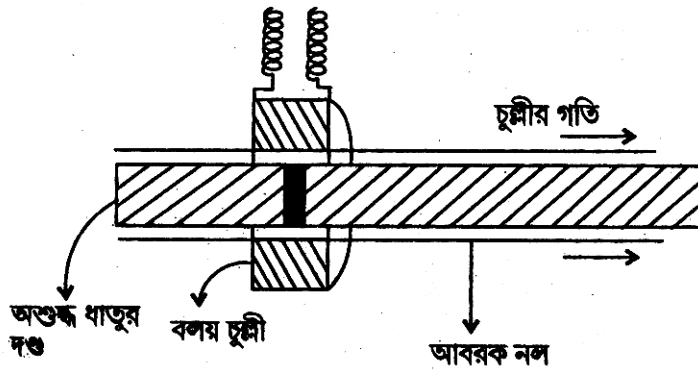


## 5.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

(i) (A), (ii) (B), (iii) (B), (iv) (A)

(2)



(3) পিউটার (Sn 80%, Pb 20%), রাংকাল (Sn 50%, Pb 50%)

অনুশীলনী—2

- (1) পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (2) না, কালো হীরে বলতে আমরা কয়লা বুঝি। কয়লার প্রয়োজনীয়তা ও এর থেকে প্রাপ্ত মূল্যবান পদার্থসমূহের জনাই এর এই নাম।
- (3) পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (4) প্রথমে বহুরূপ দুটির গঠন আঁকুন। তারপর বলুন যে গ্র্যাফাইটের স্তরগুলি দুর্বল, দীর্ঘতর ভ্যান্-ডার-ওয়াল বন্ধ দ্বারা শিথিলভাবে যুক্ত থাকায় একটি স্তর অপরটির উপর দিয়ে চলে যেতে পারে। তাই গ্র্যাফাইট পিচ্ছিলকারক। অন্যদিকে ডায়মণ্ডে কার্বন পরমাণুগুলি সমান দৈর্ঘ্য ও স্থায়িত্বের একক বন্ধ ( $sp^3$  সংকরায়িত) দ্বারা যুক্ত হওয়ায় খুব দৃঢ়। তাই এটি ঘর্ষণের কাজে লাগে।
- (5) ডায়মণ্ডে  $C-C$  বন্ধ দুর্বল একক বন্ধ বলে একটু বেশি দীর্ঘতর, অন্যদিকে গ্র্যাফাইটের  $C-C$  দুর্বল কমই (কারণ এখানে একক ও দ্বিবন্ধের সংস্পন্দন ঘটে)। কিন্তু গ্র্যাফাইটে স্তরগুলি অনেক দীর্ঘ শিথিল ভ্যান্-ডার-ওয়াল বন্ধ দ্বারা যুক্ত। কাজেই নির্দিষ্ট আয়তনে গ্র্যাফাইটের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণু সংখ্যা কম। তাই ডায়মণ্ডের ঘনত্ব বেশি।
- (6) পাঠ্যাংশ দেখুন।

অনুশীলনী—3

- (1) (a)  $C > Ge > Si > Sn > Pb$   
(b)  $I_1 : C > Si > Ge > Pb > Sn$   
 $I_2 : C > Ge > Si > Pb > Sn$
- (2) (a) ধাতব  
(b) কম
- (3) Pb

অনুশীলনী—4

- (1) পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (2) Sn ও Pb  $pn-dn$  বন্ধ দেখায় না, কারণ তাদের  $d$ -কক্ষক যে মৌলের সঙ্গে বন্ধ গঠন করবে তার  $p$ -কক্ষক থেকে অনেক বেশি শক্তি সম্পন্ন।
- (3) 'নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব' দিয়ে ব্যাখ্যা করুন।

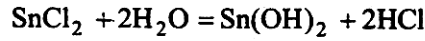
- (4) (a)  $\text{Cl}^-$  আয়নের চেয়ে  $\text{F}^-$  আয়ন আকারে ছোট। তাই প্রথমোক্ত আয়ন  $\text{Sn}^{4+}$  দ্বারা বেশি বিকৃত হবে। তাই  $\text{SnF}_4$  আয়নীয়। (ফ্যাজার সূত্র)
- (b)  $\text{Sn}^{2+}$  এবং  $\text{Sn}^{4+}$ -এর মধ্যে  $\text{Sn}^{4+}$ -এর অ্যানায়ন  $\text{Cl}^-$  কে বিকৃত করার ক্ষমতা বেশি। তাই  $\text{SnCl}_2$  আয়নীয় কঠিন, কিন্তু  $\text{SnCl}_4$  সমযোজী তরল।

অনুশীলনী—5

- (1) পাঠ্যাংশ থেকে উত্তর সংগ্রহ করুন।

অনুশীলনী—6

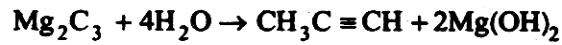
- (1)  $\text{Pb}^{4+}$  জারক ও  $\text{I}^-$  বিজারক, তাই।
- (2)  $\text{SnCl}_2$  আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়,  $\text{Sn(OH)}_2$  অধঃক্ষিপ্ত হয়—তাই  $\text{HCl}$  যোগ করা হয়। আবার  $\text{SnCl}_2$  বিজারক, তাই বায়ুর  $\text{O}_2$  তাকে জারিত করে  $\text{SnCl}_4$ -এ পরিণত করে দেয়। তাই  $\text{Sn/Zn}$  দিয়ে রাখলে এ জারণ এড়ানো যায়।



- (3)  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sn(OH)Cl} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HCl}$  বিক্রিয়া ঘটে।
- (4)  $\text{PbCl}_2$  জলে অদ্রবণীয় সন্দেহ নেই, কিন্তু এর দ্রাব্যতা গুণাংক অপেক্ষাকৃত বেশি ( $2.4 \times 10^{-4}$ ) হওয়ায় দ্রবণে যথেষ্ট  $\text{Pb}^{2+}$  থেকে যায়, এই অংশ দ্বিতীয় শ্রেণীতে সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয় [ $\text{PbS}$ -এর দ্রাব্যতা গুণফল  $4 \times 10^{-28}$ ]।
- (5)  $\text{CO}$  বিষাক্ত। তেলের অসম্পূর্ণ দহনে  $\text{CO}$  উৎপন্ন হয়েছে। বায়ু চলাচল হয়নি বলে দম্পতি মারা গেছেন।
- (6)  $\text{C}$ -পরমাণুতে  $d$ -কক্ষক নেই, কিন্তু  $\text{Si}$ -পরমাণুতে আছে। ফলে জলীয় অণুর অক্সিজেন থেকে প্রদায়ক নিঃসঙ্গ জোট সেখানে সন্নিবেশিত হতে পারে। [ এরপর পাঠ্যাংশ দেখুন। ]
- (7) পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (8) 5.2.3 পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (9) 5.2.3 পাঠ্যাংশ দেখুন।

অনুশীলনী—7

- (1)  $K_2C_2O_6$ -এ একটি পারক্সাইড গ্রুপ ( $O_2$ ) আছে। যার জারণসংখ্যা -2  
∴ C-এর জারণসংখ্যা  $x$  ধরলে :  
 $(+1) \times 2 + 2x + (-2) + (-2 \times 4) = 0$   
বা,  $2 + 2x - 2 - 8 = 0$   
বা,  $2x = 8$   
∴  $x = +4$
- (2) রেফ্রিজারেটর-এ শীতক গ্যাসরূপে ও এরোসোলের প্রচালক হিসাবে। ফ্রিয়ন (বিশেষ করে এর থেকে উদ্ভূত ক্লোরিন মুক্ত মূলক .Cl) উর্ধ্ব বায়ুমণ্ডলের ওজোন স্তরের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাকে নষ্ট করে দেয়।
- (3) ডাইক্লোরোডাইফ্লুরো মিথেন,  $CCl_2F_2$
- (4) না। 5.4.2-এ প্রদত্ত সংজ্ঞা দেখুন।
- (5)  $Be \rightarrow Si$ -এ ক্রম হ্রাসমান পরাতড়িৎধর্মিতা।
- (6) 5.4.2-পাঠ্যাংশ দেখুন।
- (7)  $ZrC$ ; 4215 K। ধাতব কেলাস-জাফরির অভ্যন্তরে কার্বন পরমাণু প্রবিন্ট হয়ে দৃঢ়তা ও গলনাংক বাড়িয়ে দেয়।
- (8) কার্বন পরমাণু ধাতব কেলাস-জাফরির মধ্যে সুষ্ঠুভাবে বিন্যস্ত থাকতে পারবে। কার্বন পরমাণুর তুলনায় খুব বেশি বা কম গহুর-ব্যাসার্ধ হলে এধরণের কাবাইড গঠিত হবে না। হিসাবে দেখা গেছে ধাতুর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ 130 পিকোমিটার হলে গহুরীয়া কাবাইড গঠনের পক্ষে আদর্শ। Fe-টাইপ কাবাইড গঠনকারী ধাতুসমূহের ব্যাসার্ধ  $< 130$  পিকোমি.।
- (9) ডায়মণ্ড (10), বোরন কাবাইড (9-32), কার্বোরাশাম (9-15)
- (10) ম্যাগনেসিয়াম অ্যালাইলাইড,  $Mg_2C_3$ । এটিই একমাত্র উদাহরণ। জলে বা অ্যাসিডে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে এটি অ্যালাইলিন উৎপন্ন করে।



অনুশীলনী—8

- (1) (a) সিলিকা জেল  
(b) জিওলাইট  
(c) সিলিকোন  
(d) অ্যাসবেসটস্
- (2) 5.5.2-এর শেষাংশে দেখুন।



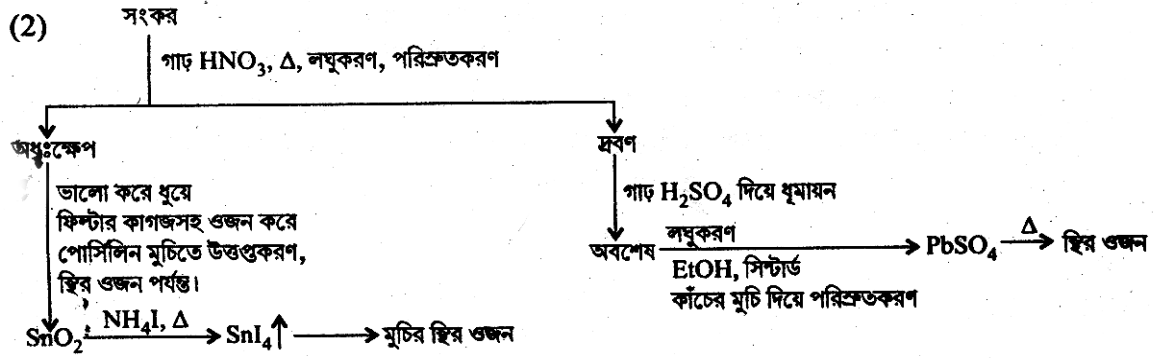
(3) পাঠ্যাংশ দেখুন।

(4) অল্প পরিমাণ বেনজয়েল পারক্সাইডসহ উত্তপ্ত করলে সিলিকোনের অংশ বিশেষে (1% মত সিলিকন পরমাণুতে) পার্থ-বন্ধ গঠিত হয়, এবং সিলিকোন রাবার দৃঢ়ীকৃত হয়।

জৈব রাবারে এই ক্রাজের জন্য সাধারণতঃ সালফার বা সালফার ঘটিত জৈব যৌগ ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী—9

(1) পাঠ্যাংশ দেখুন। বিক্রিয়ার পরিবেশে স্ট্যানেন উৎপন্ন হয়, এটিকে উত্তপ্ত করলে ভেঙ্গে গিয়ে Sn ধাতু উৎপন্ন করে। উত্তাপের ফলে Sn পরমাণুর বাইরের দিকের ইলেক্ট্রনগুলি শক্তি অর্জন করে উপরের কক্ষে স্থানান্তরিত হয়। তারপর শক্তি প্রত্যাহারের সময় আবার নেমে আসে। নির্গত শক্তি প্রতিপ্রভা উৎপন্ন করে।



প্রান্তিক প্রশ্নাবলী :

(1) 5.3.3 (ক) দেখুন।

(2) 5.3.1 দেখুন।

(3) 5.3.1 অংশ দেখুন।

(4)–(7) 5.3.3 পাঠ্যাংশের ‘অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ’ অংশ দেখুন।

(8) 5.3.3 (গ) দেখুন।

(9) 5.3.3 অংশ দেখুন।

(10) (a) 5.3.1 ও 5.3.2 দেখে নিজে লিখুন।

(b) 5.3.3-এর হ্যালাইড অংশ দেখুন।

(c) 5.3.3 দেখুন।

(11) (a) 5.3.2 দেখুন।

(b) 5.3.3 অংশ দেখুন। ‘নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব’ তত্ত্ব ব্যবহার করুন।

(12) (a) 5.4.2 দেখুন।

(b) 5.4.1 দেখুন।

(c) 5.5.1 দেখুন।

(13) 5.3.3-এর সিলিকা অংশ দেখুন।

(14) 5.3.3-এর সিলিকেট অংশ দেখুন।

(15) 5.5.2 দেখুন।

(16) সিলিকোন খুবই নিষ্ক্রিয়; Si—C বা Si—Si বন্ধ থেকে প্রত্যাশিত নিষ্ক্রিয়তার চেয়েও বেশি নিষ্ক্রিয়তা দেখা যায়। Si—C বন্ধযুক্ত যৌগ (যেমন Si-অ্যালকিল) আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়; Si—Si বন্ধ যুক্ত যৌগ ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। কিন্তু Si—O বন্ধের জন্য সিলিকোনের সক্রিয়তা কম। Si-পরমাণুর সক্রিয়তা ব্যাখ্যাত হতে পারে এইভাবে যে 3d কক্ষক O-পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে দ্বিবন্ধ গঠনের মারফৎ ব্যবহৃত হয়েছে। বন্ধ-দৈর্ঘ্য থেকেও Si—O-এর প্রমাণ পাওয়া যায়। Si—O বন্ধের প্রত্যাশিত দৈর্ঘ্য 177 পিকোমি, কিন্তু প্রাপ্য দৈর্ঘ্য একটু কম। বন্ধের আয়নীয় প্রকৃতি Si—C ও Si—Si বন্ধ থেকে বেশি। Si—O—Si কোণও এরূপ বন্ধের পক্ষে যুক্তি দেয়।

(17) 5.3.3 দেখুন।

(18) 5.3.2 দেখুন।

(19) 5.3.3 দেখুন।

(20) 5.2.1 ও 5.2.2 দেখুন।

(21) 5.4.3 দেখুন।

(22) (A)  $\text{COCl}_2$

(B)  $\text{HCl}$

(C)  $\text{CO}_2$

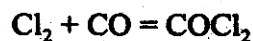
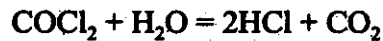
(D)  $\text{CO}$

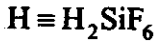
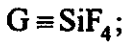
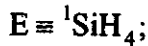
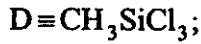
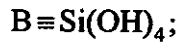
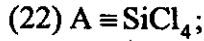
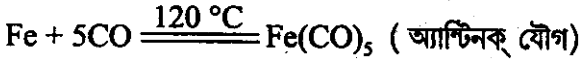
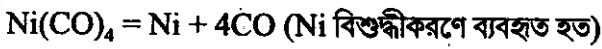
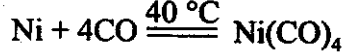
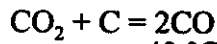
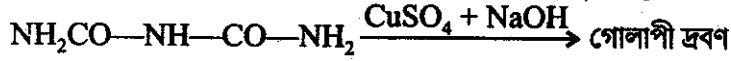
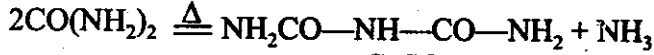
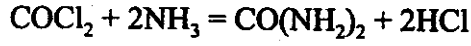
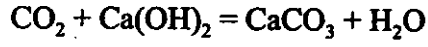
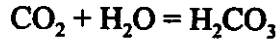
(E)  $\text{Cl}_2$

(F)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

(G)  $\text{H}_2\text{NCO—NH—CO—NH}_2$

বিক্রিয়া :





---

## 5.12 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

---

1. F. A. Cotton and G. Wilkinson—*Advanced Inorganic Chemistry*, (J. Willey).
2. P. K. Dutta—*General and Inorganic Chemistry*, (Vol. II), (Sarat Book House).
3. N. N. Greenwood and A. Earnshaw—*Chemistry of the Elements*, (1st/2nd Edn.), (Butter Worth).
4. R. Sarkar—*General and Inorganic Chemistry*, (Parts I & II), [Books and Allied (P) Ltd.].
5. J. D. Lee—*Concise Inorganic Chemistry*, (4th Edn.), (ELBS).

## একক 6 □ 15 শ্রেণীর মৌলসমূহ

---

- গঠন
- 6.1 প্রস্তাবনা  
উদ্দেশ্য
  - 6.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন, ব্যবহার
    - 6.2.1 অবস্থিতি
    - 6.2.2 নিষ্কাশন
    - 6.2.3 ব্যবহার
  - 6.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ
    - 6.3.1 ইলেক্ট্রন-বিন্যাস, জারণসংখ্যা ও বন্ধ-প্রকৃতি
    - 6.3.2 বন্ধন-শক্তি ও পরমাণুকতা
    - 6.3.3 পরমাণুর আকার, আয়নন শক্তি, অপরাতিড়িৎধর্মিতা
    - 6.3.4 ধাতব ও অধাতব ধর্ম
    - 6.3.5 বহুরূপতা
    - 6.3.6 রাসায়নিক ধর্মাবলি
  - 6.4 যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও পর্যাবৃত্তি
    - 6.4.1 হাইড্রাইডসমূহ
    - 6.4.2 হ্যালাইডসমূহ
    - 6.4.3 অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
    - 6.4.4 সালফাইডসমূহ
    - 6.4.5 ধাতব যৌগসমূহ
  - 6.5 নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণ
  - 6.6 হাইড্রাইডসমূহের বিস্তৃত আলোচনা
    - 6.6.1 অ্যামোনিয়া
    - 6.6.2 হাইড্রাজিন,  $N_2H_4$
    - 6.6.3 ডাইইমিন,  $N_2H_2$
    - 6.6.4 হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন অ্যাজাইড  $HN_3$  ও অ্যাজাইডসমূহ

- 6.6.5 হাইড্রক্সিল অ্যামিন,  $\text{NH}_2\text{OH}$
- 6.6.6 অন্যান্য হাইড্রাইডসমূহ
- 6.6.7 ফস্ফিন,  $\text{PH}_3$
- 6.6.8 ফস্ফরাস ডাইহাইড্রাইড বা ডাইফসফিন,  $\text{P}_2\text{H}_4$
- 6.6.9 অ্যাসাইন, স্টবাইন ও বিসমাথাইন
- 6.7 অক্সাইডসমূহ
  - 6.7.1 নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ
  - 6.7.2 ফস্ফরাসের অক্সাইডসমূহ
- 6.8 অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
  - 6.8.1 নাইট্রোজেনের অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
  - 6.8.2 ফস্ফরাসের অক্সোঅ্যাসিডসমূহ
- 6.9 নাইট্রোজেন চক্র, নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ এবং ফস্ফেটঘটিত সার
  - 6.9.1 নাইট্রোজেন চক্র
  - 6.9.2 নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ
  - 6.9.3 ফস্ফেট সার
- 6.10 অজৈব রাবার : ফস্ফরাস হ্যালোনাট্রাইডসমূহ—ফস্ফাজিন
- 6.11 সারাংশ
- 6.12 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি
- 6.13 উত্তরমালা
- 6.14 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

---

## 6.1 প্রস্তাবনা

---

আসুন এবার আমরা পর্যায় সারণীর 15 শ্রেণীর মৌলগুলি নিয়ে আলোচনা করি। এই শ্রেণীর প্রথম সদস্য নাইট্রোজেন (N), এর সমস্থানিকরা হল ফস্ফরাস (P), আর্সেনিক (As), অ্যান্টিমনি (স্টিবোনিয়াম, Sb), বিস্মাথ (Bi)। আগের শ্রেণীর মত এই শ্রেণীতেও ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলির স্বাভাবিক পরিবর্তন বা পর্যাবৃত্তি দেখা যায়। এই শ্রেণীটি পর্যায় সারণীর এমন স্থানে অবস্থিত যে পর্যাবৃত্তি বিশেষ করে অধাতব  $\rightarrow$  ধাতব ধর্মের পরিবর্তন ভারি সুন্দরভাবে দেখা যায়। নাইট্রোজেন আদর্শ অধাতু। ফস্ফরাস অধাতু নিঃসন্দেহে, কিন্তু ধাতব ধর্ম ফুটি ফুটি করছে। আর্সেনিক অধাতু কিন্তু ধাতব ধর্ম অনেকটাই

পরিষ্ফুট হয়েছে। অ্যান্টিমনি ধাতু কিন্তু এর মধ্যে অধাতব ধর্ম শেষ হয়েও শেষ হয়নি। বিস্মাথ আদর্শ ধাতু। আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনিতে ধাতব ও অধাতব ধর্মের পারস্পরিক পরিমাণ এমনই যে এদের একটা বিশেষ ধরণের মৌল বলে পরিচায়িত করা হয়, এদের ধাতুকল্প (metalloid) বলে। সমস্ত শ্রেণীর মতই নাইট্রোজেন অন্যান্য সমস্থানিকদের চেয়ে ধর্মে পৃথক। নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণের মূলে আছে এর ছোট ব্যাসার্ধ ও *d*-কক্ষকের অনুপস্থিতি। আমরা এই মৌলসমূহের তুলনামূলক রসায়ন ও নাইট্রোজেন ও ফস্ফরাস-এর রসায়নের বিস্তৃত আলোচনা করব।

## উদ্দেশ্য

এই এককটির পঠন শেষে আপনারা—

- 15 শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের অবস্থিতি, নিষ্কাশন / প্রস্তুতি ও ব্যবহার সম্বন্ধে অবহিত হবেন
- এই শ্রেণীর মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক ধারণা পাবেন
- মৌলসমূহের প্রধান প্রধান যৌগের তুলনামূলক আলোচনা করতে পারবেন
- পরস্পর তুলনীয় যৌগসমূহের বাইরে অন্যান্য প্রধান যৌগের প্রস্তুতি, গঠন ও ব্যবহার জানবেন
- নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণের সঙ্গে পরিচিত হবেন
- নাইট্রোজেন চক্রের মাধ্যমে কীভাবে নাইট্রোজেন-নাইট্রেট তারসাম্য রক্ষিত হয় তার ব্যাখ্যা পাবেন
- নাইট্রোজেন কীভাবে আটকে ফেলা যায়, জানবেন
- ফস্ফরাস ঘটিত সার সম্বন্ধে ধারণা পাবেন
- ‘অজৈব রবার’ নামধেয় কৌতুহলোদ্দীপক যৌগসমূহের সঙ্গে পরিচিত হবেন
- কিছু কিছু মূলকের বৈশিষ্ট্যগণিত রসায়নও জানবেন

## 6.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন, ব্যবহার

### 6.2.1 অবস্থিতি

বক্ষ্যমান শ্রেণীতে খুব গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি মৌল আছে। তবে প্রকৃতিতে এদের প্রাচুর্য খুব একটা বেশি বলা যায় না, অবশ্য P ছাড়া; P ভূ-পৃষ্ঠস্থ মৌলসমূহের মধ্যে একাদশ স্থানের অধিকারী। তারপরেই আসে N. N বায়ুমণ্ডলের 75.53% (ওজনে) এবং আয়তনে 78.08% অধিকার করে থাকে। N ও P উভয়েই উদ্ভিদ ও জীবদেহের কলার গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। ভূ-পৃষ্ঠে এদের প্রাচুর্য পি-পি-এম-এ নিচে দেওয়া হল :

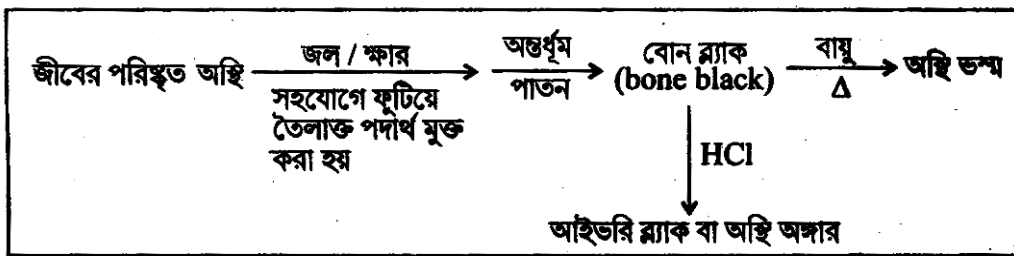
N	P	As	Sb	Bi
46.3	1180	5	1	0.2

মানবদেহের উপাদানসমূহের মধ্যে N-ই সর্বাধিক পরিমাণে মৌল হিসাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডল বাদ দিলে শিলা ও মাটিতে N-এর প্রাচুর্য মাত্র 19 পি-পি-এম। এর প্রধান প্রধান খনিজ টিলি সল্টপিটার ( $\text{NaNO}_3$ ), নাইটার ( $\text{KNO}_3$ )। ফস্ফরাস ভূ-পৃষ্ঠের শিলাস্তরে প্রাচুর্যের ক্রমানুসারে একাদশতম স্থানে আছে। এর প্রাচুর্য  $1.12 \times 10^3$  পি-পি-এম। জানা সব খনিজই অর্থোফস্ফেট। প্রধান প্রধান খনিজ : (i) অ্যাপাটাইট (apatite) [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ ] গোষ্ঠী : ফ্লুওরঅ্যাপাটাইট  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ , ক্লোরঅ্যাপাটাইট  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$  এবং হাইড্রক্সিঅ্যাপাটাইট  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ । এদের ‘হার্ড ফস্ফেট’ বলা হয় কারণ এরা লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। এছাড়া অন্যান্য ফস্ফরাসঘটিত খনিজগুলি হল : (ii) সোম্বেরাইট (somberite) ও ফস্ফোরাইট (phosphorite),  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; (iii) ভিভিয়ানাইট (vivianite),  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  এবং ওয়েভলাইট (wavelite),  $4\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ।

এছাড়া আছে অস্থিভস্ম (bone ash), 80%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (+ কিছু ক্যালসিয়াম কার্বোনেট ও ফ্লুওরাইড) এবং কপ্রোলাইট (coprolite), অশ্মীভূত জৈবিক বর্জ্য পদার্থ, মূলতঃ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ —এরা ‘সফট ফস্ফেট’ (সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রব্য)।

সারণি—1  
বায়ুমণ্ডলের সংযুতি

উপাদান	আয়তন %	ওজন %
$\text{N}_2$	78.08	75.53
$\text{O}_2$	20.95	23.14
বর গ্যাস	0.935	1.28
$\text{CO}_2$	0.032	0.047
অন্যান্য	0.003	0.003



নাইট্রোজেন ও ফস্ফরাস উভয়ই সমস্ত জীবদেহে বিদ্যমান। প্রোটিন ও ডি-অক্সিরাইবো নিউক্লিক অ্যাসিড (ডি-এন-এ)-এর মধ্যে এরা আছে।  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  রূপে ফসফোরাস অস্থি (আগে বলা হয়েছে) ও দাঁতে থাকে।

সারণি—2  
জীবদেহের সংযুতি

O	65%	} জীবকোষের 98%
C	18%	
H	10%	
N	3%	
Ca	0.31%	
Na	0.25%	
K	0.35%	
Mg	0.01%	
P	1.1%	
Cl	0.15%	
S	0.15%	

আসেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিস্মাথ ভূ-পৃষ্ঠে অপেক্ষাকৃত অনেক কম পরিমাণে অবস্থান করে। তাদের প্রাচুর্য যথাক্রমে  $1.8 \times 10^{-4}\%$ ,  $2.0 \times 10^{-5}\%$  ও  $8.0 \times 10^{-8}\%$ । এরা প্রধানতঃ সালফাইডরূপেই থাকে। এদের মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। মুক্ত সালফারে, মাটিতে (1-60 পি-পি-এম), স্থান বিশেষের জলে ও প্রাপ্তবয়স্ক মানবদেহে (0.1 পি-পি-এম), খোলাযুক্ত সামুদ্রিক প্রাণি ও সন্ধিপদ প্রাণিদেহে আসেনিক থাকে।

সারণি—3  
আবিষ্কারের ইতিহাস

মৌল	আবিষ্কার্তা	সাল	উৎস	নামকরণের কারণ
N	ড্যানিয়েল রাদার ফোর্ড ও প্রিস্টলে (স্বাধীনভাবে)	1772	বায়ু	নাইট্রন (নাইটার) থেকে
P	ব্রাণ্ড (Brand), একজন অ্যালকেমিস্ট	1674-75	উদ্বায়িত প্রস্রাবকে পাতিত করে	এটি অঙ্ককারে স্থলে (Phos=আলো, phero=আমি ধারণ করি)
As	ব্রাণ্ড (Brand)	1733	হোয়াইট আসেনিক ( $As_2O_3$ )	—
Sb	—	3000 খৃঃ পূঃ থেকে ব্যবহার জানা	—	—
Bi	—	সুদূর অতীতেই জানা ছিল	—	জার্মান wis mat (সাদা পদার্থ)



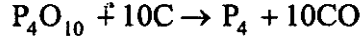
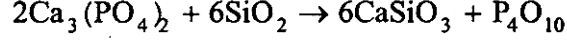
**সারণি-4**  
**প্রধান প্রধান খনিজ**

মৌল	খনিজের নাম	সংকেত
As	রিয়েলগার	As <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
	অর্পিমেন্ট	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
	আর্সেনিক্যাল পিরাইটস্ বা মিস্‌পিকেল	FeAsS
	লোলিংগাইট	FeAs <sub>2</sub>
	নিকোলাইট	NiAs
	স্মলটাইট	(Co, Ni, Fe)As <sub>2</sub>
	নিকেল গ্লেন	NiAsS
	আর্সেনোলাইট	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	এরিথ্রাইট বা কোবাল্ট ব্লুম	Co <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O
	মিমেটাইট	3Pb(AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · PbCl <sub>2</sub>
	ফার্মাকোলাইট	CaHAsO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
Sb	ভ্যালেন্টিনাইট	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	সিটবনাইট	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Bi	বিস্মাথ ওকার	BiO <sub>3</sub>
	বিস্মাথাইট বা বিস্মাথ স্পার	(BiO) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
	বিস্মাথিনাইট বা বিস্মাথ গ্ল্যান্স	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>

### 6.2.2 নিষ্কাশন

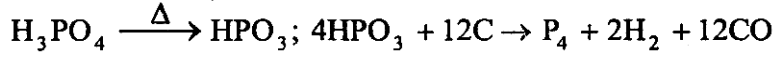
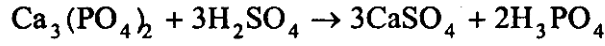
বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে বায়ু থেকে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। প্রথমে বায়ুকে ঠাণ্ডা করে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাইঅক্সাইড দূর করা হয়, তারপর বারবার সংনমিত করে প্রায়  $2 \times 10^4$  কিলোপাস্কাল চাপ প্রয়োগ করে দ্রুত প্রসারিত হতে দেওয়া হয়। তাপমাত্রা কমে যায় (জুল-কেলভিন প্রভাব) এবং অবশেষে বায়ু তরলে পরিণত হয়। এবার এর আংশিক পাতনে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও বর গ্যাস পৃথক করা হয়। বীক্ষণাগারে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণের মিশ্রণ) উত্তপ্ত করে বা অ্যামোনিয়াকে ক্লোরিন দিয়ে বিজারিত করে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

ফস্ফেট আকরিককে বালি ও কোকের সঙ্গে মিশিয়ে তড়িৎচুল্লীতে 1800 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফস্ফরাস পাওয়া যায় (রীডম্যান-পাকার-রবিনসন পদ্ধতি)। অনুদ্রাযী সিলিকন ডাইঅক্সাইড দ্বারা উদ্রাযী ফস্ফরাস পেন্টঅক্সাইড প্রতিস্থাপিত হয়ে কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় :



কার্বন মনোক্সাইড ও ফস্ফরাস বাষ্প চুল্লীর উপরের দিকে নির্গমন পথ দিয়ে বেরিয়ে আসে; একে জলের মধ্যে চালনা করলে কার্বন মনোক্সাইড বেরিয়ে যায়, আর সাদা ফস্ফরাস জলের নিচে জমা হয়।

সফট ফস্ফেট (যেমন অস্ট্রিভস্ম)-কে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করে ফিল্টার করে নিলে ফস্ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। একে কার্বন দিয়ে উত্তপ্ত করলে ফস্ফরাস পাওয়া যায় :



আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিস্মাথ পাওয়া যায় তাদের সালফাইড আকরিক থেকে। আকরিককে প্রথমে তাপজাড়িত করে অক্সাইড-এ পরিণত করা হয়। এই অক্সাইডকে কোক দিয়ে উত্তপ্ত করে বিজারিত করে মৌল পাওয়া যায়।

### 6.2.3 ব্যবহার

নাইট্রোজেন প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয় হাবের পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে। আয়রন ও স্টীল শিল্পে এবং অন্য অনেক ধাতু নিষ্কাশন ও রাসায়নিক পদ্ধতিতে (যেখানে বায়ুর উপস্থিতিতে আগুন ধরবার বা বিস্ফোরণ ঘটবার বা অবাঞ্ছিত জারণক্রিয়ার সম্ভাবনা থাকে) নিষ্ক্রিয় বাতাবরণ তৈরিতে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়। প্রক্রিয়াকৃত খাদ্য এবং ঔষধাদি সংরক্ষণে ও ইলেকট্রিক বাল্ব-এ, টেলিফোন তার ও রবারের টায়ার উৎপাদনে-এর ব্যবহার আছে। তরল নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয় মাংসজাতীয় নরম ও রবারের মত পদার্থের শীতল অবস্থায় চূর্ণ করতে এবং জীববিদ্যার বিভিন্ন নমুনা সংরক্ষণে।

যদি বস্ পদ্ধতিতে ওয়াটার গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাস থেকে  $1:3 \text{N}_2/\text{H}_2$  মিশ্রণ উৎপাদন করে তা থেকে  $\text{NH}_3$  প্রস্তুত করা হয়, তবে পদ্ধতির নাম হাবের বস্ পদ্ধতি। আর যদি অন্য পদ্ধতিতে স্বাধীনভাবে  $\text{N}_2$  ও  $\text{H}_2$  উৎপাদন করে তারপর  $\text{NH}_3$  উৎপাদন করা হয়, তবে পদ্ধতির নাম হাবের পদ্ধতি।

লাল ফস্ফরাস লাগে দিয়াশলাই, বাজি ও ফস্ফোর-ব্রোঞ্জ ধাতু সংকর তৈরিতে, ধাতব আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের প্রধান ব্যবহার ধাতু সংকর (সারণি—5) উৎপাদনে। As অর্ধ-পরিবাহী নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

#### সারণি—5

#### As/Sb/Bi-এর ধাতুসংকর

ধাতুসংকর	গঠন	ব্যবহার
Pb-As সংকর (হার্ড লেড)	Pb-এর সঙ্গে প্রয়োজন অনুযায়ী As মিশিয়ে নেওয়া হয়	Pb অনেক শক্ত ও দৃঢ় হয়
হার্ড লেড বা অ্যান্টিমনিয়াল লেড	As-এর বদলে Sb মেশানো হয়	Pb দৃঢ় হয়। সঞ্চয়ক কোষে ব্যবহৃত হয়
টাইপ মেটাল	Pb 55, Sn 15, Sb 30	টাইপ প্রস্তুতিতে
অ্যান্টিফ্রিকশন মেটাল	Pb 75, Sb 15, Sn 8, Cu 2	যন্ত্রাংশ তৈরিতে
ব্রিটানিয়া মেটাল	Sb 5, Sn 94, Cu 1	বাসন তৈরিতে
রোজেস্ মেটাল (Rose's metal) গলনাংক 94 °C	Bi 50, Pb 25, Sn 25	নিরাপত্তা-প্লাগ তৈরিতে লাগে
উড্‌স্ (Wood's) ফিউজিবল্ মেটাল (71 °C)	Bi 50, Pb 25, Sn 12.5, Cd 12.5	নিরাপত্তা-প্লাগ তৈরিতে লাগে
লিপোউইজ্ (Lipowitz) (60 °C)	Bi 50, Pb 27, Sn 13, Cd 10	নিরাপত্তা-প্লাগ তৈরিতে লাগে

এই মৌলগুলির বিভিন্ন যৌগেরও গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার আছে। অ্যামোনিয়া লাগে সার (যেমন  $NH_4NO_3$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2HPO_4$ ) উৎপাদনে। শৈত্য-উৎপাদনে (refrigeration), খাদ্য ও পানীয় শিল্পে pH ঠিক রাখতে, ঔষধশিল্পে ও জল বিশোধনে। নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেনের আরেকটি প্রয়োজনীয় যৌগ। এর ব্যবহার আসে  $NH_4NO_3$ , বিস্ফোরক (যেমন ডায়নামাইট বা নাইট্রোগ্লিসারিন, নাইট্রোসেলুলোজ এবং টি-এন্-টি), রকেট স্থালানী (যেমন হাইড্রাজিন, হাইড্রাজিনের মিথাইল প্রতিস্থাপিত যৌগ  $MeNH \cdot NH_2$  ও  $Me_2NNH_2$  ইত্যাদি) প্রস্তুতিতে। নাইট্রাস অক্সাইড,  $N_2O$  চেতনানাশক।

নিরাপত্তা প্লাগের অন্যতম উদাহরণ স্বয়ংক্রিয় জল ঝরাবার যন্ত্র। যন্ত্র গরম হলে প্লাগ গলে গিয়ে আপনা-আপনি জল ঝরে পড়ে।

ফস্ফরাসের সালফাইড যৌগ  $P_4S_3$  ও  $P_4S_{10}$  দিয়াশলাই শিল্পে ব্যবহৃত হয়। ফস্ফোরিক অ্যাসিড লাগে সার উৎপাদনে, ধাতু পরিষ্কার করতে, মরিচা নিবারণে, ঔষধশিল্পে। ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্ফেট,  $Na_2HPO_4$  পাস্তুরিত চীজ তৈরিতে কোমলায়নে লাগে। সোডিয়াম ডাইহাইড্রোজেন ফস্ফেট  $NaH_2PO_4$  লাগে ধাতব রঙের নিচের প্রলেপ দিতে। ক্যালসিয়াম ফস্ফেট ব্যবহৃত হয় বেকিং পাউডার ও টুথ পেস্টে। সংশ্লেষিত যৌগ  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$  সাধারণ লবণে গড়ানে ধর্ম আরোপ করতে যোগ করা

হয় (1-2)%। সোডিয়াম ট্রাইপলি ফস্ফেট  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  ডিটার্জেন্ট উৎপাদনে ও জলের খরতা দূরীকরণে লাগে। ক্যালগন বা সোডিয়াম হেক্সামেটাফস্ফেট  $(\text{NaPO}_3)_6$  ও শেযোক্ত কাজে লাগে। ম্যালাথিয়ন, প্যারাথিয়ন ইত্যাদি কীটনাশক ফস্ফরাসঘটিত যৌগ।

আসেনিক যৌগ (যেমন মনোসোডিয়াম মিথাইল আর্সিনেট MSMA, ডাইসোডিয়াম মিথাইল আর্সিনেট DSMA) কৃষিকার্ষে, আগাছা ও কীটনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। আসেনিক অ্যাসিড কাঠ সংরক্ষক। আসেনিক অক্সাইড  $\text{As}_2\text{O}_5$  বোতল-কাঁচ বর্ণহীন করতে লাগে। Al, Ga, In-এর সঙ্গে অ্যান্টিমনির যৌগ AlSb, GaSb, InSb ডায়োডে এবং অবলোহিত প্রক্রিয়ায় লাগে।

অনুলীলনী—1

(1)  $\text{SiO}_2$  অপেক্ষা  $\text{P}_2\text{O}_5$  তীব্রতর অম্ল; তবুও  $\text{SiO}_2$  কেন  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  থেকে  $\text{P}_2\text{O}_5$ -কে প্রতিস্থাপিত করে?

### 6.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ

সারণি—6

15 শ্রেণীর মৌলগুলির সাধারণ বৈশিষ্ট্য

ধর্ম	N	P	As	Sb	Bi
পারমাণবিক সংখ্যা	7	15	33	51	83
পারমাণবিক ওজন	14	31	74.92	121.75	208.98
ইলেক্ট্রন বিন্যাস	[He] $2s^2 2p^3$	[Ne] $3s^2 3p^3$	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^3$	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^3$	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$
জারণসংখ্যা	-3, -2, -1, 1, 2, ③, 4, 5	-3, -2, ③, [4], 5	③, ⑤	③, ⑤	③, 5
[ O → স্বাভাবিক, [ ] → অনিশ্চিত ]					
গলনাংক (K)	63	317	$\alpha$ -1090 (38.6 বায়ুমণ্ডল চাপে)	$\alpha$ -904	545
স্ফুটনাংক (K)	77	554	888 (উর্ধ্বপাতিত হয়)	1860	1838
সমযোজী ব্যাসার্ধ (পিকোমি.)	74	110	120	140	150
ভ্যান-ডার ওয়াল ব্যাসার্ধ (পিকোমি.)	150	180	200	220	—
অপরাভিঃ- ধর্মিতা (পাউলিং স্কেলে)	3.0	2.1	2.0	1.8	1.7

ধর্ম	N	P	As	Sb	Bi
আয়নন শক্তি (কি.জু.মোল <sup>-1</sup> )					
{ ১ম	1403	1012	946	832	701
{ ২য়	2855	1896	1950	1590	1610
{ ৩য়	4580	2910	2730	2440	2467
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (M <sup>3+</sup> , পিকোমি.)	—	—	70	90	120
বন্ধন-শক্তি (E-E) (কি.জু.মোল <sup>-1</sup> )	160	209	180	142	—
কঠিনের ঘনত্ব kg L <sup>-1</sup> × 10 <sup>3</sup>	1.0265	1.8310	5.7300	6.7000	9.8000
অণু-সংকেত (বাষ্পীয় অবস্থায়)	N <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	As <sub>4</sub>	Sb <sub>2</sub>	Bi <sub>2</sub>

### 6.3.1 ইলেক্ট্রন-বিন্যাস, জারণসংখ্যা ও বন্ধ-প্রকৃতি

সবকটি মৌলেরই বর্হিতম কক্ষে 5টি ইলেক্ট্রন আছে, অর্থাৎ আর তিনটি পেলে বর গ্যাসের পরমাণুর গঠন পাবে। যদিও ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে সুস্থিরতা অর্জনের কিছুটা প্রয়াস এদের মধ্যে লক্ষিত হয়, কিন্তু গৃহীত ইলেক্ট্রনের সংখ্যা বেশি হওয়ায় একমাত্র ক্ষুদ্রতম ও সর্বাধিক অপরাতিড়িংধর্মী নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রেই এ ধর্ম সবচেয়ে প্রকট। অন্যান্য মৌলের অপরাতিড়িংধর্মিতা এতটাই কমে গেছে যে সর্বাধিক পরাধর্মী মৌলের ক্ষেত্রেও এরা প্রধানতঃ সমযোজী যৌগই গঠন করে। এদের ইলেক্ট্রন-বিন্যাস  $ns^2 np^3$ ; ফলে যথাক্রমে  $p$ -ইলেক্ট্রন এবং  $s$ - ও  $p$ - উভয়জাতীয় ইলেক্ট্রনের অংশগ্রহণে +3 ও +5 জারণসংখ্যার উদ্ভব ঘটে। সবকটি ইলেক্ট্রন বন্ধ-গঠনে ব্যবহার করে অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ গঠনে এরা সর্বাধিক +5 জারণসংখ্যা দেখায়। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে  $s$ -ইলেক্ট্রনের নিষ্ক্রিয় থাকার প্রবণতা (নিষ্ক্রিয়জোট প্রভাব) বাড়ে। তখন কেবলমাত্র  $p$ -ইলেক্ট্রন ব্যবহারের ফলে +3 জারণসংখ্যা দেখা যায়। যদিও কঠিন অবস্থায় Bi<sup>3+</sup> যৌগসমূহের আয়নীয় ধর্ম খুব কমই, তবে ধ্রুৱীয় দ্রাবকে এরা একাধিক আয়ন কণা গঠন করে। Sb হয়ে P-এ এই ধর্ম হ্রাস পায়। ফলে Bi সবচেয়ে ধাতবধর্মী এবং উপরের দিকে এই ধাতব ধর্ম কমে। +3 অবস্থায় এরা প্রত্যেকেই ইলেক্ট্রন প্রদায়ক হিসাবে কাজ করে, কিন্তু এ ধর্ম কেবল N-এর ক্ষেত্রেই সুপ্রকট। অষ্টক-সীমাবদ্ধতার দরুণ N-এর পক্ষে ইলেক্ট্রন-জোট গ্রহণ সম্ভব নয়। অন্যরা ইলেক্ট্রন জোট নিতেও পারে, দিতেই পারে; তবে নিতে পারলে আর দেবে না।

+5 জারণস্তরে প্রত্যেক মৌলই মূলতঃ আম্লিক ও অধাতব। যেমন Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ক্ষারকীয়, কিন্তু Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> আম্লিক অক্সাইড। শেযোসক্ত যৌগ ক্ষার-বিগলনে বিস্মিউথেট উৎপন্ন করে। পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে এই শ্রেণীর মৌলসমূহে উচ্চতর জারণসংখ্যা বিশিষ্ট যৌগ গঠন কঠিনতর হয়ে পড়ে। N-এক্ষেত্রেও কিছুটা ব্যত্যয়জনক আচরণ দেখায়। +5 জারণস্তরে +3 অপেক্ষাও বন্ধ-প্রকৃতি বেশি সমযোজী। এই জারণস্তরে

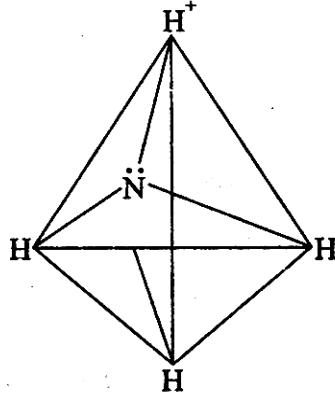
মৌলসমূহ (N ব্যতীত) গ্রহীতারূপে আচরণ করে। সাধারণতঃ +3 ও +5 জারণস্তর O ও S-এর সঙ্গে যৌগ গঠনে দেখা যায়। N-তে -3 থেকে +5 পর্যন্ত বিরাট সংখ্যক জারণস্তর দেখায়।

যৌগ →	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	NH <sub>2</sub> OH	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
N-এর জারণস্তর →	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5

এমনকী  $\text{NO}_3^{+6}$  ও  $\text{HNO}_4^{+7}$  যৌগ (অসুস্থির)-ও জানা আছে।

ঋণাত্মক জারণসংখ্যার উদ্ভব হয়, কারণ H (2.1) ও N (3.0)-এর অপরাতিড়িৎধর্মিতার পার্থক্য।

ত্রিযোজী অবস্থায় তিনটি অযুখ্য ইলেক্ট্রন অপর তিনটি পরমাণুর সঙ্গে বন্ধ গঠন করে এবং গঠিত অণু একটি চতুস্তলক—যার একটি শীর্ষে আছে একটি নিঃসঙ্গ জোড়। অপর কোন পরমাণু বা আয়নকে নিঃসঙ্গ জোড় প্রদান করে 4 সবর্গাক প্রকাশিত হয় [ উদাহরণ NH<sub>3</sub> ও NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ]। অষ্টক সীমাবদ্ধতার দরুণ N 5 সবর্গাক দেখাতে অক্ষম, কিন্তু শ্রেণীর অন্য মৌলেরা পারে।



যেমন  $\text{PCl}_5$ -এ সবর্গাক 5 এবং  $\text{PCl}_6^-$ -এ 6. এটি ব্যাখ্যাত হয়  $d$ -স্তরের একটি বা দুটি কক্ষকের অংশগ্রহণে  $sp^3d$  বা  $sp^3d^2$  সংকরায়ন ঘটার মাধ্যমে। বিচ্ছিন্ন P-পরমাণুর  $d$ -কক্ষক  $3s, 3p$  থেকে আকারে বড়, তাই আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যে সংকরায়ন অসম্ভব। কিন্তু যখন P-পরমাণুর চারদিকে অপরাতিড়িৎধর্মী লিগ্যান্ড সংযুক্ত হলে  $3d$ -কক্ষকগুলি সঙ্কুচিত হয়ে  $3s$  ও  $3p$ -র সমান আকারের হবে। এ আলোচনা থেকে বোঝা যাচ্ছে কেন N অন্য লিগ্যান্ড থেকে ইলেক্ট্রন জোড় সংগ্রহ করে জটিল যৌগ গঠন করতে পারে না, কিন্তু শ্রেণীর পরের মৌলরা পারে।

N-শ্রেণীর অন্য মৌলের থেকে আরেক ব্যাপারে পৃথক। এটি স্থায়ী  $p\pi-p\pi$  বহু-বন্ধ (multiple bonding) গঠন করতে পারে, কাজেই এটি এমন কিছু যৌগ উৎপন্ন করে, যার জোড়া অন্যদের ক্ষেত্রে পাওয়া যায় না; কারণ সেখানে তো  $p\pi-p\pi$  বন্ধ অজানা। এসব যৌগের মধ্যে আছে  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_3^-$ , ডাইনাইট্রোজেন  $\text{N}\equiv\text{N}$ , N-এর অজাইডসমূহ যেমন,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ , সায়ানাইড

$C\equiv N^-$  এবং অ্যাজো ও ডায়াজো গ্রুপ। নাইট্রোজেন যেহেতু বহু-বন্ধ গঠনে সক্ষম, তাই  $N_2O_3$  ও  $N_2O_5$  অক্সাইড দুটি একযৌগিক, কিন্তু অন্য মৌলের ক্ষেত্রে এরা দ্বি-যৌগিক।

আবার শ্রেণীর অন্য মৌলরা  $d\pi-b\pi$  বন্ধ দেখায় যা N-এ অনুপস্থিত।

### 6.3.2 বন্ধন-শক্তি ও পরমাণুকতা

নাইট্রোজেন সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় এবং অণু দ্বি-পরমাণুক, গঠন : $N\equiv N$ :। এর মূলে আছে  $N\equiv N$  বন্ধের বেশি বন্ধন-শক্তি, 946 কি.জু.মোল<sup>-1</sup>; এটি N—N বন্ধন-শক্তি (160 কি.জু.মোল<sup>-1</sup>)-র প্রায় ছয় গুণ। অন্যদিকে  $P\equiv P$  বন্ধ দুর্বল, এর মান 490 কি.জু.মোল<sup>-1</sup>, যা P—P বন্ধন-শক্তি (209 কি.জু.মোল<sup>-1</sup>)-র ~2.5 গুণ। তাই ফস্ফরাস গ্যাসীয় অবস্থায় চতুর্পরমাণুক। স্থিতি অবস্থায় বিভিন্ন বহুরূপ অবস্থায় থাকে (পরে দেখবেন)।

### 6.3.3 পরমাণুর আকার, আয়নন শক্তি ও অপরাতিড়িৎধর্মিতা

শ্রেণী বরাবর নিচের দিকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ প্রত্যাশা মতই বাড়ে (সারণী-6 দেখুন), ফলে এই দিকে প্রথম আয়নন শক্তি কমেতে থাকে; অপরাতিড়িৎধর্মিতাও। N-সবচেয়ে বেশি অপরাতিড়িৎধর্মী। As-এর অপরাতিড়িৎধর্মিতা P-এর প্রায় সমান; আবার Sb-র অপরাতিড়িৎধর্মিতা As-এর প্রায় সমান এবং Bi-এর সঙ্গে অভিন্ন।

### 6.3.4 ধাতব ও অধাতব ধর্ম

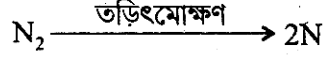
পর্যাবৃত্তির নিয়মানুসারে ধাতব ধর্ম সারি বরাবর বাঁ থেকে ডানে কমে, শ্রেণী বরাবর উপর থেকে নিচে কমে। 15 শ্রেণীর ক্ষেত্রেও তার ব্যতিক্রম হয় না। বরং এই শ্রেণীটি পর্যায়-সারণীর মাঝখানে অবস্থিত হওয়ায় এই পরিবর্তন অন্য শ্রেণী অপেক্ষা এখানে আরও সুপ্রকট। N ও P আদর্শ অধাতু। কিন্তু P-এ সামান্য ধাতব ধর্ম উঁকি মারছে যেমন, P-এর কোন কোন বহুরূপের সামান্য তড়িৎপরিবাহিতা বর্তমান। As আংশিক ধাতব ধর্মবিশিষ্ট অধাতু আর Sb ধাতু কিন্তু এর মধ্যে অবশিষ্ট রয়ে গেছে অধাতব ধর্ম। ধূসর As-এর ধাতব ঔজ্জ্বল্য ও পরিবাহিতা আছে। আবার Sb, গাঢ়  $HNO_3$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $Sb_2O_5$  উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে As ও Sb একেবারে পর্যায় ছকের মাঝামাঝি অবস্থান করায় এদের অধাতব ও ধাতব ধর্ম প্রায় সমান সমান। তাই এদের ধাতুকল্প (metalloid) বলে। Bi-একটি আদর্শ ধাতু।

### 6.3.5 বহুরূপতা

N ও Bi-এর বহুরূপতা নেই। অবশ্য অনেকে সক্রিয় নাইট্রোজেনকে ডাই নাইট্রোজেনের বহুরূপ বলে থাকেন।

সক্রিয় নাইট্রোজেন : খুব কম চাপে (< 1 মিমি.) লম্বা নল বরাবর উঁচু টানের তড়িৎমোক্ষণ পাঠানো হলে সক্রিয় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। তড়িৎ বর্তনীতে একটি সংনমক (condenser) যুক্ত থাকে। মোক্ষণের সীমার বাইরে গ্যাসের মধ্য থেকে একটি হলুদ বর্ণের প্রভা বের হয়—এই ‘পশ্চাদ-প্রভা’ মোক্ষণ বন্ধ করলেও সেকেশু কয়েক স্থায়ী হয়। এই নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশি বলে একে ‘সক্রিয় নাইট্রোজেন’ বলে। নাইট্রোজেন গ্যাসে তড়িৎদ্বার বিহীন মোক্ষণ পাঠালেও এই ঘটনা দৃষ্ট হয়।

1911-য় লর্ড র্যালো এর আবিষ্কার করেন, পরে টি. আর. স্ট্রাট এর ওপরে আরও বিস্তারিত গবেষণা করেন।



অক্সিজেন (0.001–0.015%), মিথেন, পারদবাষ্প প্রভৃতি অশুদ্ধির সামান্য মাত্রায় উপস্থিতিতে সক্রিয় নাইট্রোজেন প্রস্তুতি অনুঘটকায়িত হয়। 573 K-তে উত্তপ্ত করলে বা Pt, Ag, Fe ইত্যাদি কিছু ধাতুর সংস্পর্শে প্রভা বিনষ্ট হয়।

সক্রিয় নাইট্রোজেন তড়িৎপরিবাহী অর্থাৎ এতে আয়ন আছে। কিন্তু প্রভা আয়নিত নাইট্রোজেনের জন্য নয়। হলুদ প্রভার বর্ণালী বিশ্লেষণে আণবিক ও আয়নিত, উভয় প্রকারের নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব ধরা পড়েছে।

সক্রিয় নাইট্রোজেনের সক্রিয়তা ভূমিস্তরের নাইট্রোজেন পরমাণুর জন্য। প্রভা ও রাসায়নিক সক্রিয়তা (উভয়ে অবিচ্ছেদ্য) একটি ত্রয়াঙ্ক (ternary) সংঘর্ষ প্রক্রিয়ার জন্য  $2\text{N} + \text{X} \rightarrow \text{N}_2 + \text{X}^*$ , যেখানে X আণবিক বা পারমাণবিক নাইট্রোজেন, যা নাকি শক্তিসমৃষিত (energised) হয়ে পড়ে এবং পরিশেষে প্রভা বিকীরণ করে। এরূপ ত্রয়াঙ্ক সংঘর্ষ কমই ঘটে, আর তাই প্রভা দীর্ঘস্থায়ী হয়। অশুদ্ধিসমূহ পাত্রের দেয়ালে শোষিত হয় এবং দেয়ালটা ত্রয়াঙ্ক সংঘর্ষে অংশগ্রহণ করতে পারে না; আর তখন গ্যাসের মধ্যেই ঘটে ঐ প্রভা-বিক্রিয়া। যদি দেয়ালটা মেটাফস্ফোরিক অ্যাসিডের প্রলেপ দেওয়া একটা বাল্বে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তবে বেশ কয়েক ঘন্টা প্রভাটা থাকে।

সক্রিয় নাইট্রোজেন খুবই সক্রিয়, যেমন—

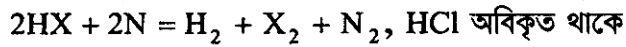
(i) একটি P, S, As, Zn, Cd, Hg, Na, Ca, Al-এর সঙ্গে ঠাণ্ডায় বিক্রিয়া ঘটিয়ে নাইট্রাইড উৎপন্ন করে।

(ii) পারমাণবিক হাইড্রোজেনের সঙ্গে  $\text{NH}_3$  তৈরি করে।

(iii) NO কে বিয়োজিত করে :  $2\text{N} + 2\text{NO} = 2\text{N}_2 + \text{O}_2$

(iv) অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় :  $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{N} \rightarrow 2\text{HCN}$

(v) HI কে বিয়োজিত করে; HBr-কেও করে, তবে কম দ্রুত :



(vi)  $\text{I}_2$  বাষ্পের সঙ্গে সুন্দর একটি নীল প্রভা দেয়।

$\text{H}_2$  ও  $\text{O}_2$ -এর সঙ্গে সক্রিয় নাইট্রোজেন বিক্রিয়া ঘটায় না।

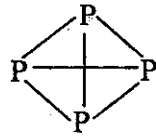
ফস্ফোরাসের বহুরূপতা :

ফস্ফরাস গ্যাসীয় ও তরল অবস্থায় বিচ্ছিন্ন চতুস্তলকীয় (চিত্র 6.1)  $\text{P}_4$ -অণু হিসেবে থাকে; সাদা (হলুদ) ফস্ফরাস কঠিন অবস্থায়ও তাই।  $\text{P}_4$ -অণুর আন্তপারমাণবিক কোণ  $60^\circ$  হওয়ায় এর মধ্যে কৌণিক বিকৃতি (strain) ঘটে, আর তা-ই এর রাসায়নিক সক্রিয়তার কারণ। বাতাসে সাদা ফস্ফরাসে সহজেই

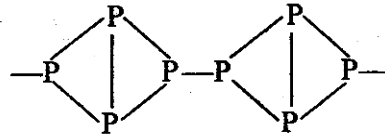


(308 K-তে) আগুন ধরে যায়। সাদা ফস্ফরাস নরম, মোটামুটি উদ্বায়ী ও বিষাক্ত; জৈব দ্রাবকে (যেমন  $CS_2$ ) দ্রবণীয়। জলে এটি অদ্রবণীয়, তাই ফস্ফরাসকে জলে ডুবিয়ে রাখা হয়। সাদা ফস্ফরাস অন্ধকারে হালকা সবুজ প্রভায় ছলে।

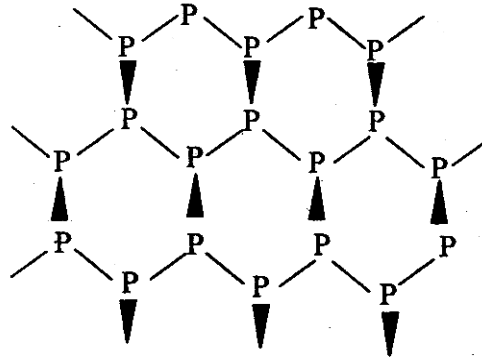
1600 K-র উপরে উত্তপ্ত করলে  $P_4$ -অণু বিয়োজিত হয়ে  $P_2$ -অণু উৎপন্ন করে। বাষ্পকে দ্রুত শীতল করে ফেললে বাদামী ফস্ফরাস পাওয়া যায়। সাদা ফস্ফরাসকে 1000 K তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করলে  $P_4$ -এর একটি P—P বন্ধন খুলে যায় এবং ফস্ফরাসের বহুযৌগিক রূপ লাল ফস্ফরাস (চিত্র 6.2) উৎপন্ন হয়। বহুযৌগিক গঠনের দরুণ এটি কম বিকৃত ও বেশি সক্রিয়। উঁচু চাপে সাদা ফস্ফরাসকে উত্তপ্ত করলে কালো উৎপন্ন হয়। এটি নিষ্ক্রিয় ও এর গঠন স্তরাকৃতি (চিত্র 6.3)-গ্র্যাফাইটের মত। গ্র্যাফাইটের মত এর ধাতব ঔজ্জ্বল্য ও তড়িৎ-পরিবাহিতা আছে। ফস্ফরাসের বহুরূপগুলির মধ্যে কালো ফস্ফরাস সবচেয়ে বেশি ধাতব, তাই একে ধাতব ফস্ফরাস বলে।



চিত্র 6.1



চিত্র 6.2



চিত্র 6.3

ফস্ফরাসের প্রজ্জ্বলন থেকে ফস্ফোরোসেল কথাটা এলেও, এটি ফস্ফোরোসেল নয়। এটি একপ্রকার কেমিলুমিনেসেন্স। এটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া। ফস্ফোরোসেল ভৌত প্রক্রিয়া।

অন্যান্য পদার্থের সঙ্গে রাসায়নিক সক্রিয়তার ক্রম এরূপ : বাদামী > সাদা > লাল > কালো  
শেষেরটি সবচেয়ে নিষ্ক্রিয়।

As ও Sb বিভিন্ন বহুরূপ হিসেবে থাকে। একটি বহুরূপ বর্ণহীন বা হলুদ স্বচ্ছ অধাতব রূপ, CS<sub>2</sub>-তে দ্রবণীয়। অন্যটি গাঢ় রঙের, অস্বচ্ছ এবং কিছুটা ধাতবধর্মী। ধাতব রূপ বেশি সুস্থির। অভিধা ও রকমফের এরূপ : As → হলুদ, কালো, ধূসর ; Sb → হলুদ, কালো, ধাতব।

### 6.3.6 রাসায়নিক ধর্মাবলি

N≡N বন্ধ-শক্তির আধিক্যের (946 কি.জুল.মোল<sup>-1</sup>) দরুন সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয়। সাদা ফস্ফরাস খুবই সক্রিয়, কিন্তু লাল ও কালো ফস্ফরাস নয়। As, Sb, Bi মোটামুটি সক্রিয়।

প্রকৃতির আশীর্বাদ যে নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয়। নতুবা বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন নাইট্রোজেনের একাংশ নিয়ে উধাও হত আর নাইট্রিক অ্যাসিডের সমুদ্র তৈরি হত।

অক্সিজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেন খুবই বেশি তাপমাত্রায় (2500 K) বিক্রিয়া করে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। সাদা ফস্ফরাস মাত্র 308 K তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফস্ফরাস পেন্টাঅক্সাইড উৎপন্ন করে। As, Sb, Bi বাতাসে উত্তপ্ত করলে ট্রাইঅক্সাইড (M<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, M ≡ As, Sb, Bi) উৎপন্ন করে।

নাইট্রোজেন শ্রেণীর অন্য মৌলরা হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে EX<sub>3</sub> ও EX<sub>5</sub> উৎপন্ন করে; নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাবে Bi কেবলমাত্র BiCl<sub>3</sub> উৎপন্ন করে।

N ছাড়া অন্য মৌলরা সালফারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সালফাইড উৎপন্ন করে।

N-ই কেবল উপযুক্ত শর্তে (823 K, 200 বায়ুমণ্ডল চাপ, আয়রন অনুঘটক ও মলিবডেনাম প্রভাবক) হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

15 শ্রেণীর মৌলগুলি ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে; নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে নাইট্রাইড, ফস্ফরাস ফস্ফাইড, আর্সেনিক আর্সেনাইড। Sb ও Bi ধাতুসংকর গঠন করে।

উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে P, As, Sb ও Bi-এর বিক্রিয়ায় যথাক্রমে H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub> (আর্সেনিয়াস অ্যাসিড), Sb<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ও Bi<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> উৎপন্ন হয়। গাঢ় HNO<sub>3</sub>-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় P উৎপন্ন করে ফস্ফোরিক অ্যাসিড; As করে আর্সেনিয়াস ও আর্সেনিক অ্যাসিড; Sb ও Bi করে যথাক্রমে Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ও Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>।

বিভিন্ন মৌলের উপর ক্ষারের বিক্রিয়া বিভিন্নরকম—P উৎপন্ন করে হাইপোফস্ফাইট এবং ফস্ফিন, ফস্ফরাস ডাইহাইড্রাইড ও হাইড্রোজেন; আর্সেনিক করে AsO<sub>3</sub><sup>3-</sup> (আর্সেনাইট); Sb ও Bi অবিকৃত থাকে। এই বিক্রিয়াসমূহ সারণী—7 এ বর্ণিত হল।

সারণি—7

15 শ্রেণীর মৌলসমূহের কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া

$E + O_2 \xrightarrow{\Delta} E_xO_y$	$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎমোক্ষণ}} NO$
	$P \longrightarrow P_2O_3/P_2O_5$
$E + F_2 \longrightarrow E_xF_y$	$M (As, Sb, Bi) \longrightarrow M_2O_3$
$E + X_2 \longrightarrow E_xX_y$ (X = Cl, Br, I)	$N \longrightarrow \times; P, As, Sb \longrightarrow MF_5; Bi \longrightarrow BiF_3$
$E + S \longrightarrow E_xS_y$	$N \longrightarrow \times; P \longrightarrow PX_3/PX_5; As, Sb, Bi \longrightarrow MX_3$
$P + KOH + H_2O \xrightarrow{\Delta} PH_3 / P_2H_4 / H_2 + KH_2PO_2; N, Sb, Bi \longrightarrow \times;$	
	$As \xrightarrow[\text{বিগলন}]{NaOH \text{ সহযোগে}} Na_3AsO_3 + H_2$
$As + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়, তপ্ত)} \longrightarrow H_3AsO_3; N \longrightarrow \times; P \longrightarrow H_3PO_4;$	
	$Sb, Bi \longrightarrow M_2(SO_4)_3$
$As + HNO_3 \text{ (লঘু)} \longrightarrow H_3AsO_3; M \xrightarrow[\Delta]{\text{গাঢ় } HNO_3} H_3MO_4 \text{ (M} \equiv P, As)$	
	$Sb \xrightarrow{\text{গাঢ় } HNO_3} Sb_2O_5$
	$Bi \xrightarrow{\text{গাঢ় } HNO_3} Bi(NO_3)_3$

অনুশীলনী—2

- (1) N ও Bi পেন্টাক্লোরাইড দেয় না কেন?
- (2)  $PCl_3$  পাওয়া যায়, কিন্তু  $PH_5$  পাওয়া যায় না কেন?
- (3) গ্যাসীয় অবস্থায় নাইট্রোজেনের পরমাণুকতা 2, কিন্তু ফস্ফরাসের 4 কেন?
- (4) সাদা P, লাল রূপভেদ অপেক্ষা রাসায়নিকভাবে বেশি সক্রিয় কেন?
- (5) সক্রিয় নাইট্রোজেনের একরূপ নামকরণ হয়েছে কেন?

## 6.4 যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও পর্যাবৃত্তি

### 6.4.1 হাইড্রাইডসমূহ

15 শ্রেণীর মৌলসমূহের উদ্বায়ী হাইড্রাইড সুপরিচিত। N-এর অবশ্য 5টি হাইড্রাইড আছে।  $N_3H, N_2H_4, NH_3, N_4H_4, N_5H_5$ . মৌলসমূহের তুলনীয় হাইড্রাইড  $NH_3$  (অ্যামোনিয়া),  $PH_3$  (ফসফিন),  $AsH_3$  (আরসাইন),  $SbH_3$  (সিটাইন) ও  $BiH_3$  (বিস্মাথাইন)। ফস্ফরাস  $P_2H_4$  ও

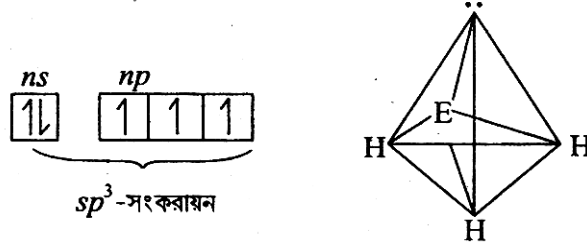
( $\text{PH}_2$ )<sub>x</sub>-ও দেয়। ক্ষারকীয় ধর্ম, সুস্থিরতা ও বিজারক ধর্ম  $\text{NH}_3$  থেকে  $\text{BiH}_3$ -র দিকে কমতে থাকে। অ্যামোনিয়া  $\text{NH}_4\text{X}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  ধরনের জটিল যৌগ গঠন করে।  $\text{PH}_3$  করে  $\text{PH}_4\text{X}$ .  $\text{PH}_4\text{X}$  আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় :  $\text{PH}_4\text{X} + \text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{HX}$  ( $\text{NH}_4\text{X}$ -এর সঙ্গে পার্থক্য)। কোয়ার্টার্নারী যৌগ যেমন,  $\text{NR}_4\text{I}$ ,  $\text{NR}_4\text{OH}$  সুপরিচিত। অনুরূপ P-যৌগও জানা আছে।  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{SbH}_3$  অনেকাংশে  $\text{PH}_3$ -র সমধর্মী, তবে অনেক কম সুস্থির, বরং  $\text{MR}_4\text{X}$  রূপে অনেক বেশি পরিচিতি এদের।  $\text{BiH}_3$  খুবই অসুস্থির, এতটাই যে এর অস্তিত্বই সন্দেহজনক। আপনারা তো জানেনই যে এদের স্ফুটনাংকের পার্থক্য N-এর H-বন্ধ গঠনের স্বপক্ষে একটা বিরাট যুক্তি। এই ট্রাইহাইড্রাইডগুলির ধর্ম সারণি-8-এ দেখানো হল :

### সারণি-8

15 শ্রেণীর ট্রাইহাইড্রাইড ( $\text{EH}_3$ )-এর ধর্ম

ধর্ম	$\text{NH}_3$	$\text{PH}_3$	$\text{AsH}_3$	$\text{SbH}_3$	$\text{BiH}_3$
গলনাংক (K)	195	140	157	185	—
স্ফুটনাংক (K)	240	185	210	255	295
জলে দ্রাব্যতা (v/v, 293 K)	740	0.25	0.20	0.20	—
গন্ধ	ঝাঁঝালো	পঁচা মাছের	রসুনের	—	—
বন্ধন-কোণ	106°45'	94°	91°48'	91°48'	—
বন্ধন-শক্তি (কি.জুল.মোল <sup>-1</sup> )	389	318	247	255	—
দ্বি-মেরু ভ্রামক (D)	1.44	0.55	0.15	—	—

ট্রাইহাইড্রাইডের গঠন চতুস্তলকীয়, একটি শীর্ষে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনজোঁট থাকে।  $sp^3$  সংকরায়ণ (চিত্র 6.4)।



চিত্র 6.4

যেহেতু নিঃসঙ্গ জোঁট ও বন্ধ জোঁটের বিকর্ষণ দুটি বন্ধ জোঁটের বিকর্ষণ ছাড়িয়ে যায়, চতুস্তলকের সুষম আকৃতি বিকৃত হয়ে পড়ে। কেন্দ্রীয় মৌলের অপরাভিঃধর্মিতা যত কমে, বন্ধ জোঁট ততই কেন্দ্রীয় পরমাণুর থেকে দূরে সরে যায়। নিঃসঙ্গ জোঁটও ততই বেশি বিকৃতি ঘটায়। এথেকেই বন্ধন-কোণের ক্রম  $\angle \text{HNH} > \angle \text{HPH} > \angle \text{HAsH} \approx \angle \text{HSbH}$  (সারণি দেখুন) ব্যাখ্যাত হয়।  $\text{AsH}_3$  ও  $\text{SbH}_3$ -র বন্ধনকোণ 90°-র কাছাকাছি। অর্থাৎ বন্ধ গঠনে বিশুদ্ধ p-কক্ষকেরই অংশগ্রহণ ঘটে, নিঃসঙ্গ জোঁট গোলকাকার s-কক্ষকেই থাকে। এ থেকে বোঝা যায় কেন  $\text{NH}_3$  তার নিঃসঙ্গ জোঁট সহজেই প্রদান করে জটিল যৌগ তৈরি করে, কিন্তু অন্য হাইড্রাইডগুলির প্রদায়ক ধর্ম খুবই দুর্বল।

$N_2H_4$ -এর অনুরূপ  $P_2H_4$ . উভয়েই উদ্বায়ী তরল।  $N_2H_4$  খুব মৃদু ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট কিন্তু  $P_2H_4$ -এর কোন ক্ষারকীয় ধর্ম নেই।

অনুশীলনী—3

(1)  $EH_3$  ( $E \equiv N, P, As, Sb$ )-তে বন্ধন-কোণের ক্রম উল্লেখ করে তার কারণ দেখান।

(2)  $NH_3$ -র ক্ষারকীয় ধর্ম  $PH_3$ -র থেকে বেশি কেন?

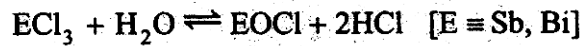
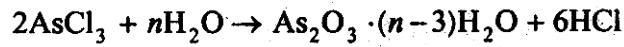
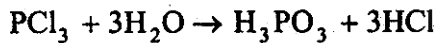
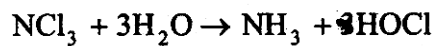
(3) 15 শ্রেণীর ট্রাইহাইড্রাইডের মধ্যে  $NH_3$ -কেই সবচেয়ে সহজে তরল করা যায়। কেন?

### 6.4.2 হ্যালাইডসমূহ

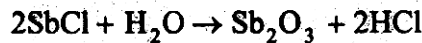
আমরা তো আগে বলেছি যে, 15 শ্রেণীর মৌলগুলি প্রধানতঃ দুটি জারণসংখ্যা দেখায়—+3 ও +5. এর সঙ্গে সঙ্গতি রেখেই দুই শ্রেণীর হ্যালাইড পাওয়া যায়। ট্রাইহ্যালাইড ও পেন্টাহ্যালাইড। আসুন আমরা একে একে এদের আলোচনা করি।

(ক) ট্রাইহ্যালাইড : বক্ষমান শ্রেণীর প্রতিটি মৌলেরই ট্রাইহ্যালাইড  $MX_3$  আছে। নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে কেবল  $NF_3$ -ই সুস্থির, কেন না  $N-F$  বন্ধনগুলি সুস্থির। অন্য সব ট্রাইহ্যালাইড  $NCl_3, NBr_3, NI_3$  অসুস্থির। এদের মধ্যে আবার  $NCl_3$  বিস্ফোরক উদ্বায়ী তরল;  $NBr_3$  ও  $NI_3$  অ্যামোনিয়ামেট (অ্যামোনিয়ার সঙ্গে যুত-যৌগ) রূপে থাকে এবং অ্যামোনিয়া সরিয়ে নিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

$NX_3$  ছাড়া অন্য ট্রাইহ্যালাইডের দ্রুত আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে এবং সংশ্লিষ্ট মৌলের অক্সো-অ্যাসিড, সোদক অক্সাইড বা অক্সোহ্যালাইড এবং হাইড্রোজেন হ্যালাইড পাওয়া যায়।  $NCl_3$ -র আর্দ্রবিশ্লেষণে কিন্তু নাইট্রাস অ্যাসিড ( $HNO_2$ ) এবং  $HCl$  পাওয়া যায় না, পাওয়া যায়  $NH_3$  ও  $HOCl$  :

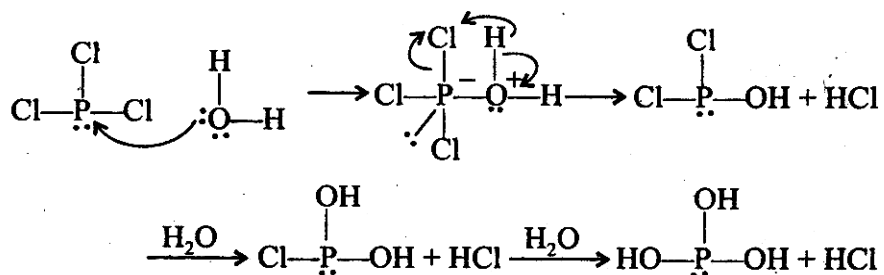
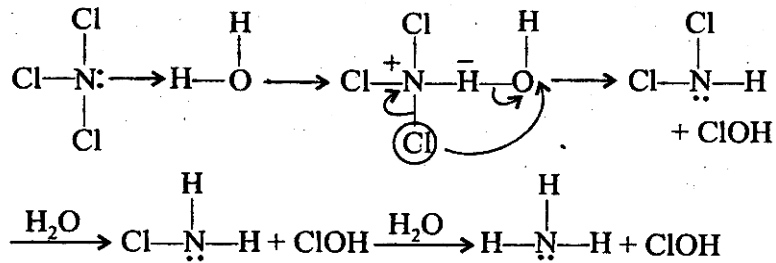


অবশ্য দীর্ঘক্ষণ আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটালে বা উত্তপ্ত করলে  $SbCl_3$ -র ক্ষেত্রেও পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে :

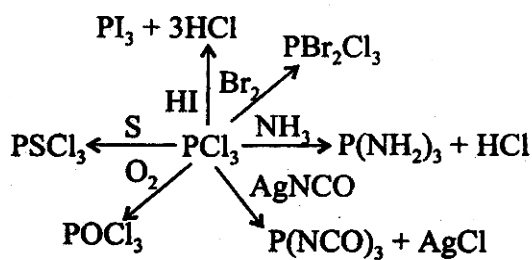


$Sb$  ও  $Bi$ -এর অক্সোক্লোরাইড অ্যাসিড দ্রবণে  $Sb^{3+}$  ও  $Bi^{3+}$  উৎপন্ন করে। এতে দেখা যায় যে  $N \rightarrow Bi$ -এ ধাতব ধর্ম বাড়ে।

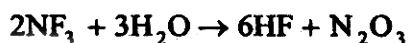
$\text{NCl}_3$  ও  $\text{PCl}_3$ -এর বিভিন্ন ধরনের আর্দ্রবিপ্লেশন নিচের ক্রিয়া-কৌশল দিয়ে বোঝা যায়, এখানে প্রধান কারণ N-পরমাণুতে  $d$ -কক্ষকের অনুপস্থিতি হেতু ইলেক্ট্রন গ্রহণে অসমর্থ :



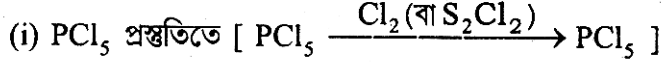
$\text{NX}_3$  ছাড়া অন্যান্য ট্রাইহ্যালাইডগুলি সবই লুইস্ অ্যাসিডরূপে কাজ করে অর্থাৎ ইলেক্ট্রন জোঁট গ্রহণ করে, যেমন  $\text{SbCl}_4^-$ ,  $\text{BiCl}_4^-$  ইত্যাদি হ্যালা অ্যানায়ন গঠন করে। ট্রাইহ্যালাইড জারিত হয়ে পেন্টাহ্যালাইড উৎপন্ন করে। এই জারণের প্রবণতা  $\text{PX}_3$  থেকে  $\text{BiX}_3$ -র দিকে কমে। অবশ্য  $\text{NX}_3$  কিছুতেই জারিত হবার নয়। ট্রাইহ্যালাইডগুলি হ্যালাজেনায়করূপে আচরণ করে।  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{NH}_3$ , হ্যালাজেন,  $\text{HI}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{O}_2$  এবং  $\text{AgNCO}$ -র সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{P}(\text{NH}_2)_3$ ,  $\text{PX}_2\text{Cl}_3$ ,  $\text{PI}_3$ ,  $\text{PSCl}_3$ ,  $\text{POCl}_3$  ও  $\text{P}(\text{NCO})_3$  গঠন করে :



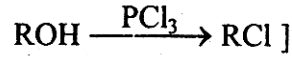
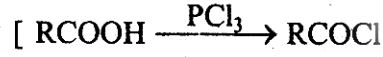
$\text{NF}_3$  অন্যান্য ট্রাইহ্যালাইডের থেকে ধর্মে আলাদা।  $\text{CF}_4$ -এর মতই এটি নিষ্ক্রিয় এবং জল, অ্যাসিড বা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অবশ্য জলীয় বাষ্পের সঙ্গে মিশ্রণে তড়িতাহিত হলে বিক্রিয়া করে :



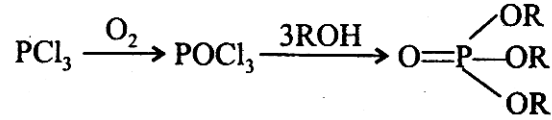
PCl<sub>3</sub> সবচেয়ে প্রয়োজনীয় ট্রাইহ্যালাইড। উৎপাদন 280,000 টোন বছরে। এর ব্যবহার :



(ii) জৈব অ্যাসিড থেকে অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যালকোহল থেকে অ্যালকিল হ্যালাইড তৈরিতে



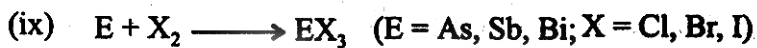
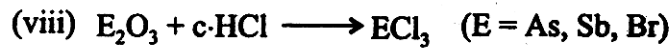
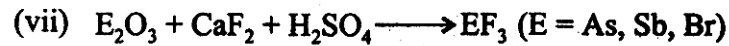
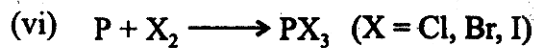
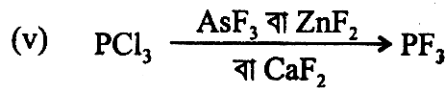
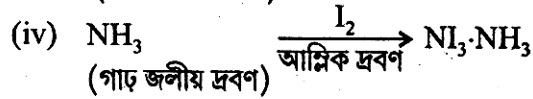
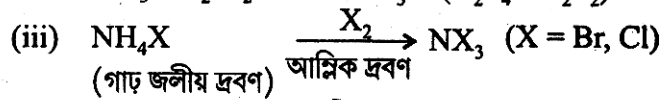
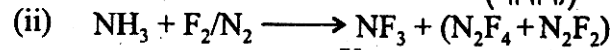
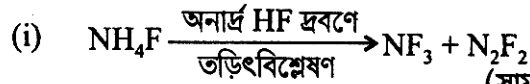
(iii) অক্সিক্লোরাইড তৈরিতে। এই অক্সিক্লোরাইড আবার ব্যবহৃত হয় ট্রাইঅ্যালকিল ও ট্রাইঅ্যারিল ফস্ফেট (RO)<sub>3</sub>PO উৎপাদনে :



এই ফস্ফেট যৌগগুলির কয়েকটি খুব গুরুত্বপূর্ণ :

(ক) ট্রাইইথাইল ফস্ফেট লাগে কীটনাশক প্রস্তুতিতে। (খ) ট্রাইটলাইল ফস্ফেট পেট্রোলে যোগ করা হয়। (গ) ট্রাইঅকটাইল ফস্ফেট ও ট্রাইঅ্যারিল ফস্ফেটসমূহ লাগে পি-ডি-সি-তে নমনীয়কারক রূপে যুক্ত করতে।

প্রস্তুত পদ্ধতি :



ট্রাইহ্যালাইড  $EX_3$  -র গঠন চতুস্তলকীয়, E-র উপর একটি ইলেক্ট্রনজোঁট থাকে। বন্ধ-দৈর্ঘ্য ও দ্বিমেরু ভ্রামক থেকে তা বোঝা যায়।

### সারণি- 9

কয়েকটি  $X-E-X$  কোণের মাপ ও  $X-E$  বন্ধ-দৈর্ঘ্য

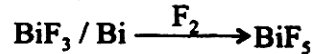
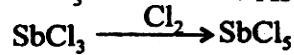
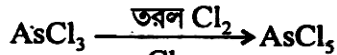
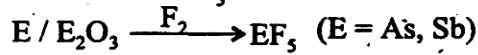
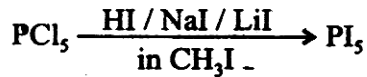
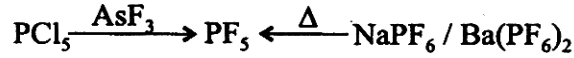
যোগ	$X-E-X$ কোণ	$X-E$ বন্ধ-দৈর্ঘ্য (পিকোমি.)
$NF_3$	$102^\circ 30'$	—
$NCl_3$	$107^\circ 45'$	175
$PF_3$	$96^\circ 20'$	156
$PCl_3$	$100^\circ$	204
$PBr_3$	$101^\circ$	222

অন্যান্য ক্ষেত্রে কোণের মাপ  $\sim 90^\circ$ .

$NF_3$  -র দ্বি-মেরু ভ্রামক  $0.23 D$  ( $NH_3$  -র  $1.47 D$ )। এর কারণ অপরাতিড়িৎধর্মী F পরমাণু ইলেক্ট্রন টেনে নেয় এবং ইলেক্ট্রন জোঁটজনিত বন্ধ-ভ্রামককে প্রশমিত করে।

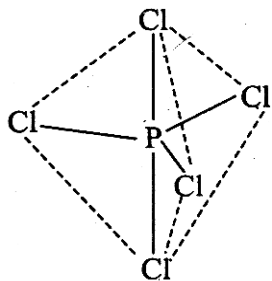
(খ) পেন্টাহ্যালাইড : আপনারা তো জেনেইছেন যে নাইট্রোজেন পেন্টাহ্যালাইড গঠন করে না। অন্যরা করে, তবে সব ক্ষেত্রে ব্রোমাইড / আয়োডাইড পাওয়া যায় না। Bi-এর ক্ষেত্রে ক্লোরাইডও নয়। সুস্থিরতার ক্রম :  $P > Sb > As > Bi$  এবং  $F > Cl > Br$ . তবে  $PBr_5$  ও  $SbCl_5$  সহজেই হ্যালোজেন ছেড়ে দিয়ে ট্রাইহ্যালাইড গঠন করে। যত শ্রেণীর নিচের দিকে যাওয়া যায়, ততই পেন্টাহ্যালাইডের জারণ ক্ষমতা বাড়ে (আর্সেনিকের পেন্টাহ্যালাইড ব্যতিক্রম)। এরা পরবর্তী মৌলের পেন্টাহ্যালাইডের চেয়ে অস্বাভাবিকভাবে বেশি জারকধর্মী।

প্রস্তুত পদ্ধতি :

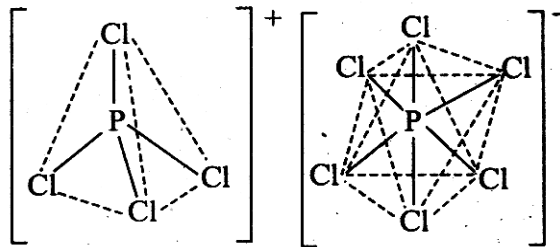




পেন্টাহ্যালাইড বা গ্যাসীয় দশায় দ্বি-ত্রিকোণ চতুষ্তলকীয় (trigonal bipyramid, tbb)। (চিত্র 6.5)



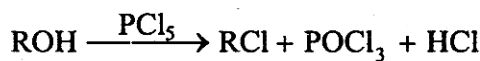
চিত্র 6.5



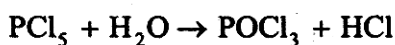
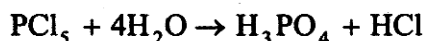
চিত্র 6.6 (a)

অবশ্য কঠিন অবস্থায় এদের গঠনের বিভিন্নতা দেখা যায়। যেমন  $\text{PCl}_5$  সুষ্ণ গঠনের  $[\text{PCl}_4]^+$  (চতুষ্তলকীয়) ও  $[\text{PCl}_6]^-$  (অষ্টতলকীয়) আয়নে বিচ্ছিন্ন হয় (চিত্র 6.6 (a))।  $\text{PBr}_5$   $[\text{PBr}_4]^+ \text{Br}^-$ -এ বিচ্ছিন্ন হয়।

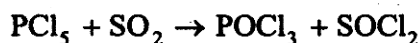
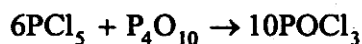
পেন্টাহ্যালাইডসমূহ ভাল হ্যালোজেনায়ন কারক, যেমন  $\text{PCl}_5$  ব্যবহৃত হয় অ্যালকোহলকে অ্যালকিল হ্যালাইড ও কার্বজিলিক অ্যাসিডকে অ্যাসিড ক্লোরাইড-এ রূপান্তরিত করতে :



এরা আর্দ্রবিচ্ছিন্ন হয়ে হয় অক্সোঅ্যাসিড (যেমন  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) বা আর্দ্র অক্সাইড (যেমন  $\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) বা অক্সোহ্যালাইড (যেমন  $\text{BiOCl}$ ) উৎপন্ন করে;  $\text{PCl}_5$  আংশিক আর্দ্রবিচ্ছেদে  $\text{POCl}_3$  উৎপন্ন করে :



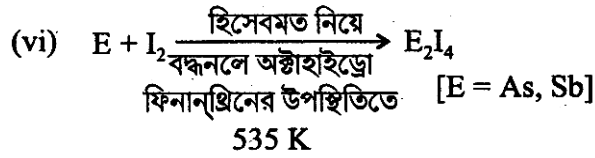
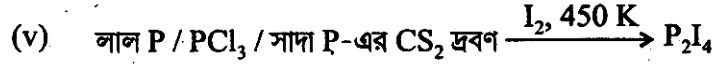
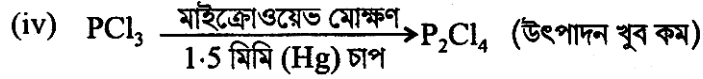
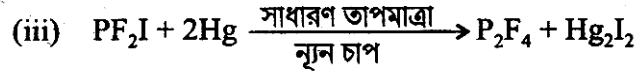
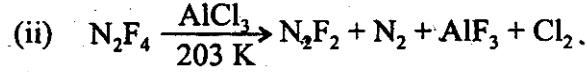
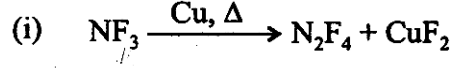
$\text{PCl}_5$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  ও  $\text{SO}_2$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে  $\text{POCl}_3$  ও  $\text{SOCl}_2$  উৎপন্ন করে :



$\text{PCl}_5$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে অনেক ধরণের ফস্ফোনাইট্রিলিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (পরে এর বিস্তৃত আলোচনা পাবেন)।

(গ) নিম্নতর হ্যালাইডসমূহ :  $N_2F_4, N_2F_2, P_2F_4, P_2I_4, As_2I_4, Sb_2I_4$  জানা আছে।  
বিত্তভাবে পরীক্ষিত না হলেও  $P_2Cl_4, P_2Br_4$  বিজ্ঞাপিত হয়েছে।

প্রস্তুত পদ্ধতি :

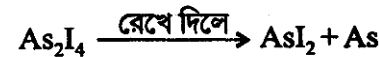
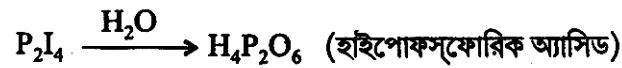
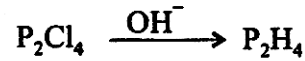
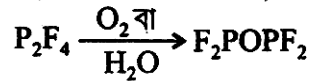
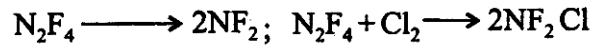


$BiCl$  ও  $Bi_{24}Cl_{28}$  -এর উপস্থিতি বিজ্ঞাপিত হয়েছে।

একটা প্রশ্ন আপনাদের মনে জাগতেই পারে, পেন্টাহ্যালাইড তো পাওয়া যায়, তবে  $EH_5$  পাওয়া যাবে না কেন?

এর উত্তর :  $H$   $d$ -কক্ষকে সংকুচিত করে  $3s$  ও  $3p$ -কক্ষের সমান আকারের করার মত যথেষ্ট অপরাতিড়িৎধর্মী নয়, তাই। অবশ্য  $PHF_4$  ও  $PH_2F_3$  তৈরি করা সম্ভব হয়েছে।

রাসায়নিক ধর্ম :



আমরা তো 15 শ্রেণীর মৌলগুলির হ্যালাইড সম্বন্ধে ধারণা পেলাম। আসুন এক নজরে এদের ভৌতধর্মগুলি দেখে নিই।

সারণি—10

যৌগ	ভৌত অবস্থা (298 K)	গলনাংক K	স্ফুটনাংক K
$\text{NF}_3$	বর্ণহীন গ্যাস	—	400
$\text{NCl}_3$	হালকা হলুদ বিস্ফোরক তরল	—	343
$\text{NBr}_3$	হলুদ কঠিন	—	—
$\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$	কালো বিস্ফোরক কেলাস	—	—
$\text{PF}_3$	বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস	—	373
$\text{P}_2\text{F}_4$	বর্ণহীন গ্যাস	—	267
$\text{PF}_5$	বর্ণহীন তরল	—	458
$\text{P}_2\text{Cl}_3$	বর্ণহীন তরল	—	450
$\text{P}_2\text{Cl}_4$	বর্ণহীন তরল	245	—
$\text{PCl}_5$	বর্ণহীন কঠিন	245	435 (উর্ধ্বপাতন)
$\text{PBr}_3$	বর্ণহীন তরল	—	445
$\text{P}_2\text{Br}_4$	—	—	—
$\text{PBr}_5$	লালাভ হলুদ কেলাস	273 (বিয়োজন)	—
$\text{PI}_3$	লাল কেলাস	273.74	—
$\text{P}_2\text{I}_4$	লাল সূঁচের মত কেলাস	—	—
$\text{PI}_5$	কালো কেলাস	313	—
$\text{AsF}_3$	বর্ণহীন তরল	—	335
$\text{AsF}_5$	বর্ণহীন তরল	—	325
$\text{AsCl}_3$	বর্ণহীন তরল	—	—
$\text{AsCl}_5$	বর্ণহীন তরল	223 (বিয়োজন)	—
$\text{AsBr}_3$	হালকা হলুদ কঠিন	304	—
$\text{AsBr}_5$	হলুদ কঠিন	—	—
$\text{AsI}_3$	লাল কেলাস	413	—
$\text{As}_2\text{I}_4$	লাল কেলাস	410	—
$\text{AsI}_5$	—	—	—
$\text{SbF}_3$	বর্ণহীন কেলাস	662	—

[Contd.]

যৌগ	ভৌত অবস্থা (298 K)	গলনাংক K	স্ফুটনাংক K
SbF <sub>5</sub>	তরল	—	414
SbCl <sub>3</sub>	সাদা জলাকর্ষী কেলাস	346	—
SbCl <sub>5</sub>	তরল	—	413 (বিয়োজন)
SbBr <sub>3</sub>	সাদা জলাকর্ষী কেলাস	370	—
SbI <sub>3</sub>	লাল কেলাস	443	—
BiF <sub>3</sub>	ধূসর-সাদা গুঁড়া	923	—
BiF <sub>5</sub>	সূঁচের মত কেলাস	427	—
BiCl <sub>3</sub>	সাদা জলাকর্ষী কেলাস	506	—
BiBr <sub>3</sub>	হলুদ জলাকর্ষী কেলাস	493	—
BiI <sub>3</sub>	সবুজ-কালো কেলাস	683	—

#### অনুশীলনী—4

- (1) নাইট্রোজেনের ট্রাইহ্যালাইডকে জারিত করে পেন্টাহ্যালাইড করা যায় না কেন?
- (2) NCl<sub>3</sub> ও PCl<sub>3</sub>-র আর্দ্রবিশ্লেষণ বিভিন্ন প্রকারের কেন বিক্রিয়া-কৌশলসহ ব্যাখ্যা করুন।
- (3) NF<sub>3</sub> ও NH<sub>3</sub>-র মধ্যে কার দ্বি-মেরু ভ্রামক বেশি ও কেন?
- (4) NF<sub>3</sub> আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় না কেন?

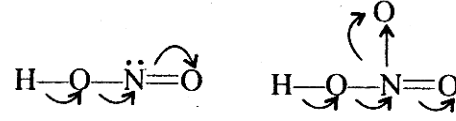
#### 6.4.3 অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

আপনারা জানেন নাইট্রোজেন অনেকগুলি অক্সাইড গঠন করে। তাদের মধ্যে N-এর জারণসংখ্যা +1 থেকে +5 পর্যন্ত হতে পারে। এদের মধ্যে শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের অক্সাইড-এর সঙ্গে তুলনা টানা যায় E<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ও E<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-এই দুই শ্রেণীর ক্ষেত্রেই (P-এর ক্ষেত্রে অক্সাইড দুটির সংকেত P<sub>4</sub>O<sub>6</sub> ও P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>)। আণ্বিক ধর্ম N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> থেকে Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-র দিকে কমে। N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ও P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>) পরিষ্কার আণ্বিকধর্মী—জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড (HNO<sub>2</sub> এবং H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) উৎপন্ন করে। As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> প্রধানতঃ অম্লধর্মীই তবে সামান্য ক্ষারকীয় ধর্মও দেখা যায়। Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> উভধর্মী এবং Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> নিশ্চিতভাবে ক্ষারকীয়। M<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-এর ক্ষেত্রেও অম্লধর্মিতা এই ক্রম অনুসরণ করে। তবে আপনারা তো-জানেনই যে নিম্নতর অক্সাইড অপেক্ষা উচ্চতর অক্সাইড বেশি অম্লধর্মী হয়। M<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>) ও As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> যথাক্রমে HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (এবং HPO<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ও H<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>) ও H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>-এর অনার্দ্রক (anhydride)। Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> উভধর্মী; B<sub>2</sub>O<sub>5</sub> মুখ্যতঃ ক্ষারকীয় হলেও সামান্য আণ্বিক ধর্মও দেখায় (যেমন কস্টিক ক্ষার সহযোগে বিগলিত করলে NaBiO<sub>3</sub>-র মত বিস্মিউথেট উৎপন্ন করে)। N-ছাড়া অন্য মৌলগুলি যে কম সংখ্যক অক্সাইড গঠন করে তার মূলে আছে তাদের দ্বি-বন্ধ গঠনে অপারগতা।

N ও P অনেকগুলি অক্সোঅ্যাসিড গঠন করে। কিন্তু শ্রেণীর অন্য মৌলের ক্ষেত্রে অক্সোঅ্যাসিড অত দৃঢ় নিশ্চিত নয়। N তো H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>-র মতো অনেকগুলি

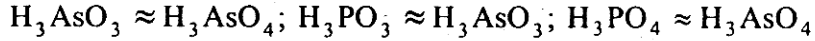
অক্সোঅ্যাসিড গঠন করে। P-ও  $H_3PO_2$ ,  $H_3PO_3$ ,  $H_4P_2O_6$ ,  $H_3PO_4$  প্রভৃতি বেশ কিছু অক্সোঅ্যাসিড দেয়। এদের মধ্যে  $HNO_3$ -র অ্যাসিড-তীব্রতা সবচেয়ে বেশি। P-এর ক্ষেত্রে কিন্তু হাইপোফস্ফরাস অ্যাসিড ( $H_3PO_2$ ), ফস্ফরাস অ্যাসিড ( $H_3PO_3$ ) ও ফসফোরিক অ্যাসিড ( $H_3PO_4$ )-এর তীব্রতা প্রায় সমান।

আসুন এর একটু ব্যাখ্যা দেওয়া যাক। আগে বুঝে নিতে হবে অক্সোঅ্যাসিড অ্যাসিড কেন? O-পরমাণু ইলেক্ট্রন নিজের দিকে টেনে নেয়, ফলে কেন্দ্রীয় পরমাণু পরাধর্মী হয়ে পড়ে, সে আবার O—H-এর O-থেকে ইলেক্ট্রন টানে আর অবশেষে H প্রোটন হয়ে বেরিয়ে যাবার সম্ভাবনা থাকে। তাই এরা আম্লিক। পাউলিং-এর নিয়ম অনুযায়ী  $EO_x(OH)_y$ -এর ক্ষেত্রে  $x$  বাড়লে আম্লিক তীব্রতা বাড়ে,  $y$  বাড়লে কমে। তাই  $HNO_3$ ,  $HNO_2$  অপেক্ষা তীব্রতর অম্ল (চিত্র 6.6 b) :



চিত্র 6.6 (b)

এই নিয়মানুযায়ী আম্লিক তীব্রতার ক্রম  $H_3PO_2 < H_3PO_3 < H_3PO_4$  হওয়া উচিত। কিন্তু P-এর অপরাতিড়িংধর্মিতা অনেক কমে যাওয়ায় এদের আম্লিক তীব্রতা মোটামুটি সমান। একই কারণে আম্লিক তীব্রতা ধরলে :



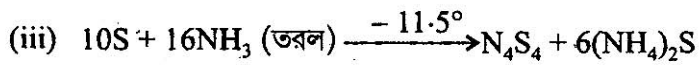
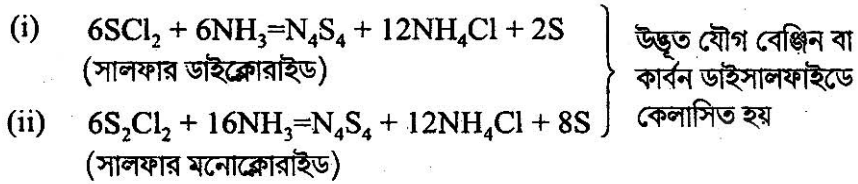
জলীয় দ্রবণে P-এর অ্যাসিডগুলি মাঝামাঝি তীব্রতার। সব অ্যাসিডগুলি জানা আছে। As-এর ক্ষেত্রে নিম্নতর অ্যাসিড নিশ্চিতভাবে জানা নেই। সম্ভবতঃ এটি আর্দ্র অক্সাইড।  $H_3AsO_4$  জানা আছে, এবং এটি মাঝামাঝি তীব্রতার অ্যাসিড এবং ক্ষমতাশালী জারকও। এদের সবার লবণও জানা আছে। আর্সেনেট ( $AsO_4^{3-}$ ) ও অর্থোফস্ফেট ( $PO_4^{3-}$ ) সমাকৃতি। Sb-র ক্ষেত্রে নিম্নতর অক্সোঅ্যাসিড জানা নেই। তবে অ্যান্টিমোনাইট লবণ  $SbO_2^-$  জানা আছে। উচ্চতর অক্সোঅ্যাসিড দ্রবণে জানা আছে। তবে অ্যান্টিমোনেট লবণ যে নিশ্চিতভাবে  $SbO_4^{3-}$  আয়ন ধারণ করে তা ঠিক নাও হতে পারে। অ্যান্টিমোনেট লবণ যেমন  $K[Sb(OH)_6]$ ,  $M^I SbO_3$ ,  $M^{III} SbO_4$ ,  $M_2^{II} Sb_2O_7$ -এর মধ্যে  $SbO_6$  অষ্টতলক অবস্থান করে। Bi-এর কোন অক্সোঅ্যাসিড জানা নেই। কেবলমাত্র সম্ভাব্য বিসমিউথিক অ্যাসিডের লবণ  $NaBiO_3$  জানা আছে। N-এর অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডগুলির মধ্যে N ও O-এর মধ্যে  $p\pi-p\pi$  বহুবন্ধ গঠিত হয়। শ্রেণীর অন্য মৌলের ক্ষেত্রে তা হয় না বলেই N-এর মত অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডের এত আধিক্য তাদের ক্ষেত্রে নেই।

#### অনুশীলনী—5

- (1) 15 শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে N-এর অক্সাইডের এত সংখ্যাধিক্য কেন বলতে পারেন?
- (2) (i)  $HNO_2$ ,  $HNO_3$ ; (ii)  $H_3PO_2$ ,  $H_3PO_3$ ,  $H_3PO_4$ ; (iii)  $H_3PO_4$ ,  $H_3AsO_4$ -এ আম্লিক তীব্রতার ক্রম ব্যাখ্যা করুন।

#### 6.4.4 সালফাইডসমূহ

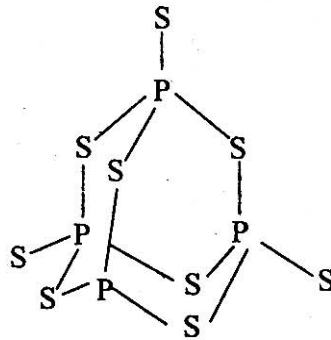
N-এর একমাত্র জ্ঞাত সালফাইড কমলা বর্ণের কেলাসাকার  $N_4S_4$  (টেট্রানাইট্রোজেন টেট্রা-সালফাইড)। অবশ্য মৌলদ্বয়ের অপসাতডিৎধর্মিতার নিরিখে একে নাইট্রোজেনের সালফাইড না বলে সালফারের নাইট্রাইড বলাই ভালো। এটি প্রস্তুত হয় :



[পার্শ্ব বিক্রিয়া  $\text{S}^{2-} + x\text{S} \rightarrow \text{S}_{x+1}^{2-}$  (পলিসালফাইড)।  $\text{S}^{2-}$  ও পলিসালফাইড  $\text{AgNO}_3$  দিয়ে তাড়িয়ে দ্রবণকে উদ্বায়িত করলে কেলাস পাওয়া যায়।]

এর আর্দ্র বিশ্লেষণে  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , ট্রাই-ও পেন্টাথায়োনেট পাওয়া যায়।

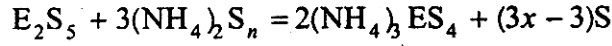
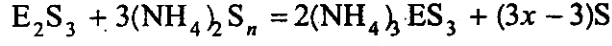
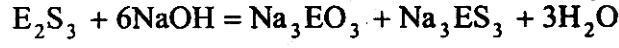
P হলুদ কঠিন  $\text{P}_2\text{S}_5$  (প্রকৃতপক্ষে  $\text{P}_4\text{S}_{10}$ ) জানা আছে। প্রস্তুতি  $\text{P}_4 + \text{S} \xrightarrow{>573\text{K}} \text{P}_4\text{S}_{10}$ । তাপমাত্রা নির্ভর P / S দশা চিত্র থেকে  $\text{P}_4\text{S}_3$ ,  $\text{P}_4\text{S}_4$ ,  $\text{P}_4\text{S}_5$ ,  $\text{P}_4\text{S}_6$ ,  $\text{P}_4\text{S}_7$ ,  $\text{P}_4\text{S}_9$ -এর ইঙ্গিত পাওয়া যায়।  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  ঠাণ্ডা জলে আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হয়ে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ও  $\text{H}_2\text{S}$  উৎপন্ন করে। এর গঠন



As-এর ক্ষেত্রে সোনালী হলুদ  $\text{As}_2\text{S}_3$  ও  $\text{As}_2\text{S}_5$ ; Sb-র ক্ষেত্রে কমলা রঙের  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  ও  $\text{Sb}_2\text{S}_5$  এবং Bi-এর ক্ষেত্রে চকোলেট রঙের  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  জানা আছে।

সংশ্লিষ্ট যৌগের জলীয় দ্রবণে (আম্লিক পরিমণ্ডলে)  $\text{H}_2\text{S}$  পাঠালে সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।  $\text{P} \rightarrow \text{Bi}$  সালফাইডের আম্লিক থেকে ক্ষারকীয় ধর্মে উত্তরণ সংশ্লিষ্ট অক্সাইডের ক্ষেত্রের অনুরূপ। As ও

Sb-সালফাইড, NaOH বা ইয়েলো অ্যামোনিয়াম সালফাইড  $[(NH_4)_2S_n]$  দ্রবণে দ্রবণীয়—দ্রবণে আর্সেনাইট / আর্সেনেট এবং অ্যান্টিমোনাইট/অ্যান্টিমোনেট উৎপন্ন হয় :



অ্যাসিড যোগ করে দ্রবণ থেকে  $S^{2-}$  অধঃক্ষিপ্ত করা যায়।

$Bi_2S_3$ , NaOH বা ইয়েলো অ্যামোনিয়াম সালফাইডে দ্রবণীয় নয়। As-সালফাইড মৃদু ক্ষারক  $NH_4OH$ , এমন কী অ্যামোনিয়াম কার্বোনেটে দ্রবীভূত হয়। Sb-সালফাইড লাইকার অ্যামোনিয়াম দ্রবীভূত হয়, অ্যামোনিয়াম কার্বোনেটে হয় না।

হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইড-এর ক্ষেত্রে প্রাপ্ত E (III) থায়ো লবণ থেকে অ্যাসিড যোগ করলে E (V) সালফাইড পাওয়া যায়। অতিরিক্ত  $(NH_4)_2S_n$  থেকে অ্যাসিড যোগ করে পাওয়া  $H_2S_2$  জারকের ভূমিকা পালন করে :

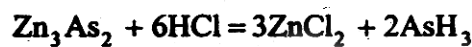
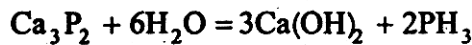


অনুশীলনী—6

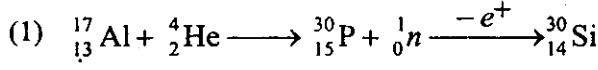
- (1)  $N_4S_4$ -এর নাম কী হওয়া উচিত ও কেন? কীভাবে এটি তৈরি হয়?
- (2) বিশ্লেষণের জন্য দেওয়া একটি নমুনায় আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিস্মাথ মূলক আছে। তাদের সালফাইডের আন্লিক ধর্মের পার্থক্যের উপর নির্ভর করে তাদের সনাক্ত করার একটি সহজ উপায় বলুন।
- (3)  $As_2O_3$ -র জলীয় দ্রবণে  $H_2S$  পাঠানো হল; প্রাপ্ত অধঃক্ষেপকে পর্যায়ক্রমে ইয়েলো অ্যামোনিয়াম সালফাইড ও অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হল। কী ঘটবে?

#### 6.4.5 খাতব যৌগসমূহ

এই শ্রেণীর সবকটি মৌলই খাতুর সঙ্গে দ্বি-মৌলিক যৌগ গঠন করে, যেমন, নাইট্রাইড ( $Li_3N$ ), ফস্ফাইড ( $Ca_3P_2$ ), আর্সেনাইড ( $Na_3As$ ), অ্যান্টিমোনাইড ( $Mg_3Sb_2$ ), বিস্মাথাইড ( $Mg_3B_2$ )। এদের সরাসরি সংশ্লিষ্ট মৌল দ্বারা বিক্রিয়ায় তৈরি করা যায়। এরা জল বা লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রাইড উৎপন্ন করে :



অনুশীলনী—7



এই বিক্রিয়াক্রমে তেজস্ক্রিয় ফস্ফরাস উৎপন্ন হয়েছে কী করে বুঝবেন?

## 6.5 নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণ

পর্যায় সারণীর অন্য সব শ্রেণীর প্রথম সদস্যের মত নাইট্রোজেনও তার অন্য সমশ্রেণীকের চেয়ে অন্যরকম আচরণ করে। এই ব্যতিক্রান্ত আচরণের মূলে আছে এর ছোট আকার, বেশি অপরাতিভেদিত্ব, বহু-বন্ধ গঠনের প্রবণতা ও যোজ্যতা কক্ষকে  $d$ -ইলেক্ট্রনের অনুপস্থিতি। এই ব্যতিক্রান্ত আচরণের কিছু নিদর্শন আপনারা আগের বর্ণনার স্থানে স্থানে দেখেছেন, পরের দিকে আরও দেখবেন। আমরা একত্রে সব তথ্যগুলি তুলে দিলাম।

- নাইট্রোজেন মৌলাবস্থায় স্থায়ী গ্যাস, অণুর গঠন  $\text{N}\equiv\text{N}$ ; অপরদিকে অন্য মৌলগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন। গ্যাসীয় অবস্থায় P, As ও Sb অণুর পরমাণুকতা 4; অর্থাৎ অণুর সংকেত  $\text{E}_4$ । এর কারণ ত্রিবন্ধবিশিষ্ট নাইট্রোজেনের বন্ধ-শক্তি P-এর চেয়ে বেশি; অর্থাৎ  $E_{\text{N}\equiv\text{N}} \gg E_{\text{P}\equiv\text{P}}$ ; কিন্তু একক বন্ধের ক্ষেত্রে ব্যাপারটা ঠিক উল্টো,  $E_{\text{P}-\text{P}} \gg E_{\text{N}-\text{N}}$ ।
- $\text{N}\equiv\text{N}$  বন্ধ-শক্তির উচ্চমানের জন্য নাইট্রোজেন খুবই নিষ্ক্রিয়। ভারি মৌলগুলি তুলনামূলকভাবে বেশি সক্রিয়।
- নাইট্রোজেন বহুসংখ্যক জারণসংখ্যা দেখায়, যেমন,  $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5$ । অন্য মৌলগুলি এত বিভিন্ন জারণসংখ্যা দেখায় না।
- $\text{NF}_3$  ছাড়া N-এর অন্য হ্যালাইডসমূহ,  $\text{NCl}_3, \text{NBr}_3, \text{NI}_3$  অসুস্থির এবং খুবই বিস্ফোরক। অন্য মৌলসমূহের হ্যালাইডগুলি কিন্তু বেশ সুস্থির।
- নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ গ্যাসীয়, অন্যদিকে P, As ইত্যাদির অক্সাইড কঠিন।
- নাইট্রোজেন তার অষ্টক প্রসারিত করতে পারে না, কিন্তু P ও অন্য মৌলগুলি পারে; আর তাই পরের মৌলগুলির সর্বগাংক 4-এর বেশি। তাইতো দেখা যায়  $\text{PF}_5, \text{PF}_6^-$ -এর অনুরূপ N-এর যৌগ নেই। N-এর রসায়ন-এর উপর এর আরও অনেক প্রভাব আছে; যেমন  $\text{NCl}_3$ -র আর্দ্রবিশ্লেষণ ধীরে ঘটে এবং আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে  $\text{PCl}_3$ -র আর্দ্রবিশ্লেষণ অপেক্ষা অন্যতর যৌগ উৎপন্ন হয়।  $\text{PCl}_3$ -র আর্দ্রবিশ্লেষণ অনেক দ্রুত ঘটে।
- N-যেহেতু সর্বাধিক অপরাধর্মী মৌলগুলির একটি, এটি H-বন্ধ গঠনে পারঙ্গম। অন্য মৌলসমূহের অপরাধর্মিতা কম, তাই H-বন্ধও গঠিত হয় না।

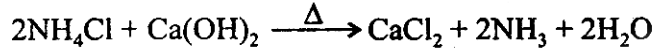
## 6.6 হাইড্রাইডসমূহের বিস্তৃত আলোচনা

আমরা 6.4.1 অংশে 15 শ্রেণীর মৌলসমূহের হাইড্রাইডসমূহের তুলনামূলক আলোচনা করেছি। এই অংশে আমরা এদের প্রস্তুতি, ব্যবহার, ধর্ম ইত্যাদির উপর বিস্তৃত আলোচনা করব।

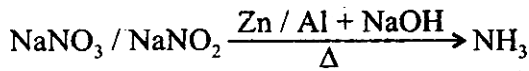
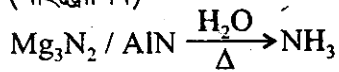
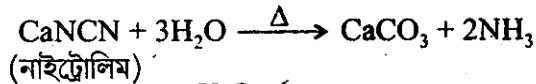


## 6.6.1 অ্যামোনিয়া

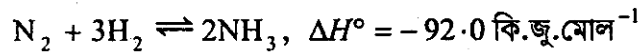
অ্যামোনিয়া একটি গুরুত্বপূর্ণ শিল্পোৎপাদন। নাইট্রোজেনের সব যৌগের মধ্যে এটিই সবচেয়ে বেশি উৎপাদিত হয়। বীক্ষণাগারে অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে ক্ষারকের উত্তাপনে অ্যামোনিয়া তৈরি হয় :



অন্যান্য পদ্ধতি :



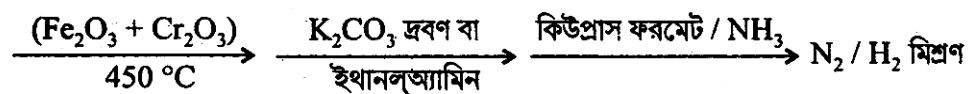
হাবের (Haber) পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন করা হয়। 1:3 অনুপাতে  $\text{N}_2/\text{H}_2$  গ্যাস-মিশ্রণ ~ 250 বায়ুমণ্ডল চাপে 800 K উষ্ণতায়, আয়রন অনুঘটক (+ মলিবডেনাম্ প্রভাবক)-এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করে :



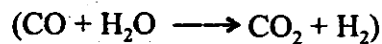
লা স্যাতেলিয়ারের নিয়মানুযায়ী বিক্রিয়াটি কম তাপমাত্রা ও বেশি চাপে ঘটে। উল্লিখিত তাপমাত্রা সর্বাধিক ফলদায়ী। সম্মুখ বিক্রিয়ার স্বার্থে উৎপন্ন  $\text{NH}_3$ -কে ক্রমাগত দ্রবীভূত বা তরলীভূত করে সরিয়ে নেওয়া হয়। অবিকৃত গ্যাস পুনর্বারবহৃত হয়।

$\text{NH}_3$ -র শিল্পোৎপাদনে প্রয়োজনীয় 1 : 3  $\text{N}_2/\text{H}_2$  মিশ্রণ যদি ওয়াটার গ্যাস-প্রডিউসার গ্যাস থেকে পাওয়া যায়। তবে পদ্ধতির নাম হয় হাবের-বস্ (Haber-Bosch) পদ্ধতিতে। অন্যভাবে তা সংগৃহীত হলে পদ্ধতিকে বলা হয় হাবের পদ্ধতি। এই অন্যান্য পদ্ধতির মধ্যে আছে জলের তড়িৎবিচ্ছেদে  $\text{H}_2$  ও তরল বায়ুর আংশিক পাতনে  $\text{N}_2$  সংগ্রহ।

বস্ পদ্ধতি :  $(\text{CO} + \text{H}_2)$  ওয়াটার গ্যাস +  $(\text{N}_2 + \text{CO})$  (প্রডিউসার গ্যাস) +  $\text{H}_2\text{O}$  (স্টীম)



অন্য আরও পদ্ধতি আছে।



অ্যামোনিয়া ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, জলে দ্রব্য গ্যাস। উচ্চ চাপে ও কম তাপমাত্রায় একে সহজে তরলে পরিণত করা যায়। অ্যামোনিয়া দ্রবণকে সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বলা হয়। বাজারে বিক্রীত ঘন দ্রবণকে বলে লাইকার (liquor) অ্যামোনিয়া। তবে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড নামটি সুপ্রযুক্ত

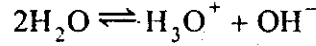
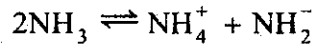
নয়; জলীয় দ্রবণ বলাই ভাল। দ্রবণে  $\text{NH}_4^+$  (aq),  $\text{NH}_3$  (aq) ও  $\text{OH}^-$  (aq) থাকে :  
 $\text{NH}_3$  (aq) +  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$  (aq) +  $\text{OH}^-$  (aq)—এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়া-ধ্রুবক (K)  $1.81 \times 10^{-5}$ ।  
এ থেকে বোঝা যায় যে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ মৃদু ক্ষার। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়া দ্রবণ pH 10-এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করে। ধাতুবিশেষের হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করতে এই মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়ার ধর্ম আপনারা নিচু ক্লাসে বিস্তৃত পড়েছেন, এখানে তাই তার পুনরুল্লেখ করা হল না।

আগে তো জেনেছেনই যে  $\text{NH}_3$  অণুর গঠন পিরামিডাকার, একটি শীর্ষে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন-জোঁট থাকে।  $\text{H}^+$  আয়নের সঙ্গে যে  $\text{NH}_4^+$  গঠিত হয় তার আকার চতুষ্তলকীয়। অ্যামোনিয়া লুইস অ্যাসিডকে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন-জোঁট প্রদান করে জটিল যৌগ গঠন করে, যেমন  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_2)]^+$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  ইত্যাদি।

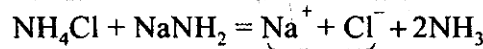
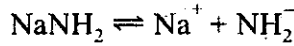
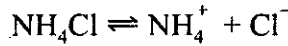
**অনুদকীয় (Non-aqueous) দ্রাবকরূপে তরল অ্যামোনিয়া :**

তরল অ্যামোনিয়া অনেকদিক থেকেই জলের মত দ্রাবক ধর্ম দেখায়।  $\text{NH}_3$ -র স্ফুটনাংক 239.6 K, দ্বি-তড়িতিক (dielectric) ধ্রুবক 240 K তাপমাত্রায় 22 (জলের ক্ষেত্রে 290 K-তে 81.1)। জলের মতই স্বতঃ আয়নিত হয় :



এ কারণে  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  তরল অ্যামোনিয়ায় অ্যাসিড এবং  $\text{NaNH}_2$  ক্ষারক।

এদের মধ্যে প্রশমণ বিক্রিয়া ঘটে :

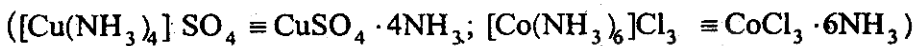


অ্যাসিড      ক্ষারক      লবণ      দ্রাবক

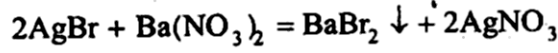
ফ্রাঙ্কলিন প্রথম তরল অ্যামোনিয়ার দ্রাবক ধর্মের নিরীক্ষা করেন।

অনুরূপে  $\text{PbNH}$ ,  $\text{AlN}$ -ও তরল অ্যামোনিয়ায় ক্ষারক।

আগে দেখানো হয়েছে অ্যামোনিয়া কীভাবে অ্যামোনিয়েট গঠন করে :



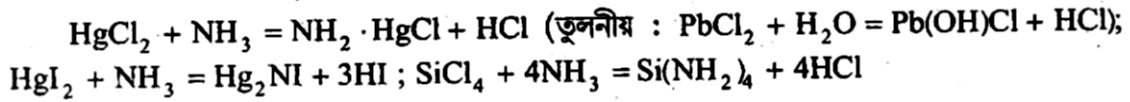
দ্বি-পরিবর্ত (metathetical) বিক্রিয়া :



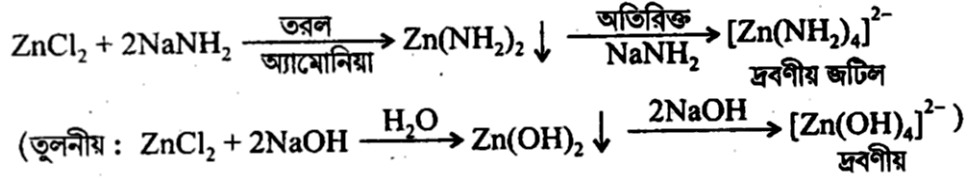
উভয়েই তরল  $\text{NH}_3$ -য় দ্রাব্য

প্রকৃতপক্ষে  $\text{BaBr}_2 \cdot 8\text{NH}_3$  অধঃক্ষিপ্ত হয়।

অ্যামোনোলিসিস্ বিক্রিয়া :



উভধর্মিতা :

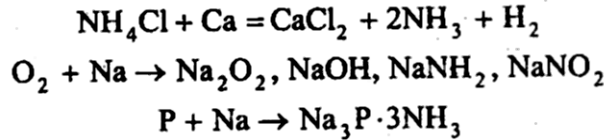


জারণ-বিজারণ :

Na-এর মত ধাতু তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়ে ইলেক্ট্রন মুক্ত করে :

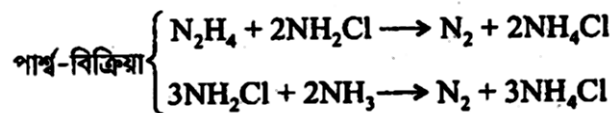
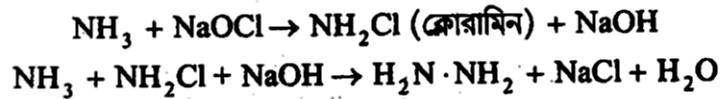


সে কারণে তরল অ্যামোনিয়ায় নানা ধরণের কিছু জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া পাওয়া যায় :



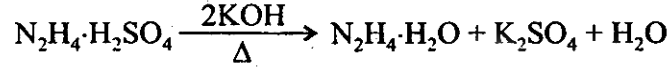
### 6.6.2 হাইড্রাজিন, $\text{N}_2\text{H}_4$

অ্যামোনিয়া ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রাজিন তৈরি হয়। (Raschig-এর পদ্ধতি) অনাবশ্যক পার্শ্ব-বিক্রিয়া রোধ করার জন্য অল্প পরিমাণে জিলাটিন যোগ করা হয় :



প্রাপ্ত মিশ্রণে 9 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণ ব্যুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা যোগ করলে হাইড্রাজিন সালফেট কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রাজিন পেতে হলে N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N<sub>2</sub>H<sub>5</sub>·HSO<sub>4</sub>) কে কঠিন KOH সহযোগে উত্তপ্ত করতে হয় :

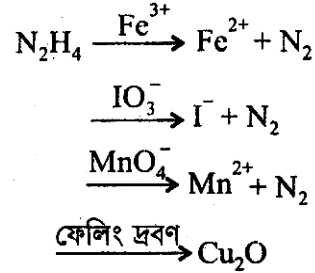


হাইড্রাজিন হাইড্রেটকে NaOH-র উপরে রেখে শুষ্ক করে পাতিত করলে অনার্দ্র হাইড্রাজিন পাওয়া যায়। 500 K তাপমাত্রায় এটি বিয়োজিত হয়ে N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> ও H<sub>2</sub> উৎপন্ন করে।

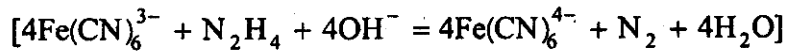
হাইড্রাজিন বর্ণহীন, ধূমায়মান তরল। এটি ডাইহাইড্রেট, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O এবং দুই শ্রেণীর লবণ যেমন N<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl ও N<sub>2</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> গঠন করে। বাতাসে হাইড্রাজিন প্রজ্জ্বলিত হয়ে N<sub>2</sub> ও জল উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া তাপমোচী (ΔH° = -622 কি.জুল)। রকেট-জ্বালানী হিসাবে (তরল বাতাস, অক্সিজেন, ওজোন বা হাইড্রোজেন পারক্সাইড-এর সঙ্গে) এটি ব্যবহৃত হয় :

হাইড্রাজিন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সমতুল্য নাইট্রোজেন যৌগ। এর জারণ ও বিজারণ দুধরণের ধর্মই আছে, তবে বিজারণ ধর্মই প্রধান।

বিজারণ ধর্ম :

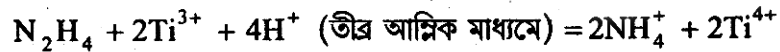


NaHCO<sub>3</sub>-এর উপস্থিতিতে I<sub>2</sub> সম্পূর্ণভাবে I<sup>-</sup>-এ বিজারিত হয়। ক্ষার মাধ্যমে পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড, ফেরোসায়ানাইডে বিজারিত হয় :



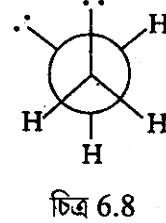
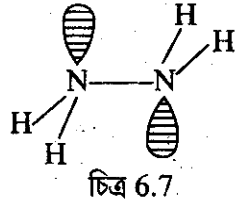
এই বিক্রিয়া দুটি হাইড্রাজিনের পরিমাপনে ব্যবহৃত হয়। জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> কে N<sub>2</sub>-এ জারিত করে। তাই এটি বয়লারে ব্যবহৃত জলের অক্সিজেন-বিতারক রূপে ব্যবহৃত হয়।

জারণ ধর্ম :



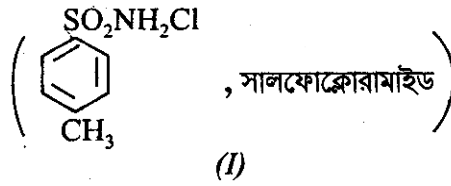
হাইড্রাজিনের গঠন (চিত্র 6.7) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-র অনুরূপ। N-পরমাণু দুটির চতুস্তলকীয় সংকরায়িত, N-এর উপরে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন-জোড় আছে। তাই Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> ইত্যাদির সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে

রামন বর্ণালী ও দ্বি-মেরু ভ্রামক (1.85 D) দেখায় যে  $N_2H_4$  অণু  $H_2O_2$ -র মতই অসামতালক। N—H বন্ধ-দৈর্ঘ্য 104 পিকোমি, N—N বন্ধ-দৈর্ঘ্য 147 পিকোমি ( $H_2O_2$ -র O—O বন্ধ-দৈর্ঘ্যের সমান) এবং H—H—H কোণ  $108^\circ$ । 298 K তাপমাত্রায়  $N_2H_4$  100% 'গাউস্' (Gauche) আকারের (চিত্র 6.8) :

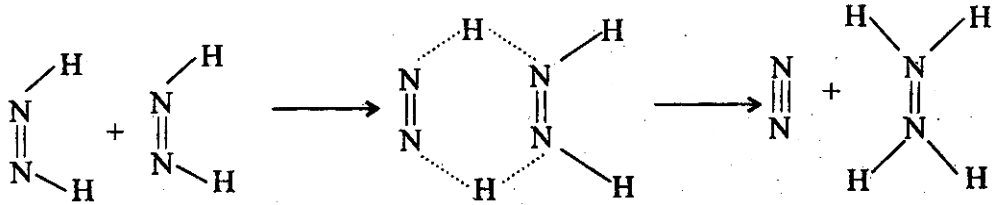


### 6.6.3 ডাইইমিন $N_2H_2$

এটি মূল অ্যাজো যৌগ; গঠন  $HN=NH$ । একে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা যায় না। তবে এর ক্ষণস্থায়ী অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে গ্যাসীয় দশায়।  $N_2H_4$ -কে আণব  $O_2$ , পারক্সাইড, ক্লোরামিন-T (I)

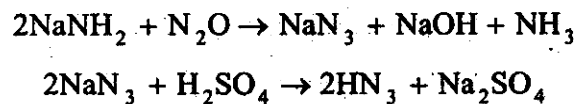


ইত্যাদি দিয়ে জারিত করলে  $N_2H_2$  পাওয়া যায়। ডাইইমিন বিযোজিত হয়ে  $N_2$  ও  $H_2$  হয়, অথবা স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয়ে  $N_2$  ও  $N_2H_4$  হয় :



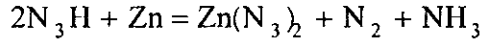
### 6.6.4 হাইড্রাজেনিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন অ্যাজাইড $HN_3$ ও অ্যাজাইডসমূহ

এটি বর্ণহীন, বিস্ফোরক তরল (স্ফুটনাংক 310 K)। সোডামাইড, নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্গে 450 K তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে সোডিয়াম অ্যাজাইড উৎপন্ন করে, যা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রাজেনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :



এটি মৃদু অ্যাসিড ( $pK = 4.55$ ) ও জলীয় দ্রবণে 1% বিয়োজিত হয়,  $N_3H \rightleftharpoons N_3^- + H^+$ . তাপ প্রয়োগে বিস্ফোরণসহ বিয়োজিত হয় :  $2N_3H \rightarrow 3N_2 + H_2$ . এর Pb, Hg ও Ba লবণ আঘাত করলে বিস্ফোরিত হয়, তাই বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ক্ষার ধাতুর অ্যাজাইড বিস্ফোরক নয়, এরা সহজভাবে বিয়োজিত হয় :  $2NaN_3 = 3N_2(g) + 2Na(l)$ । জৈব অ্যাজাইড ও হ্যালোজেন অ্যাজাইড ( $N_3X$ ,  $X = F, Cl, Br, I$ ) বিস্ফোরক।

হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে, কিন্তু  $H_2$  উৎপন্ন হয় না :



ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যাজাইডের কিছু সাদৃশ্য আছে; যেমন,  $AgNO_3$  দ্রবণের সঙ্গে  $NaN_3$  দ্রবণ বিক্রিয়া করে অদ্রাব্য  $AgN_3$  অধঃক্ষিপ্ত করে। তাই  $N_3^-$  কে হ্যালোজেনকল্প (pseudohalide) সমূহের অন্তর্গত করা হয়।

ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে  $NaN_3$  দ্রবণ বিক্রিয়া করে গাঢ় লাল রঙের আয়রন (III) অ্যাজাইড উৎপন্ন করে। এটি অ্যাজাইডের নিরীক্ষা।

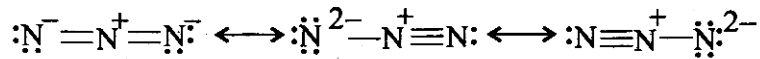
$HNO_2$ -এর সঙ্গে  $N_3H$ -এর বিক্রিয়া  $N_3H + HNO_2 = H_2O + N_2 + N_2O$ ,  $N_3H$ -এর আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোটের উপস্থিতিতে নাইট্রাইটের অনুমাপন সম্ভব।  $FeCl_3$  সূচকের উপস্থিতিতে অ্যাজাইড দ্রবণ ব্যবহার করে।  $I_2$ -এর সঙ্গে  $N_3H$ -এর বিক্রিয়া :  $2N_3H + I_2 = 3N_2 + 2HI$ ;  $S_2O_3^{2-}$ -এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। অ্যাজাইড আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু  $S_2O_3^{2-}$ ,  $S^{2-}$  বা  $CNS^-$  অনুঘটকের উপস্থিতিতে  $2N_3Na + I_2 = 2NaI + 3N_2$  বিক্রিয়া ঘটে এবং এই বিক্রিয়াটি ঐ মূলকগুলির পরিচায়নে ব্যবহৃত হয়।  $N_3H$ , Pd-এর উপস্থিতিতে  $H_2$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $NH_3$  উৎপন্ন করে।

একটি ওয়াচ গ্লাসে আয়োডিন-অ্যাজাইড দ্রবণ নিয়ে তার মধ্যে লবণের নমুনা যোগ করা হয়।

- (i) দ্রবণের বর্ণলোপ ও বুদ্ধদন ঘটলে  $S_2O_3^{2-}/S^{2-}/CNS^-$  আয়নের উপস্থিতি নিশ্চিত হয়।
- (ii) শুধু বর্ণলোপ  $\rightarrow$  বিজারক পদার্থের অবস্থিতি
- (iii) শুধু বুদ্ধদন  $\rightarrow$  জারক পদার্থের অবস্থিতি

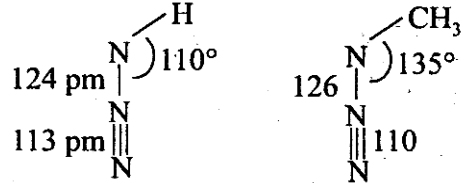
$AgN_3$ -র মত  $Hg_2(N_3)_2$  জলে অদ্রাব্য।  $NaN_3$ , অম্লীকৃত ( $HOAc/H_3BO_3$  দ্বারা)  $NaClO$  দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $CIN_3$  (গ্যাস) উৎপন্ন করে।  $Br_2$ -এর সঙ্গে  $NaN_3$  উৎপন্ন করে  $BrN_3$  (কমলা তরল) এবং আয়োডিনের সঙ্গে  $IN_3$ . সবকিছুই বিস্ফোরক।  $CNN_3$  (গলনাংক 316.3 K) সাদা কঠিন পদার্থ;  $CNBr$  ও  $NaN_3$ -র বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়।

$N_3^-$ -এর গঠন :

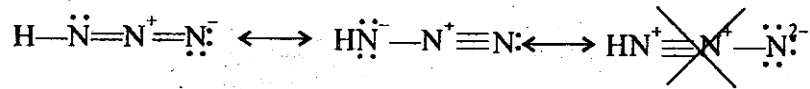


X-রশ্মি ও ইলেক্ট্রন অপবর্তন পরীক্ষায় সরলরৈখিক গঠন প্রমাণিত হয়েছে; আর N—N বন্ধ-দূরত্ব দেখা গেছে 115 পিকোমি।

মুক্ত অ্যাসিড ও জৈব অ্যাজাইডে H/অ্যালকিল মূলকের অবস্থান কৌণিক :



এদের তিনটি সংস্পন্দন-রূপ আঁকা যায়, কিন্তু পাউলিং-এর 'সম্মিহিত আধান নিয়ম' অনুযায়ী একটি বাদ যায় :

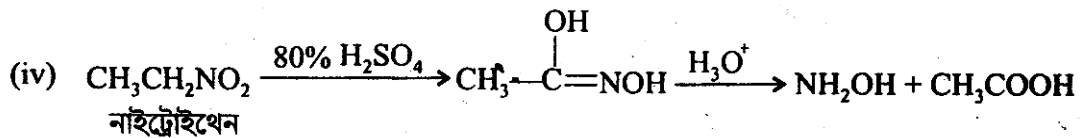
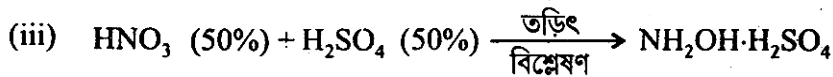
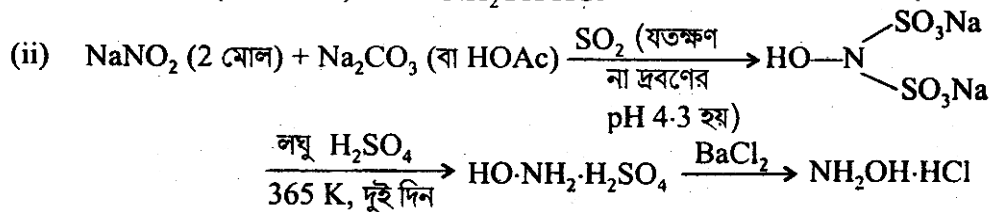
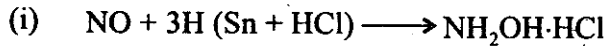


সংস্পন্দন-রূপের সংখ্যাধিক্যের জন্যই  $\text{HN}_3$ -অপেক্ষা আয়নীয় অ্যাজাইড সুস্থিৰতর।

### 6.6.5 হাইড্রক্সিল অ্যামিন, $\text{NH}_2\text{OH}$

এটি N-এর হাইড্রাইড নয়, কিন্তু হাইড্রাইডের সঙ্গে ধর্ম ও গঠনের সাদৃশ্যের জন্য এটি হাইড্রাইডসমূহের সঙ্গেই আলোচিত হয়। প্রকৃতপক্ষে এটি  $\text{N}_2\text{H}_4$  ও  $\text{H}_2\text{O}_2$ -র মধ্যবর্তী।

প্রস্তুতি :

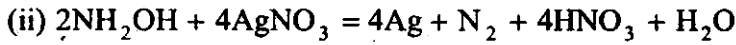
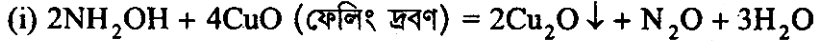


প্রাপ্ত দ্রবণকে উদ্বায়িত করে প্রাপ্ত  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ -এর সঙ্গে মিথানল মাধ্যমে সোডিয়াম মিথক্সাইডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ অনার্দ্র  $\text{NH}_2\text{OH}$  পাওয়া যায়।

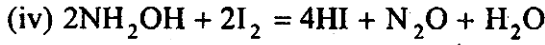
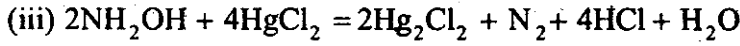
ধর্ম : হাইড্রক্সিল অ্যামিন জলাকর্ষী কঠিন (গলনাংক 306 K)। এটি অসুস্থিৰ। উত্তাপে ভেঙ্গে গিয়ে  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  ও  $\text{H}_2\text{O}$  উৎপন্ন করে। এটি অ্যাসিডের সঙ্গে  $(\text{NH}_3\text{OH})\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_3\text{OH})\text{NO}_3$ ,

$(\text{NH}_3\text{OH})\text{HSO}_4$ ,  $(\text{NH}_3\text{OH})_2\text{SO}_4$  জাতীয় লবণ তৈরি করে। এগুলি সুস্থির ও জলে দ্রবণীয়। হাইড্রক্সিল অ্যামিন জারক ও বিজারক উভয়রূপেই আচরণ করতে পারে। তবে বিজারক ধর্মই বেশি প্রকট। এর ধর্ম  $\text{NH}_3$  ও  $\text{H}_2\text{O}$ -র মধ্যবর্তী ও  $\text{NH}_2\text{OH}$  সংকেত থেকেই এটা ধরা যায়। আবার অন্যদিক দিয়ে দেখতে গেলে এটি  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$  এবং  $\text{HO}-\text{OH}$ -এর মধ্যবর্তী।

বিজারক ধর্ম :

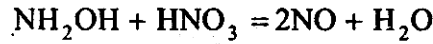
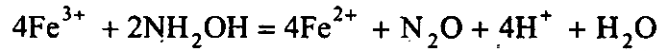


অনুরূপে লবণের দ্রবণ থেকে Au, Pt ইত্যাদি অধঃক্ষিপ্ত হয়।



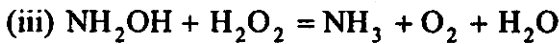
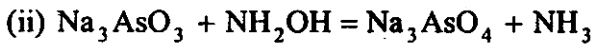
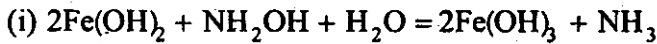
pH 8 ( $\text{NaHCO}_3$ -মাধ্যমে)-এ বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়, তাই এটি  $\text{NH}_2\text{OH}$ -এর পরিমাপনে ব্যবহৃত হয়।

(v) অ্যাসিড মাধ্যমে বিজারণ :  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ -এ এবং  $\text{HNO}_3$ , NO-তে বিজারিত হয় :

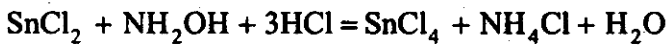
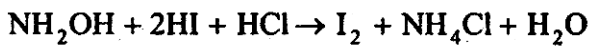


জারক ধর্ম :

(A) ক্ষার মাধ্যমে :



(B) অল্প আন্বিক মাধ্যমে :

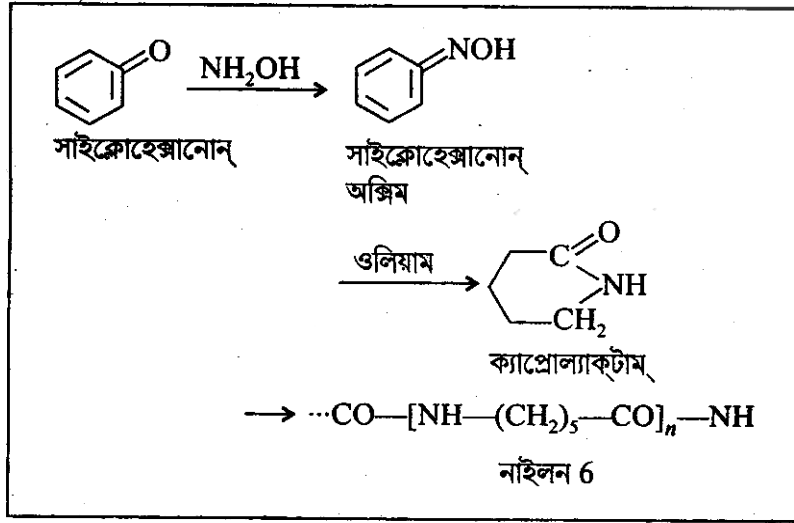
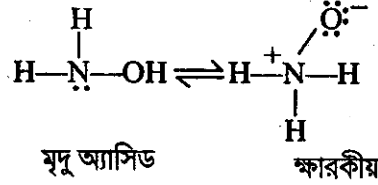
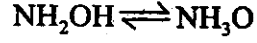


হাইড্রক্সিল অ্যামিন ধাতুর সঙ্গে অসমযোজী বন্ধের মাধ্যমে জটিল যৌগ গঠন করে, যেমন  $[\text{Zn}(\text{NH}_2\text{OH})_2\text{Cl}_2]$

ব্যবহার : রকেটের আলানীর বিজারক হিসাবে; নাইলন-6 প্রস্তুতিতে, বিজারকরূপে, কার্বনিল যৌগের নিরীক্ষায়।



গঠন :  $\text{NH}_2\text{OH}$ -এর গঠন  $\text{NH}_3$ -র মত। তবে চতুস্তলক আরও বিকৃত। এর দুটো টটোমারীয়রূপ আছে :



### 6.6.6 অন্যান্য হাইড্রাইডসমূহ

N-এর আরও অনেক হাইড্রাইড আছে। এদের একত্রে হাইড্রোনাইট্রোজেন বলে। এগুলিতে N-এর আত্মবন্ধন (catenation) দৃষ্ট হয়। মুক্ত অবস্থার চাইতে জৈব যৌগের অংশ হিসাবে এদের অনেকে বেশি পরিচিত। এদের শ্রেণীবিভাগ নিম্নরূপ :

#### I. সম্পৃক্ত যৌগ, $\text{N}_n\text{H}_{n+2}$

(a)  $\text{NH}_3$ ;  $\text{N}_3\text{H}_5$  (ট্রাইঅ্যাজিন বা প্রোজেন,  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}-\text{NH}_2$ ), জৈব যৌগ রূপে থাকে।

(b)  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ ;  $\text{N}_4\text{H}_6$  (টেট্রাজেন, বিউজেন, হাইড্রোট্টেট্রাজিন,  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}-\text{NH}-\text{NH}_2$ ), জৈব যৌগ রূপে থাকে।

#### II. অসম্পৃক্ত যৌগ, $\text{N}_n\text{H}_n$

(a)  $\text{N}_2\text{H}_2$  (ডাইইমাইড,  $\text{HN}=\text{NH}$ ), জৈব যৌগরূপে থাকে।

(b)  $\text{N}_3\text{H}_3$  (ট্রায়াজিন,  $\text{HN}=\text{N}-\text{NH}_2$ ), জৈব যৌগরূপে থাকে।

(c)  $N_4H_4$  :

(i)  $H_2N-N=N-NH_2$  (টেট্রাজিন, টেট্রাজোন, 2-টেট্রাজিন), জৈব যৌগরূপে থাকে।

(ii)  $HN=N-NH-NH_2$  (বিউজাইলিন, ডায়াজোহাইড্রাজিন, 1-টেট্রাজিন), জৈব যৌগরূপে থাকে।

(iii)  $NH_4^+N_3^-$  (অ্যামোনিয়াম অ্যাজাইড), মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(d)  $N_5H_5$  ( $N_2H_5^+N_3^-$ , হাইড্রাজিনিয়াম অ্যাজাইড) : মুক্ত অবস্থায় থাকে বলে বিজ্ঞাপিত হয়েছে। তবে এর অস্তিত্ব সন্দেহজনক।

III. অসম্পৃক্ত যৌগ,  $N_nH_{n-2}$

(a)  $N_3H$ , মুক্ত অবস্থায় এবং সংশ্লিষ্ট লবণরূপে থাকে।

(b)  $N_4H_2$  (ডাইইমিনো হাইড্রাজিন,  $HN=N-N=NH$ ), অস্তিত্ব সন্দেহজনক

(c)  $N_5H_3$  (বিস্‌ডাইঅ্যাজোঅ্যামিন,  $HN=N-NH-N=NH$ ), জৈব যৌগরূপে থাকে।

(d)  $N_6H_4$  (বিস্‌ডাইঅ্যাজোহাইড্রাজাইড,  $HN=N-NH-NH-N=NH$ ), অস্তিত্ব সন্দেহজনক।

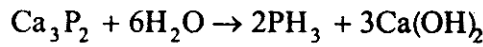
IV. অসম্পৃক্ত যৌগ,  $N_nH_{n-4}$

$N_8H_4$  (অক্টাজোট্রাইইন, অক্টাজোন,  $HN=N-NH-N=N-NH-N=NH$ ), জৈব যৌগরূপে থাকে।

### 6.6.7 ফস্‌ফিন, $PH_3$

ফস্‌ফরাসের সবচেয়ে সুস্থির হাইড্রাইড ফস্‌ফিন। এর সুস্থিরতা  $NH_3$  ও আসহিনের মাঝামাঝি। এটি সহজে প্রস্তুত করা যায় নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে :

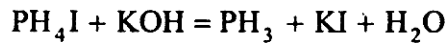
(i) ফস্‌ফাইড ( $AlP$  বা  $Ca_3P_2$ )-এর আর্দ্রবিশ্লেষণে :



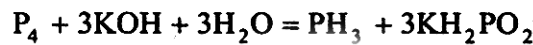
(ii) ফস্‌ফরাস অ্যাসিড বা তার লবণের স্বতঃ জারণ-বিজারণে (480–485 K) :



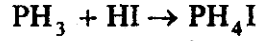
(iii) ফস্‌ফোনিয়াম অ্যাজাইডের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় :



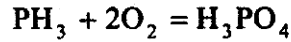
(iv) সাদা ফস্‌ফরাসকে ক্ষার দ্রবণ দিয়ে ফুটালে :



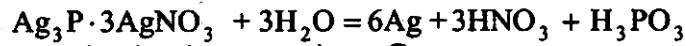
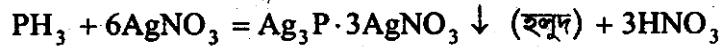
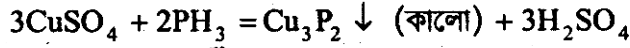
ফস্ফিন্ বর্ণহীন, পচা মাছের মত গন্ধযুক্ত, খুব বিষাক্ত গ্যাস। P—H বন্ধ যথেষ্ট ধ্রুবীয় নয়, ফলে P—H··P বা P—H··O বন্ধ গঠিত হতে পারে না (যেমনটি NH<sub>3</sub>-র ক্ষেত্রে হয়); তাই ফসফিন্কে সহজে তরলে পরিণত করা যায় না, আর এটি জলেও খুব কম দ্রাব্য। NH<sub>3</sub>-র জলীয় ক্ষারকীয় দ্রবণের প্রেক্ষিতে ফস্ফিন্ দ্রবণ প্রশম—এর কারণ PH<sub>3</sub>-এর প্রোটিনায়নের প্রবণতা খুব কম। তবুও Al-এর সঙ্গে এটি ফস্ফোনিয়াম আয়োডাইড গঠন করে :



বিশুদ্ধ PH<sub>3</sub> বাতাসে 435 K তাপমাত্রায় প্রজ্জ্বলিত হয়; কিন্তু সামান্য P<sub>2</sub>H<sub>4</sub> মিশ্রিত থাকলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে :

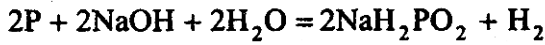
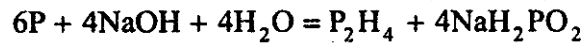


ধাতব লবণের সঙ্গে এটি বিক্রিয়া করে :



### 6.6.8 ফস্ফরাস ডাইহাইড্রাইড বা ডাইফস্ফিন্, P<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

সাদা ফস্ফরাস ও ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে PH<sub>3</sub>-এর সঙ্গে সামান্য P<sub>2</sub>H<sub>4</sub> এবং H<sub>2</sub> উৎপন্ন হয় :

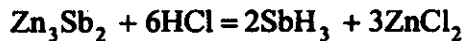
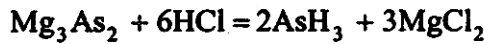


Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub>-র উপর গরম জলের বিক্রিয়ায়ও এটি পাওয়া যায়। এটি স্বতঃই জ্বলে ওঠে এবং রেখে দিলে বহুযৌগিত হলুদ অনিয়তাকার কঠিন পদার্থে পরিণত হয়; এটি সাধারণ দ্রাবকসমূহে অদ্রবণীয় এবং এদের আণবিক সংকেত অনিশ্চিত, তবে P<sub>2</sub>H-এর কাছাকাছি। N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> থেকে এর পার্থক্য এই যে এর কোন ক্ষারকীয় ধর্ম নেই। আলোকবিশ্লেষণ (photolysis)-এ এটি P<sub>3</sub>H<sub>5</sub> উৎপন্ন করে।

### 6.6.9 আসাইন্, স্টিবাইন্ ও বিস্মাথাইন্

AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub> ও BiH<sub>3</sub> খুব বিষাক্ত, তাপীয় সুস্থিরতা এদের খুব কম, এরা বর্ণহীন গ্যাস এবং ধর্মে NH<sub>3</sub> ও PH<sub>3</sub>-র সঙ্গে তুলনীয় (6.4.1 অংশ দেখুন)

Na, Mg, Zn ইত্যাদি পরাতড়িৎধর্মী ধাতুর অর্সেনাইড ও স্ট্যান্টিনাইড-এর অ্যাসিড-আক্সিডেশনে এদের পাওয়া যায় :



বিস্মাথাইন্ খুবই অসুস্থির এবং উৎপন্ন হয় মিথাইল বিস্মিউথাইনের স্বতঃ জারণ-বিজারণে :



অনুশীলনী—৪

- (1)  $\text{NH}_3$  কেন লুইস্‌স্কারকরূপে আচরণ করে?
- (2) দেখান যে  $\text{N}_2\text{H}_4$  ও  $\text{NH}_2\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ -এর অনুরূপ নাইট্রোজেন যৌগ।
- (3) সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণের মিশ্রণে  $\text{SO}_2$  পাঠালে কী হবে?
- (4)  $\text{N}_5\text{H}_5$  প্রকৃতপক্ষে N-এর হাইড্রাইড নয়। ব্যাখ্যা করুন।
- (5) আয়নীয় অ্যাক্সাইড  $\text{N}_3\text{H}$  অপেক্ষা সুস্থিরতর কেন?
- (6) র্যাশিগ্‌ পদ্ধতিতে  $\text{N}_2\text{H}_4$  প্রক্রিয়ায় জিলোটিনের ভূমিকা কী?
- (7) তরল অ্যামোনিয়াম কোন ধরনের পদার্থ আয়নিক, কারাই বা স্কারকীয়?
- (8) হাইড্রাজিন অসুস্থির কেন?

## 6.7 অক্সাইডসমূহ

আপনারা তো আগেই জেনেছেন যে নাইট্রোজেন অনেক কটি অক্সাইড গঠন করে। এদের বেশ কটির অনুরূপ যৌগ শ্রেণীর অপর মৌলের ক্ষেত্রে নেই। আমরা N ও P-এর অক্সাইডগুলির একটু বিস্তৃত আলোচনা করব।

### 6.7.1 নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

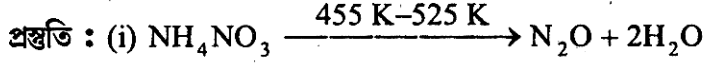
সারণি-11-তে N-এর অক্সাইডগুলো দেখানো হয়েছে :

#### সারণি—11

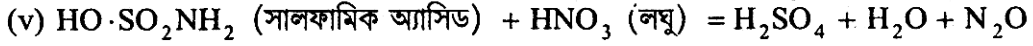
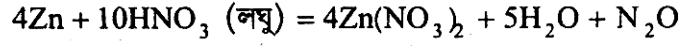
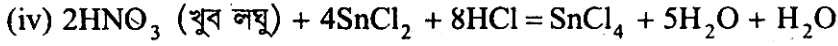
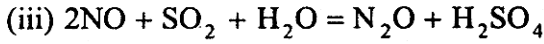
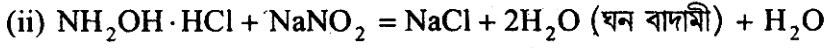
#### N-এর অক্সাইডসমূহ

সংকেত	নাম	বর্ণ	মন্তব্য
$\text{N}_2\text{O}$	নাইট্রাস অক্সাইড	বর্ণহীন	গ্যাসীয়, মোটের উপর নিষ্ক্রিয়, হালকা মিষ্টি গন্ধযুক্ত। এর অপর নাম 'লাফিং গ্যাস'। গলনাংক 182 K, স্ফুটনাংক 180 K
$\text{NO}$	নাইট্রিক অক্সাইড	বর্ণহীন	গ্যাসীয়; মাঝারি ধরণের সক্রিয়তা, গলনাংক 110 K, স্ফুটনাংক 122 K
$\text{N}_2\text{O}_3$	ডাইনাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড বা নাইট্রোজেন সের্গুকুইঅক্সাইড	গাঢ় নীল	খুব কম তাপমাত্রায় সুস্থির; তাপমাত্রা বাড়ালে বিয়োজিত হয়
$\text{NO}_2$	নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড	বাদামী	মাঝারি ধরণের সক্রিয়তা
$\text{N}_2\text{O}_4$	ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড	বর্ণহীন	খুব কম তাপমাত্রায় সুস্থির। তাপমাত্রা বাড়ালেই $\text{NO}_2$ -তে বিয়োজিত হয়
$\text{N}_2\text{O}_5$	ডাইনাইট্রোজেন পেন্টাঅক্সাইড	বর্ণহীন	আয়নীয় কঠিন; গ্যাসরূপে অসুস্থির
$\text{NO}_3$ , $\text{N}_2\text{O}_6$	নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড, ডাইনাইট্রোজেন হেক্সঅক্সাইড	—	সমীক্ষিত নয়, অসুস্থির

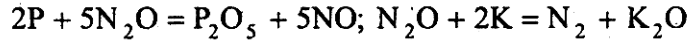
(ক) N<sub>2</sub>O



বিস্ফোরণ এড়াতে NH<sub>4</sub>Cl ও NaNO<sub>3</sub>-এর ঘন জলীয় দ্রবণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয়। এতে অশুদ্ধি রূপে থাকে NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>। বিশুদ্ধীকরণের জন্য FeSO<sub>4</sub> দ্রবণে পাঠিয়ে NO দূর করা হয়, ক্ষার দ্রবণে পাঠিয়ে NO<sub>2</sub> দূর করা হয়।



এটি জলে বেশ দ্রবণীয়, কোহলে আরও বেশি, গরম জলে প্রায় অদ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ প্রশম। কম তাপমাত্রায় N<sub>2</sub>O·6H<sub>2</sub>O কেলাসিত হয়। 840 K তাপমাত্রার উপরে বিয়োজিত হয়, 2N<sub>2</sub>O = 2N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>. এই অক্সিজেন দহনের সহায়ক। তাই N<sub>2</sub>O-তে শিখাবিহীন প্রজ্জ্বলিত পাঠকাঠি জ্বলে ওঠে। স্বল্প P, C, S, Na, K, Fe ইত্যাদি এতে জ্বলে, প্রতিক্ষেত্রে N<sub>2</sub> উৎপন্ন হয় :

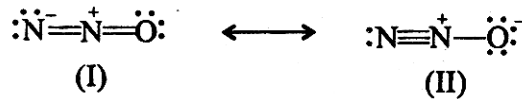


সাধারণ তাপমাত্রায় নিষ্ক্রিয়।

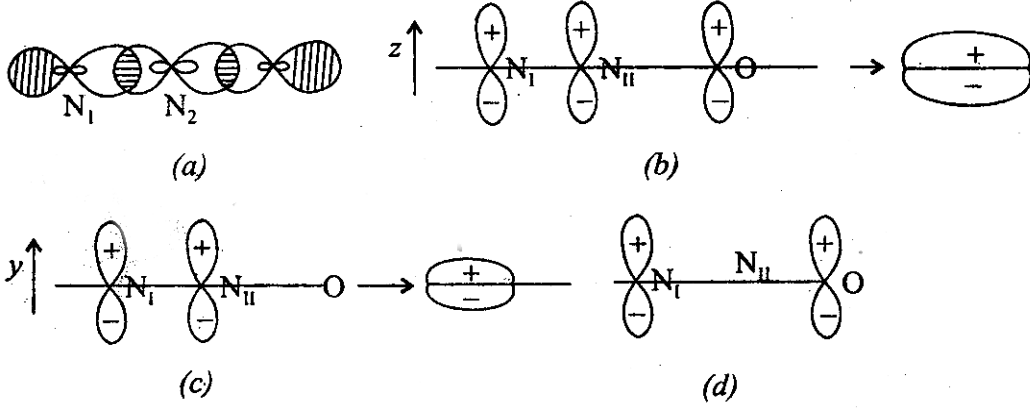
O<sub>2</sub>-এর থেকে পার্থক্য; NO-র সঙ্গে বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে না; ক্ষারীয় পাইরোগ্যালাটে শোষিত হয় না।

ব্যবহার : (i) চেতনানাশকরূপে (এজন্য 10% O<sub>2</sub>-এর সঙ্গে মিশিয়ে ব্যবহৃত হয়) (ii) আইসক্রীম তৈরিতে (iii) অ্যাজাইড প্রস্তুতিতে

গঠন : গ্যাসীয় N<sub>2</sub>O-র অবলোহিত শোষণ বর্ণালী এবং কঠিন ও তরলের X-রশ্মি অপবর্তন বর্ণালী থেকে দেখা যায় যে অণু সরলরৈখিক এবং দুটি N-পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে সংবদ্ধ। রামণ বর্ণালী সমীক্ষায় ও দ্বি-মেরু ভ্রামক (0.17 D) থেকে বোঝা যায় যে অণুটি অপ্রতিসম। N—O ও N—N বন্ধ-দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 119 ও 112 পিকোমি.। এর যোজ্যতা-বন্ধ গঠন :



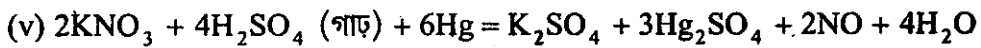
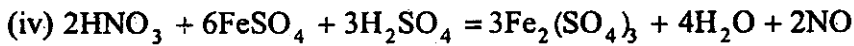
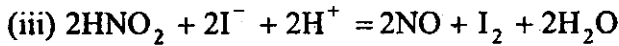
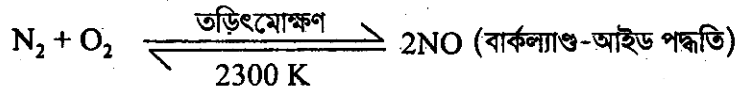
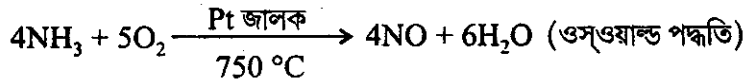
N ও O পরমাণুরা  $sp$  সংকরায়িত কক্ষক ব্যবহার করছে। (I) ও (II) গঠনদ্বয়ের উপর্যুপাতনের কক্ষকীয় ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। দুটি N-পরমাণুর মধ্যে একটি সংস্থাপিত (localised)  $\pi$ -কক্ষক থাকে, আর একটি  $\pi$ -কক্ষক পুরো অণুটির মধ্যে অসংস্থাপিত (delocalised) অবস্থায় থাকে। বাকী ইলেক্ট্রন দুটি একটি অবস্থাক কক্ষকে অবস্থান করবে। এছাড়া প্রান্তীয় N-এ একটি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন-জোঁট ( $sp$ ) আছে। O-পরমাণুর উপর আছে দুটি ইলেক্ট্রন-জোঁট (একটি  $sp$  ও একটি  $p$ ) :



(খ) NO

প্রস্তুতি : (i)  $3Cu + 8HNO_3$  (1 : 1) =  $3Cu(NO_3)_2$ . অশুদ্ধি থাকে  $N_2O$ ,  $NO_2$ ,  $N_2$ .  $FeSO_4$  দ্রবণের সাহায্যে শুদ্ধ করা হয়।  $FeSO_4 + 5H_2O \xrightarrow{NO} [Fe(H_2O)_5NO]SO_4$  ঘন বাদামী দ্রবণ  $\xrightarrow{\Delta} FeSO_4 + 5H_2O + NO$ .

(ii) শিল্পোৎপাদন :



ধর্ম : জলে খুব সামান্য দ্রবীভূত হয়। প্রশম অক্সাইড। এটি দাহ্য বা দহনের সহায়ক নয়। 1273 K তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়— $2NO = N_2 + O_2$ . তীব্রভাবে প্রজ্জ্বলিত P, C বা ফুটন্ত S গ্যাসটিতে জ্বলে :  $4P + 10NO = 2P_2O_5 + 5N_2$ . বাতাস /  $O_2$ -এর সঙ্গে বাদামী হয়ে যায় :  $2NO + O_2 = 2NO_2$ .

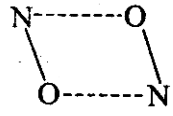
$F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ -এর সঙ্গে নাইট্রোসিল হ্যালাইড NOX দেয়। আম্লিক  $KMnO_4$  দ্রবণ একে জারিত করে  $HNO_3$  করে।

ব্যবহার :

- (i) নাইট্রোসিল যৌগ প্রস্তুতিতে।
- (ii)  $HNO_3$  উৎপাদনে অন্তর্বর্তী যৌগরূপে।

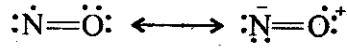
গঠন :

এটি একটি অযুগ্ম-ইলেক্ট্রন অণু। এটি অয়শুস্কীয় (paramagnetic) তরল ও কঠিন অবস্থায় শিথিল দ্বি-যৌগ গঠিত হয় তাই এই অবস্থায় তিরশুস্কীয় (diamagnetic) :



240 পিকোমি.

যোজ্যতা বন্ধ গঠন :



NO-র গঠন আণবিক কক্ষক তত্ত্ব দিয়ে ভালো বুঝানো যায়। NO-অণুর আণবিক কক্ষক ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $KK\sigma_{2s}^2\sigma_{2s}^{*2}(\sigma_{2p_x})^2(\pi_{2p_y})^2 \equiv (\pi_{2p_z})^2\pi_{2p_y}^1$ . বন্ধন-ক্রম =  $\frac{8-3}{2} = 2.5$ . প্রতিবন্ধক

(anti-bonding)  $\pi_{2p_y}$  ইলেক্ট্রন সরিয়ে নিলে নাইট্রোসোনিয়াম আয়ন  $NO^+$  পাওয়া যায়, বন্ধন-ক্রম হয়

3. বন্ধনদৈর্ঘ্য 115 পিকোমি. থেকে  $NO^+$ -এ কমে গিয়ে দাঁড়ায় 105. নাইট্রোসোনিয়াম আয়ন সুস্থিরতর। এটি CO-র সঙ্গে সমইলেক্ট্রনীয় এবং সন্ধিগত মৌলের সঙ্গে জটিল লবণ গঠন করে। নাইট্রোটের বলয় নিরীক্ষায় যে বাদামী যৌগ পাওয়া যায় তা একটি নাইট্রোসিল জটিল যৌগ,  $[Fe(H_2O)_5NO]^{2+}$

(গ)  $N_2O_3$

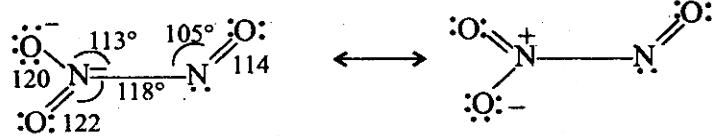
খুব কম তাপমাত্রা (170 K)-র কঠিন অবস্থায় এটি পাওয়া যায়। ফিকা নীল কঠিন, গলে ঘন নীল তরল পাওয়া যায়। বাষ্পীয় অবস্থায় এটি বিয়োজিত হয়।

$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$  ( $\Delta H^\circ = 39.7$  কি.জু. মোল<sup>-1</sup>)। 298 K-তে 10% ও 373 K-তে মাত্র 1.2%  $N_2O_3$  থাকে।

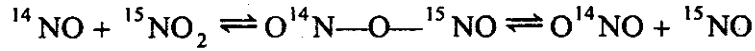
সমায়তন NO ও  $NO_2$  খুব কম মাত্রায় কঠিনীভূত করে  $N_2O_3$  তৈরি হয়।

রাসায়নিকভাবে এটি নাইট্রাস অ্যাসিড ( $HNO_2$ )-এর নিরুদক, জলে এটি  $HNO_2$  ও ক্ষার দ্রবণে নাইট্রাইট উৎপন্ন করে। ঘন বর্ণের হওয়া সত্ত্বেও এটি তিরশুস্কীয়, অর্থাৎ অযুগ্ম ইলেক্ট্রন নেই।

গঠন : কঠিন  $N_2O_5$ -এর দুটি রূপ আছে। একটিতে ONONO এবং অপরটিতে N—N বন্ধ আছে। গ্যাসে কিছুটা ONNO<sub>2</sub> অণু থাকে। তরল অবস্থায় ONNO<sub>2</sub> রূপ বজায় থাকে। নাইট্রো-নাইট্রোসো গঠনে একটি N-পরমাণু সামতলিক ও অপরটি কৌণিক :



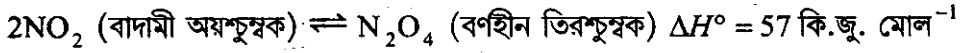
দুটি N-ই যে সমতুল তা  $^{14}NO$  ও  $^{15}NO_2$  মিশ্রণে দ্রুত বিনিময় থেকে বোঝা যায় :



এই পরীক্ষা  $O=N-O-N=O$  গঠনকে মান্যতা দেয়।

(ঘ)  $NO_2$  ও  $N_2O_4$

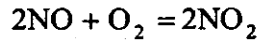
এই অক্সাইড দুটি তাপমাত্রা নির্ভর সাম্যাবস্থায় থাকে :



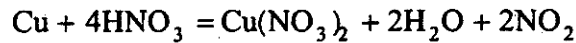
কঠিন অবস্থায় (গলনাংক 264 K)। অক্সাইড পুরোপুরি  $N_2O_4$ । তরল অবস্থায় আংশিক বিয়োজন ঘটে। হিমাংকে এটি হালকা হলুদ এবং তাতে 0.01%  $NO_2$  থাকে; স্ফুটনাংকে (284 K) এটি গাঢ় হলুদ, তখন 0.1%  $NO_2$  থাকে। বাষ্পীয় অবস্থায় 373 K তাপমাত্রায়  $NO_2$ -র পরিমাণ 90%। 413 K তাপমাত্রায় বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়।

অক্সাইড-মিশ্রণ পাওয়া যায় (i)  $Pb(NO_3)_2$  কে উত্তপ্ত করে।  $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$ ; প্রাপ্ত গ্যাসকে হিমমিশ্রে রক্ষিত ইউ-টিউবের মধ্য দিয়ে পাঠালে  $N_2O_4$  তরল হয়ে যাবে এবং  $O_2$  বেরিয়ে যাবে।

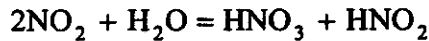
(ii)  $NO$  ও অক্সিজেন মিশিয়ে :



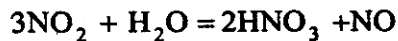
(iii)  $HNO_3$  বা নাইট্রেটকে খাত্ত দিয়ে বিজারিত করে :



$NO_2$  ( $N_2O_4$ ) মিশ্র নিরুদক; জলের সঙ্গে নাইট্রাইট ও নাইট্রেট উৎপন্ন করে :



নাইট্রাস অ্যাসিড গরম করলে স্বতঃজারিত-বিজারিত হয় :





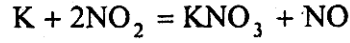
ক্ষারের সঙ্গে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট হয় :



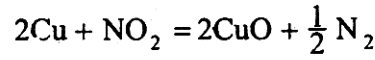
NO ও O<sub>2</sub>-তে NO<sub>2</sub>-এর বিয়োজন শুরু হয় 893 K তাপমাত্রায় :



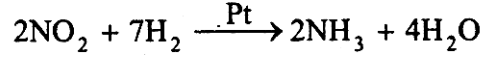
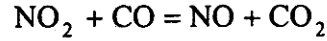
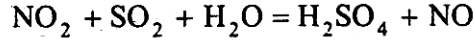
এটি দাহ্য বা দহনের সহায়ক নয়। তবে প্রজ্জ্বলিত P, C, S গ্যাসটিতে জ্বলে :



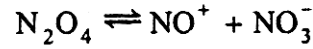
উত্তপ্ত কপার গ্যাসে জারিত হয় :



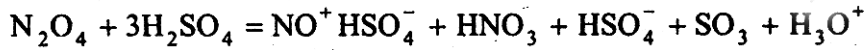
অক্সাইড দুটি তীব্র জারক; জারণক্ষমতা Br<sub>2</sub>-এর মত। জারণের উদাহরণ :



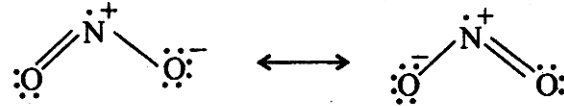
গঠন : অনার্দ্র অবস্থায় N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> বিয়োজিত হয় :



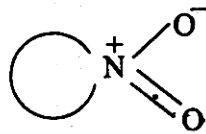
অনার্দ্র H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> বা HNO<sub>3</sub>-এর বিয়োজন সম্পূর্ণ। H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> মাধ্যমে N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-এর গাঢ়ত্ব বেশি হলে কিছু HNO<sub>3</sub> হয় :



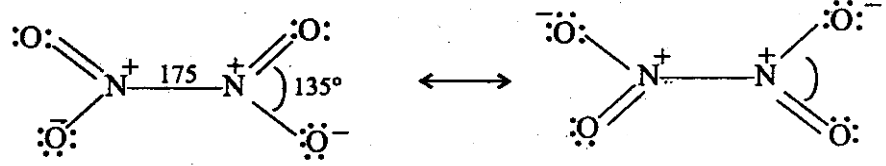
NO<sub>2</sub> অণুতে একটি অযুগ্ম ইলেক্ট্রন আছে। তাই এটি অয়শ্চুম্বকীয়। ইলেক্ট্রন অপবর্তন পরীক্ষায় দেখা যায় যে অণুটি কৌণিক, O—N—O কোণ 132°, O—N বন্ধ-দূরত্ব 120 পিকোমি. (একক বন্ধ ও দ্বি-বন্ধের মধ্যবর্তী), অযুগ্ম ইলেক্ট্রন N-এর উপরে। নিচের সংস্পন্দন-রূপ প্রস্তাবিত হয়েছে :



ইলেক্ট্রন-ঘূর্ণন সংস্পন্দন (electron spin resonance) পরীক্ষায় দেখা গেছে যে অযুগ্ম ইলেক্ট্রনটি σ-কক্ষকে আছে, π-তে নয়। আমরা তাই ধরতে পারি যে এক্ষেত্রে sp<sup>2</sup> সংকরায়ন ঘটেছে :



দ্বি-যৌগিকটির সামতলিক গঠন। N—N বন্ধ-দৈর্ঘ্য খুব বেশি, 175 পিকোমি. ; বন্ধটি তাই দুর্বল। এখানেও সংস্পন্দন আছে :

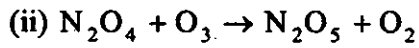
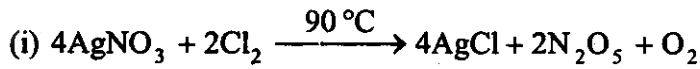


$N_2O_4$ -এর আরও দুটি সমাবয়বিক রূপ আছে। তরল নাইট্রোজেন—তাপমাত্রায় এটি সামতলিক বা বাঁকা (twisted) গঠনের হয়। ~ 4K তাপমাত্রায় অবলোহিত বর্ণালীবীক্ষণে  $ONONO_2$  গঠন দেখা যায়। এর  $ON—ONO_2$  বন্ধের সম (homolytic) বিভাজনে  $NO$  ও  $NO_3$  উৎপন্ন হয়। অনেক বিক্রিয়াই এভাবে ব্যাখ্যাত হতে পারে।

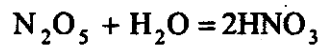
তরল  $H_2SO_4$  স্বতঃ-আয়ননের ফলে  $NO^+$  ও  $NO_3^-$  উৎপন্ন করে। তাই এটি অনুদকীয় দ্রাবক হিসাবে সমীক্ষিত হয়েছে।

### (ঙ) $N_2O_5$

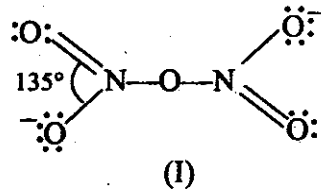
$P_2O_5$  দিয়ে  $HNO_3$ -এর নিরুদনে  $N_2O_5$  পাওয়া যায়। অন্যান্য প্রস্তুত পদ্ধতি :



$N_2O_5$ ,  $0^\circ C$ -এর নিচে সুস্থির, 323 K তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে লাল বাষ্পে পরিণত হয়। জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া ঘটে :



এটি তীব্র জারক।  $I_2$ ,  $I_2O_5$ -এ জারিত হয়; P, Na, K তরল  $N_2O_5$ -এ ছলে ওঠে। অঙ্গার তরল  $N_2O_4$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু বাষ্পে তীব্রভাবে ছলে ওঠে। গ্যাসীয় অবস্থায় গঠন :

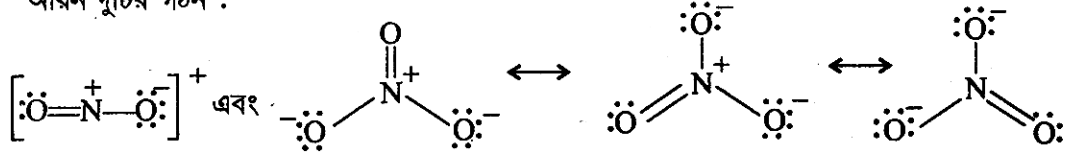


সংস্পন্দন আছে। ইলেক্ট্রন অপবর্তন পরীক্ষা ও দ্বি-মেরুভ্রামক থেকে গঠন প্রত্যায়িত হয়েছে। কঠিন  $N_2O_5$ -হল নাইট্রোনিয়াম নাইট্রেট  $NO_2^+NO_3^-$ , কিন্তু বাষ্পকে ~ 90 K তাপমাত্রায় ঘনীভূত করলে

কিছুক্ষণ আগবিক গঠন স্থায়ী হয়। 473 K-তে দ্রুত  $\text{NO}_2^+ \text{NO}_3^-$ -এ রূপান্তরিত হয়। রামন পরীক্ষায় আয়নীয় গঠন প্রত্যায়িত। গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -এ  $\text{N}_2\text{O}_5$  আয়নিত হয় :



আয়ন দুটির গঠন :

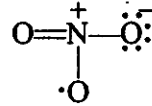


গঠন (I)-এ  $\text{NO}_2$  অংশ দুটি N-এর অযুগ্ম ইলেকট্রন দিয়ে সংযুক্ত।

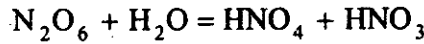
(চ)  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_6$  ও  $\text{N}_2\text{O}_7$

$\text{NO}_3$  খুবই অসুস্থির গ্যাস;  $\text{N}_2\text{O}_5$ -এর উপর ওজেনের ক্রিয়ায় পাওয়া যায়। জলে দ্রাব্য এবং তীব্র জারকধর্মী। বিশেষ শোষণ বর্ণালী দ্বারা প্রত্যায়িত হয়। দ্রবণে সহজেই  $\text{HNO}_3$  ও  $\text{O}_2$ -এ বিয়োজিত হয়।

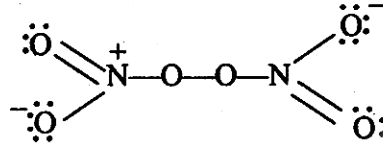
গঠন :



$\text{N}_2\text{O}_6$ ;  $\text{HNO}_3$ -এর উপর  $\text{F}_2$ -এর বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়। এটি মিশ্র নিরুদ্দক :



দ্রুত  $\text{O}_2$  হারায়। এটি  $\text{NO}_3$ -র দ্বি-যৌগিক নয়। গঠন সম্ভবত :



## 6.7.2 ফস্ফরাসের অক্সাইডসমূহ

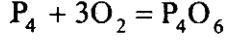
ফস্ফরাসের তিনটি অক্সাইড জানা আছে :

নাম	সংকেত	P-এর জারণসংখ্যা	মস্তব্য
ফস্ফরাস ট্রাইঅক্সাইড	$\text{P}_2\text{O}_3$ বা $\text{P}_4\text{O}_6$	+ 3	সাদা কেলাস (গলনাংক 297 K, স্ফুটনাংক 446 K)
ফস্ফরাস টেট্রাঅক্সাইড	$\text{P}_2\text{O}_4$ বা $\text{P}_4\text{O}_8$	+ 4	
ফস্ফরাস পেন্টাঅক্সাইড	$\text{P}_2\text{O}_5$ বা $\text{P}_4\text{O}_{10}$	+ 5	সাদা কঠিন (523 K-তে উর্ধ্বপাতন)

$\text{P}_4\text{O}_7$ ,  $\text{P}_4\text{O}_9$  ও  $\text{PO}_x$  ( $1.5 \leq x \leq 2.5$ )-ও বিজ্ঞাপিত হয়েছে।

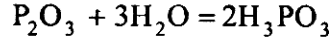
(ক) ফস্ফরাস ট্রাইঅক্সাইড

P-কে সীমিত পরিমাণ বায়ুর উপস্থিতিতে পোড়ালে এটি পাওয়া যায় :

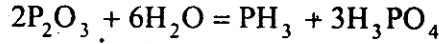


দূর প্রান্তে তুলোর টুকরো গোঁজা এবং বাইরে দিয়ে 333 K তাপমাত্রার জল পাঠানো শীতকের মধ্য দিয়ে পাঠিয়ে P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>-কে P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> মুক্ত করা হয়। বরফে ঠাণ্ডা করা গ্রাহকে এটি সঞ্চিত হয়।

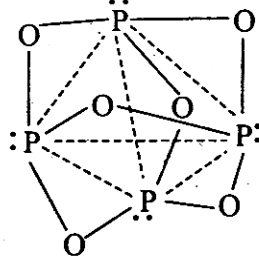
এটি জলে দ্রবীভূত হয়ে ফস্ফরাস অ্যাসিড তৈরি করে :



গরম জলে স্বতঃ জারণ-বিজারণ ঘটে :



বাস্পঘনত্ব ও আণবিক ওজন থেকে এর দ্বি-যৌগিকত্ব প্রমাণ হয়। গঠন চিত্র (6.9)-এর মত। Cl<sub>2</sub> ও Br<sub>2</sub>-এর সঙ্গে P<sub>4</sub>O<sub>6</sub> অক্সোক্লোরাইড উৎপন্ন করে এবং বন্ধনলে I<sub>2</sub>-এর সঙ্গে উৎপন্ন করে P<sub>2</sub>I<sub>4</sub> :

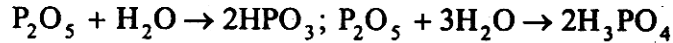


চিত্র 6.9

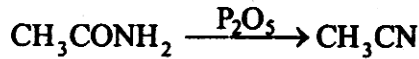
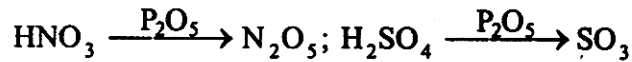
(খ) ফস্ফোরাস পেন্টাঅক্সাইড

P-কে অতিরিক্ত শুষ্ক বাতাস / অক্সিজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত করে P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> তৈরি করা হয়। ওজোনায়িত বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করে একে P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> মুক্ত করা হয়।

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> সাদা জলাকর্ষী কঠিন। বাস্প ঘনত্ব থেকে P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> সংকেত প্রত্যায়িত হয়। এটি আণবিক অক্সাইড। এর সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম জলের প্রতি আকর্ষণ। ঠাণ্ডা জলে মেটাফস্ফোরিক অ্যাসিড (HPO<sub>3</sub>) এবং ফুটন্ত জলে অর্থোফস্ফোরিক অ্যাসিড (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) উৎপন্ন হয় :

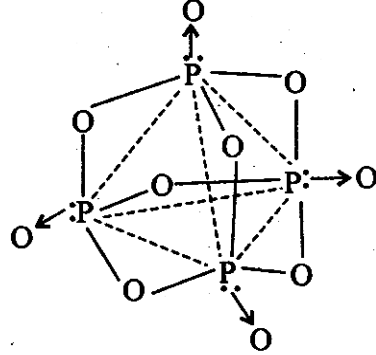


সাধারণতঃ জলের পরিমাণ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে অ্যাসিডের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এটি জৈব ও অজৈব যৌগের থেকে জল আকর্ষণ করে, যেমন :



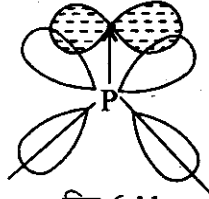
ইত্যাদি।

এর গঠন চিত্র 6.10-এর মত :



চিত্র 6.10

P—O বন্ধ-দূরত্ব (139 পিকোমি.) দেখায় যে এরা অসমযোজী বন্ধ; দূরত্ব একক বন্ধ (165 পিকোমি.) অপেক্ষা কম। এটি ব্যাখ্যাত হয়  $p\pi-d\pi$  পশ্চাদ্বন্ধ (back bonding) দ্বারা, অর্থাৎ O-এর ভর্তি  $p$ -কক্ষক ও P-এর শূন্য-কক্ষকের উপর আড়াআড়ি (lateral) উপর্যুপাতন ঘটে (চিত্র 6.11) :

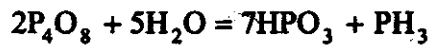


চিত্র 6.11

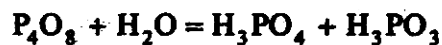
$P_4O_{10}$  বহু-অবয়বতা (polymorphism) দেখায়। এর তিনটি কেলাসাকার আছে। (i) P-এর দহনে ষড়ভুজাকার (H) গঠন দেখা যায়। (ii) 673-773 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অর্থোরম্বিক গঠন (o) পাওয়া যায়। এটি  $PO_4$  চতুস্তলক পরস্পর সংবন্ধ হয়ে অসীম চাদরের আকৃতি নেয়। আরও বেশি তাপমাত্রায় পাওয়া যায় চতুস্তলকীয় (T) গঠন এটি  $P_4O_{10}$ -এর ডেউখেলানো চাদরের রূপ নেয়।

(গ) অন্যান্য অক্সাইড

P (III) অক্সাইডকে বায়ুশূন্য নলে 573-623 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে  $PO_2$  বা  $P_2O_4$  বা  $P_4O_8$  পাওয়া যায়। এটি হাইপোফসফোরিক অ্যাসিড ( $H_4P_2O_6$ )-এর নিরুদ্দক হলেও অক্সাইডটি জলের সঙ্গে ঐ অ্যাসিড দেয় না, বা অ্যাসিডটিও নিরুদ্দনে অক্সাইডটি দেয় না। জলে এটির স্বতঃ জারণ-বিজারণ ঘটে :



ঠাণ্ডা জলে :



$P_4O_6$  কে 483 K তাপমাত্রার উপরে উত্তপ্ত করলে বিয়োজন ঘটে, লাল P ও  $PO_x$  উৎপন্ন হয়। x-এর মান 1.5 ও 2.5-এর মধ্যবর্তী অর্থাৎ  $PO_2 \equiv P_4O_8$  এবং  $PO_{2.25} \equiv P_4O_9$  এদের গঠন  $P_4O_6$  ও  $P_4O_{10}$ -এর মধ্যবর্তী।  $P_4O_8$  ও  $P_4O_9$ -এ  $P_4O_{10}$ -এর 4টি O-পরমাণুর পরিবর্তে যথাক্রমে 2 ও 3টি অক্সিজেন থাকে।

অনুশীলনী—9

- (1) NO অয়শুক্ষীয় এবং  $NO^+$  তিরশুক্ষীয় কেন ব্যাখ্যা করুন।
- (2)  $N_2O$  অপেক্ষা NO-তে O-এর শতকরা মাত্রা বেশি হলেও প্রথমটিতে শিখাবিহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি জ্বলে ওঠে, দ্বিতীয়টিতে তা ঘটে না। কেন?
- (3) বায়ু অপেক্ষা  $N_2O$  দহনের বেশি সহায়ক কেন?
- (4)  $NO_2$ -কে গরম ও ঠাণ্ডা করলে রঙ হালকা হয় কেন?
- (5) 363 K তাপমাত্রায়  $AgNO_3$ -র মধ্যে  $Cl_2$  চালনা করলে কী হয়?

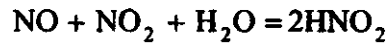
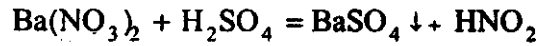
## 6.8 অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

### 6.8.1 নাইট্রোজেনের অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

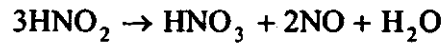
N-এর একাধিক অক্সোঅ্যাসিড জানা আছে।

(ক) নাইট্রাস অ্যাসিড,  $HNO_2$

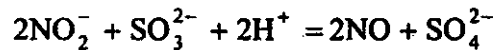
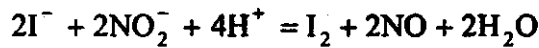
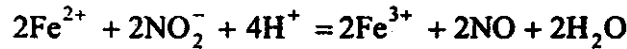
এটি অসুস্থির, দুর্বল অ্যাসিড, কেবল দ্রবণে জানা আছে। নাইট্রাইটের দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করে বা জলে সমায়তন NO ও  $NO_2$ -র মিশ্রণ পাঠিয়ে এটি তৈরি হয় :



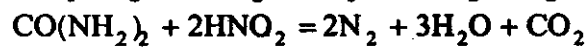
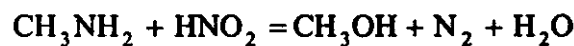
গাঢ়ীকরণের প্রচেষ্টায় এটি স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয় :



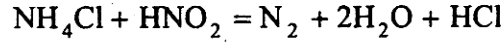
নাইট্রাস অ্যাসিড একটি ভালো জারক :



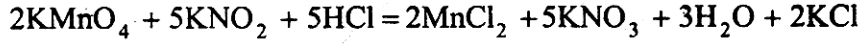
অ্যামিনো গ্রুপ সমন্বিত যৌগ থেকে  $NO_2^-$ ,  $N_2$  বের করে :



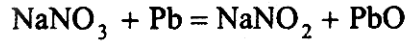
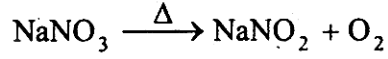
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড-ও অনুরূপ বিক্রিয়া দেখায় :



তীব্র জারক পদার্থ একে জারিত করে :



ক্ষার ধাতুর নাইট্রাইট সবচেয়ে ভালো তৈরি করা যায় নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করে বা C, Pb, Fe ইত্যাদি দ্বারা বিজারিত করে :

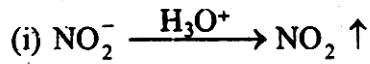


NO(g) ক্ষারের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় নাইট্রাইট উৎপন্ন করে :



ব্যবহার : ডায়াজো বিক্রিয়ায় HNO<sub>2</sub>-র ব্যবহার হয়। অর্থাৎ অ্যাজো রঙ তৈরিতে এটি লাগে।

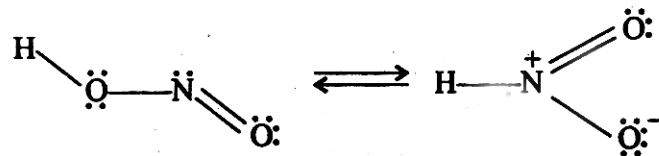
নাইট্রাইটের পরিচায়ক পরীক্ষা :



(ii) লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দিয়ে বলয় পরীক্ষা করলে বাদামী বলয় পাওয়া যায়।

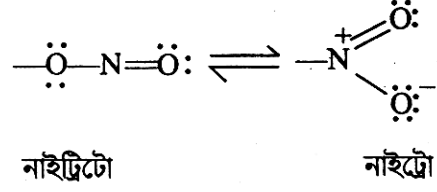
(iii) NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (দ্রবণ) + সালফানিলিক অ্যাসিড + α-ন্যাপ্থাইল অ্যামিন → গোলাপী দ্রবণ

গঠন : নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইটের গঠন :



টটোমেরিক গঠন

অনুরূপে  $\text{NO}_2^-$  আয়নও দুটি টেট্রামেরিক গঠনে থাকে :



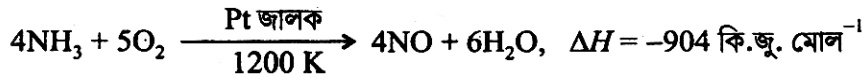
নাইট্রো গঠনের দুটি সংস্পন্দন রূপ থাকে :



এভাবে  $\text{M} \leftarrow \text{NO}_2$  ও  $\text{M} \leftarrow \text{ONO}$  এই দুই ধরনের সমাবয়বতা দেখা যায়, যেমন  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{ONO})_2]\text{X}$  এবং  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{NO}_2)_2]\text{X}$ । অনুরূপ জৈব যৌগও জানা আছে—(i) নাইট্রাইট  $\text{R} \leftarrow \text{ONO}$  এবং (ii) নাইট্রো যৌগ  $\text{R} \leftarrow \text{NO}_2$  ( $\text{R} =$  অ্যালকিল বা অ্যারিল গ্রুপ)। এ ধরনের লিগ্যান্ডকে অ্যাম্বিডেন্ট লিগ্যান্ড বলে। আর অজৈব জটিল যৌগে এ-ধরনের সমাবয়বতাকে বন্ধন (linkage) সমাবয়বতা বলে।

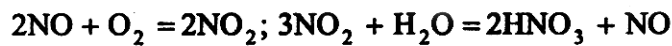
(খ) নাইট্রিক অ্যাসিড,  $\text{HNO}_3$

নাইট্রিক অ্যাসিড আধুনিক রাসায়নিক শিল্পে একটা প্রধান অ্যাসিড। ত্রয়োদশ শতাব্দী থেকেই এটি ক্ষয়কারী দ্রাবক হিসাবে পরিচিত ছিল। একে ‘অ্যাকোয়া ফর্টিস্’ বলা হত। নাইট্রিক অ্যাসিড এখন বেশিরভাগ ক্ষেত্রে ওস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে  $\text{NH}_3$ -কে অনুঘটকীয় প্রভাবে বায়ু দ্বারা জারিত করে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় :



স্পর্শ সময় 1/1000 সে.

96–98%  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ -তে জারিত হয়। বিক্রিয়া তাপ উৎপাদক বলে প্রথমে অনুঘটকীয় জালককে উত্তপ্ত করলেও পরে আর উত্তপ্ত করার দরকার হয় না। প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করা হয় (323 K)। অতিরিক্ত  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}$ -কে  $\text{NO}_2$ -তে জারিত করে।  $\text{NO}_2$  আবার জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $\text{HNO}_3$  ও  $\text{NO}$  উৎপন্ন করে,  $\text{NO}$  পুনরাবর্তিত হয় :

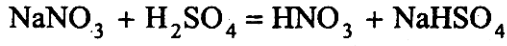


পাতন প্রক্রিয়ায়  $\text{HNO}_3$ -কে 68% পর্যন্ত গাঢ়ীকৃত করা যায়। এই দ্রবণ একটি অ্যাজিওট্রোপ (azeotrope) বা স্থির স্ফুটনাংক মিশ্রণ (constant boiling mixture)। আরও গাঢ় করতে হলে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশিয়ে পাতিত করা হয়।



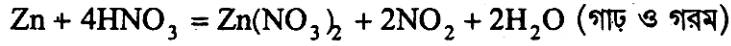
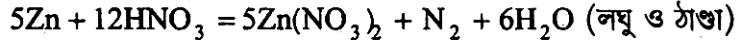
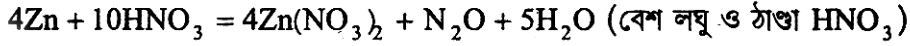
বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড (স্ফুটনাংক 632 K) বর্ণহীন তরল। এটি তীব্র অ্যাসিড;  $pK_a = 1.43$ , তবে এতে  $NO_2$  (আলোর সংস্পর্শে  $HNO_3$ -র বিয়োজনে উৎপন্ন) দ্রবীভূত থাকে বলে এটি সামান্য হলুদ বর্ণের হয়। এটি তীব্র অ্যাসিড এবং প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় থাকে। এটি ধাতু, ধাতুর অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড ও কার্বনেট-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে।

যেখানে খনিজ  $NaNO_3$  বা  $KNO_3$  সুপ্রতুল সেখানে এই খনিজকে গাঢ়  $H_2SO_4$  সহযোগে পাতিত করে  $HNO_3$  উৎপাদিত হয়।

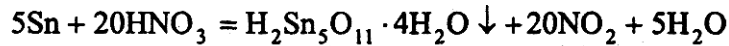


363 K তাপমাত্রায়  $CO_2$  বা বাতাস পাঠালে  $HNO_3$ -এর হলুদ রঙ চলে যায়।

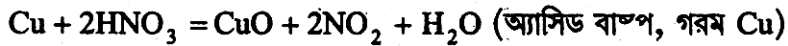
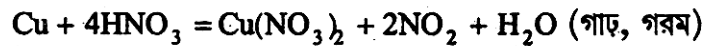
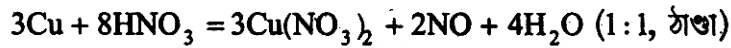
ধাতুর সঙ্গে  $HNO_3$ -এর বিক্রিয়া কৌতূহলোদ্দীপক, কারণ তাপমাত্রা ও  $HNO_3$ -এর গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে  $H_2$  (Mn ও Mg-এর ক্ষেত্রে 2%  $HNO_3$ -এর বিক্রিয়ায়),  $NH_4NO_3$ ,  $N_2O$ ,  $NO$  এবং  $NO_2$  উৎপন্ন হয় আর ধাতু অক্সাইড বা নাইট্রেটে জারিত হয়। কয়েকটি বিক্রিয়া :



Fe ও Sn-এর সঙ্গে অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটে। তবে Sn এবং গরম ও গাঢ়  $HNO_3$  বিক্রিয়া মেটাষ্ট্যানিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। Fe অতি গাঢ় ও উত্তপ্ত  $HNO_3$ -এর সংস্পর্শে নিষ্ক্রিয় (passive) হয় অর্থাৎ এর গায়ে অদ্রব্য অক্সাইডের আন্তরণ পড়ে :



Cu-এর সঙ্গে :

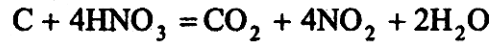
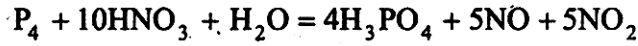


Al, Cr ইত্যাদির সঙ্গে  $HNO_3$ -এর বিক্রিয়ায় ধাতুর উপর অক্সাইডের প্রলেপ পড়ায় বিক্রিয়ার অলক্ষণ পরে বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়।

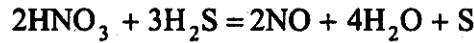
Au, Pt, Rh ও Ir-এর মত বর ধাতুরা নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে আক্রান্ত হয় না। তবে তারা 1:3 গাঢ় HNO<sub>3</sub> ও গাঢ় HCl-এর মিশ্রণ (অম্লরাজ, aquaregia)-এ দ্রবীভূত হয়, কারণ এই মিশ্রণ থেকে Cl<sub>2</sub> মুক্ত হয় :



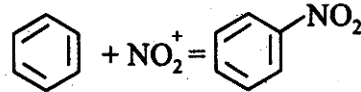
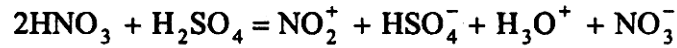
গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (বিশেষ করে উত্তপ্ত করলে) অধাতু ও ধাতুকল্পগুলিকে তাদের উচ্চতম জারণসংখ্যার অক্সোঅ্যাসিড বা অক্সাইডে জারিত করে। এভাবে P, C, S, As, Sb, I যথাক্রমে H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, HIO<sub>3</sub>-তে জারিত হয়। কয়েকটি বিক্রিয়া :



লঘু HNO<sub>3</sub> ও জারক; H<sub>2</sub>S, HI, FeSO<sub>4</sub> ইত্যাদিকে জারিত করে যথাক্রমে S, I<sub>2</sub> ও Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> করে :

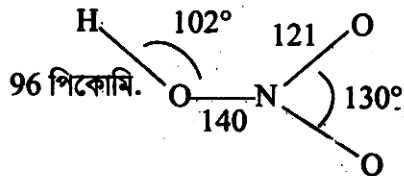


গাঢ় HNO<sub>3</sub>, গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-এর উপস্থিতিতে কিছু অ্যারোম্যাটিক জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন করে। প্রকৃত নাইট্রোয়ক বিকারক NO<sub>2</sub><sup>+</sup> (নাইট্রোনিয়াম আয়ন) :

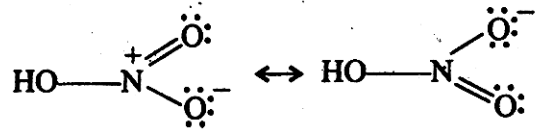


এই বিক্রিয়ার বাণিজ্যিক গুরুত্ব খুব বেশি।

গঠন : ইলেক্ট্রন অপবর্তন পরীক্ষা ও বণালী পরীক্ষায় দেখা গেছে এর আণবিক গঠন চিত্র 6.12-এর মত। N ও তিনটি O পরমাণু সামতলিক। প্রান্তীয় N—O বন্ধদ্বয় সমতুল্য, অন্য N—O বন্ধ-দৈর্ঘ্য একক বন্ধের চেয়ে বেশি :



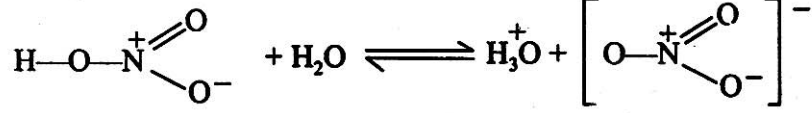
চিত্র 6.12



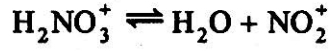
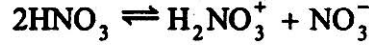
চিত্র 6.13

চিত্র 6.13-এর মত সংস্পন্দনরূপ এতে দেখা যায়।

231 K তাপমাত্রায় HNO<sub>3</sub> কেলাসের X-রশ্মি বিশ্লেষণও এই গঠন প্রত্যায়িত হয়। বিশুদ্ধ HNO<sub>3</sub> ধাতু বা কার্বোনেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, অর্থাৎ এর তখন সমযোজী গঠন। জলীয় দ্রবণে এটি H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ও NO<sub>3</sub><sup>-</sup> আয়ন উৎপন্ন করে :

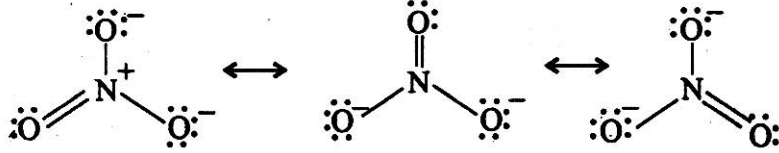


অবশ্য বিশুদ্ধ অ্যাসিড নিচের মতও কিছুটা আয়নিত হয় (প্রকৃতপক্ষে অ্যাসিডসমূহের মধ্যে এটিই সবচেয়ে বেশি স্বতঃ আয়নিত হয়) :



রামন বর্ণালীতে দুটি হাঙ্কা লাইন দেখা যায়—1050 ও 1400 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলে। এতে NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ও NO<sub>2</sub><sup>+</sup>-এর অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। গাঢ়ত্ব 94%-এর কম হলে 1400 সেমি<sup>-1</sup> (NO<sub>2</sub><sup>+</sup>) লাইনটা অদৃশ্য হয়। এ কারণে বিশুদ্ধ HNO<sub>3</sub> একটি ভাল আয়নিত দ্রাবক।

নাইট্রেট লবণ তো অতিপরিচিত। এর গঠন সামতলিক। তিনটি N—O বন্ধ-দূরত্বই সমান। এর গঠন নিম্নরূপ :



CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ও NO<sub>3</sub><sup>-</sup> সমইলেক্ট্রনীয় ও সমাকৃতি।

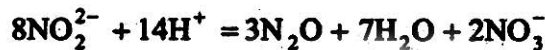
(গ) অন্যান্য অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

হাইড্রোনাইট্রাস বা নাইট্রোসিলিক অ্যাসিড, H<sub>2</sub>NO<sub>2</sub> বা H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

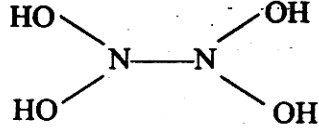
মুক্ত অ্যাসিড অজ্ঞাত। এর Na-লবণ তৈরি হয় তরল অ্যামোনিয়া / Na-এর সঙ্গে NaNO<sub>2</sub>-এর বিক্রিয়ায় :



এটি তরল NH<sub>3</sub>-য় অদ্রবণীয় এবং বাতাসের অনুপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় সুস্থির। ভেজা বাতাসে বিস্ফোরণ ঘটায়। এটি স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয়।

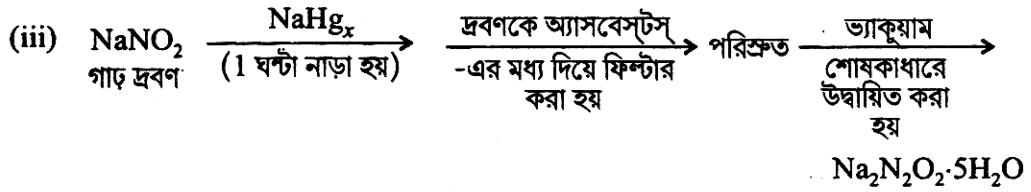
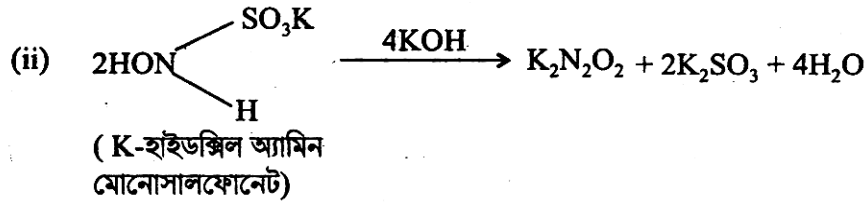
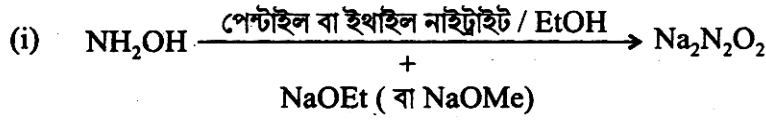


চৌম্বক ধর্ম থেকে প্রমাণিত হয় যে এটি দ্বিমৌলিক। অ্যাসিডের গঠন :



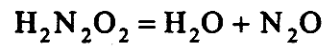
হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড,  $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$

প্রস্তুতি :

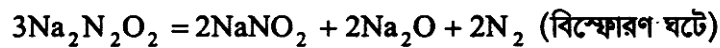


মুক্ত অ্যাসিড পেতে হলে সোডিয়াম লবণের দ্রবণকে  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রাপ্ত  $\text{Ag}_2\text{N}_2\text{O}_2$  (হলুদ) অধঃক্ষেপকে শুষ্ক করে ইথারে রেখে  $\text{HCl}$  গ্যাস পাঠানো হয়। ইথার দ্রবণ উদ্বায়িত করলে  $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$  পাওয়া যায়।

$\text{Na}_2\text{N}_2\text{O}_2$  বাতাসে যথেষ্ট সুস্থির। মুক্ত অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে বিস্ফোরিত হয়। দ্রবণ বেশ সুস্থির, তবে অতি ধীর গতিতে বিয়োজন ঘটে।



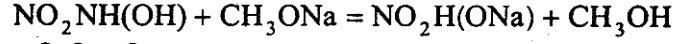
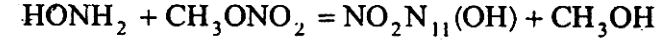
লবণ ও এস্টার বিয়োজিত হয়।



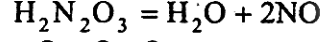
অ্যাসিডটি মৃদু;  $\text{pK}_a = 7$ ; জল, অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিনে দ্রবণীয়।



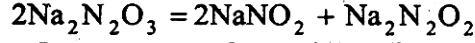
এটি খুবই অসুস্থির। এর Na-লবণ তৈরি করা হয়েছে :



অম্লীকৃত করলে এটি বিযোজিত হয় :



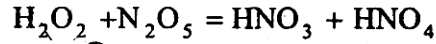
Na-লবণও উত্তপ্ত করলে স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয় :



গঠন পুরোপুরি জানা যায়নি। মনে হয় এটি নাইট্রোহাইড্রাজিল অ্যামিন  $\text{NO}_2\text{NH}(\text{OH})$  অথবা অক্সোহাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড :  $\text{HO}\cdot\text{ON} = \text{NOH}$

পারঅক্সোনাইট্রাস অ্যাসিড,  $\text{HOONO} : \text{H}_2\text{O}_2$  দিয়ে  $\text{HNO}_2$ -কে  $\text{HNO}_3$  করার সময় অন্তর্ভুক্তি ধাপে এটি তৈরি হয়। অ্যাসিড খুবই অসুস্থির, তবে ক্ষারীয় মাধ্যমে অ্যানায়ন সুস্থির এবং বর্ণ হালুদ।

পারনাইট্রিক অ্যাসিড,  $\text{HNO}_4$  : বিস্ফোরক কঠিন পদার্থ।  $\text{N}_2\text{O}_5$ -এর উপর 193 K তাপমাত্রায় অনার্দ্র  $\text{H}_2\text{O}_2$ -র বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। খুবই অসুস্থির। -243 K তাপমাত্রায় বিস্ফোরণসহ ভেঙ্গে যায়। এর গঠন :  $\text{HOONO}_2$



### 6.8.2 ফস্ফরাসের অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

নিচের সারণিতে P-এর জানা অক্সোঅ্যাসিডসমূহ দেখানো হল :

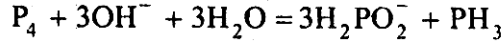
#### সারণি—12

P-এর অক্সোঅ্যাসিড

জারণসংখ্যা	অক্সাইড	অক্সোঅ্যাসিড	নাম
+ 1	—	$\text{H}_3\text{PO}_2$	হাইপোফস্ফরাস অ্যাসিড
+ 3	$\text{P}_2\text{O}_3$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{H}_3\text{PO}_3 \\ (\text{HPO}_2)_n \\ \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5 \\ \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 \end{array} \right.$	অর্থোফস্ফরাস অ্যাসিড মেটাফস্ফরাস অ্যাসিড পাইরোফস্ফরাস অ্যাসিড হাইপোফস্ফোরিক অ্যাসিড
+ 5	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{HPO}_3 \\ \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 \\ \text{H}_3\text{PO}_4 \\ \text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \\ \text{H}_6\text{P}_4\text{O}_{13} \end{array} \right.$	মেটাফস্ফরিক অ্যাসিড পাইরোফস্ফরিক অ্যাসিড অর্থোফস্ফরিক অ্যাসিড ট্রাইপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড টেট্রাপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড
+ 6	$\text{P}_2\text{O}_6$	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$	পারফস্ফরিক অ্যাসিড
+ 7	—	$\text{H}_3\text{PO}_5$	পারফস্ফরিক অ্যাসিড

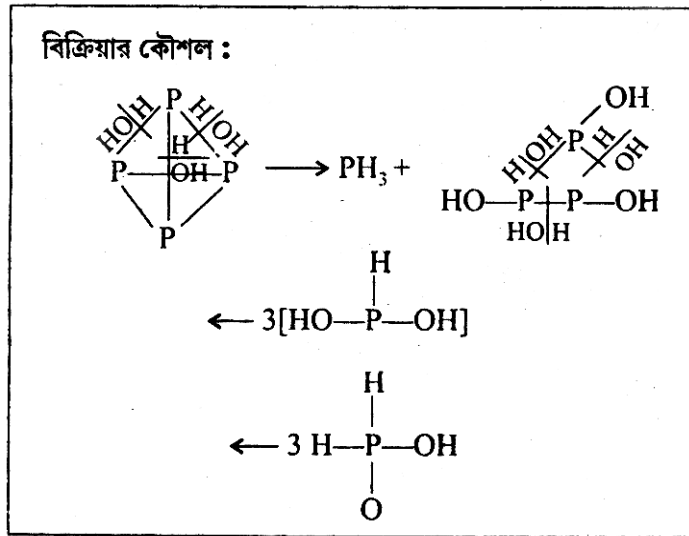
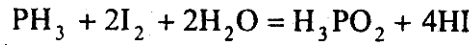
(ক)  $H_3PO_2$  বা  $H[H_2PO_2]$

এই অ্যাসিডের লবণ পাওয়া যায় সাদা P ও ক্ষার দ্রবণ ফুটিয়ে :

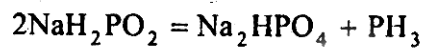
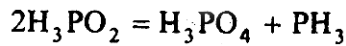


$Ba(H_2PO_2)_2$  এভাবে তৈরি করে  $CO_2$  চালনা করে অতিরিক্ত  $3a(OH)$  তাড়িয়ে, পরিশ্রুত  $[Ba(H_2PO_2)_2]$ -এ লঘু  $H_2SO_4$  যোগ করলে  $H_3PO_2$ -র দ্রবণ পাওয়া যাবে। পরিশ্রুতকে 403 K তাপমাত্রায় উদ্বায়িত করে গাঢ় সিরাপ পাওয়া যাবে, একে হিমমিশ্রণে ঠাণ্ডা করলে  $H_3PO_2$  পাওয়া যাবে।

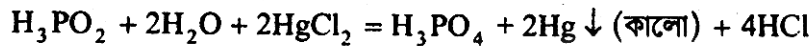
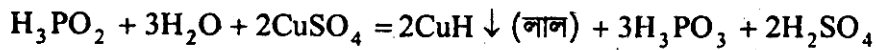
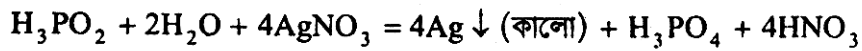
$I_2$  দিয়ে  $PH_3$ -কে জারিত করে  $H_3PO_2$  পাওয়া যায় :



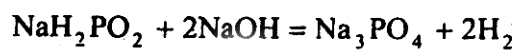
$H_3PO_2$  বর্ণহীন কেলাসাকার, গলনাংক 300 K; মনোবেসিক;  $pK_a = 1.2$ . অ্যাসিড এবং লবণ উত্তপ্ত করলে স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয় :



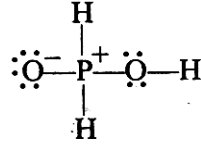
অ্যাসিড এবং তার লবণ ক্ষমতাসালী বিজারক :



লবণকে ক্ষার দিয়ে ফুটালে  $H_2$  পাওয়া যায় :

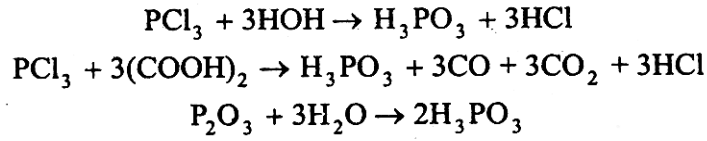


গঠন : nmr সমীক্ষায় (PH<sub>2</sub> গ্রুপের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়) এবং Ni-লবণের X-রশ্মি পরীক্ষায় প্রত্যাযিত হয়েছে যে অ্যানায়ন চতুষ্তলকীয়। অ্যাসিডের গঠন :



(খ) H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>

প্রস্তুতি :



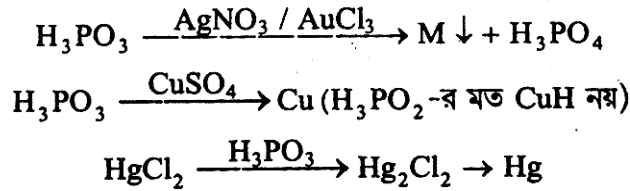
ধর্ম :

সাদা, জলাকর্ষী, কঠিন, গলনাংক 343 K; pK<sub>1</sub> = 1.8, pK<sub>2</sub> = 6.2; দ্বি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড। দুই ধরণের লবণ জানা আছে—MH<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>, M<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>. ক্ষার দিয়ে লবণকে ফুটালে H<sub>2</sub> পাওয়া যায় না।

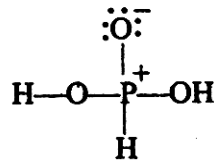
473 K তাপমাত্রায় স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয় :



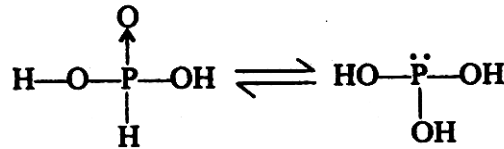
বিজারক ধর্মী :



গঠন : বিজারকধর্মী অর্থাৎ P—H বন্ধ আছে। দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড। তাই গঠন নিম্নরূপ :



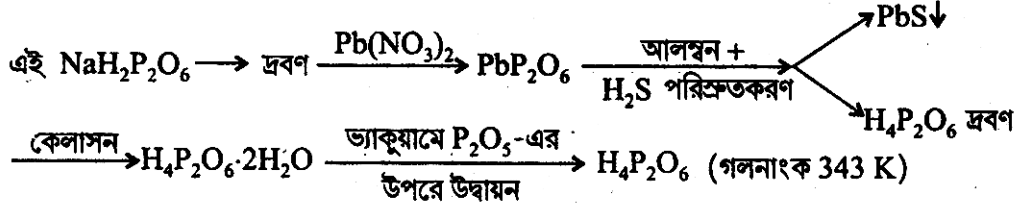
PCl<sub>3</sub>-র আর্দ্রবিপ্লবে অ্যাসিডটি পাওয়া যায়। তাই নিচের মত টটোমেরিক গঠন :



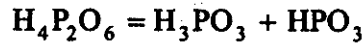


(গ)  $H_4P_2O_6$

প্রস্তুতি : (i) ভেজা বাতাসে সাদা P-এর মৃদুজারণে  $H_3PO_3$ ,  $H_3PO_4$  ও  $H_4P_2O_6$  উৎপন্ন হয়। এর আংশিক প্রশমনে  $Na_2H_2P_2O_6 \cdot 6H_2O$  কেলাসিত হয় :



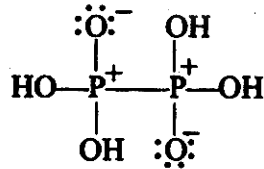
ধর্ম : উত্তাপে স্বতঃ জারিত-বিজারিত হয়।



$HNO_3$  দিয়ে জারিত হয় না,  $HNO_3$  আদ্রবিশ্লেষণের অনুঘটকরূপে কাজ করে। গরম  $KMnO_4$  দিয়ে জারিত হয়ে  $H_3PO_4$  করে। ধাতব লবণকে বিজারিত করে না।

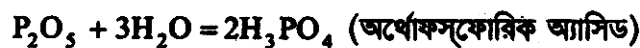
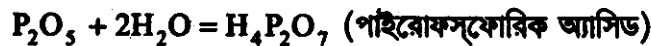
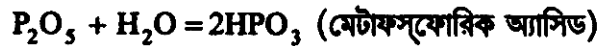
এটি চতুক্ষারকীয় অ্যাসিড।

গঠন :

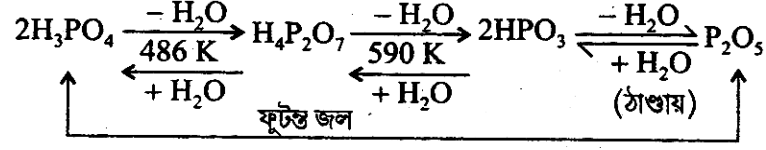


(ঘ) ফস্ফোরিক অ্যাসিড

তিনটি ফস্ফোরিক অ্যাসিড আছে :

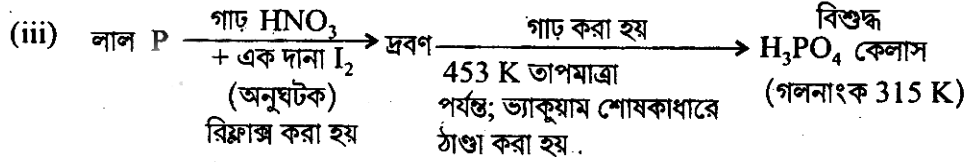
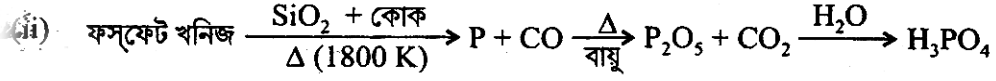
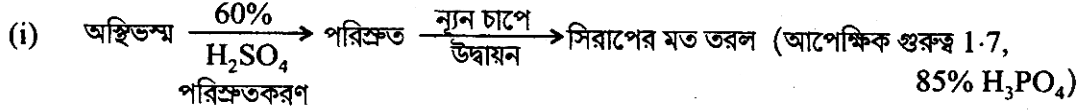


এদের সম্পর্ক :



$\text{H}_3\text{PO}_4$  (সাধারণভাবে ফস্ফোরিক অ্যাসিড বলে কথিত)

প্রস্তুতি :



$\text{H}_3\text{PO}_4$  ত্রি-ক্ষারীয়;  $\text{p}K_1 = 2.12$ ,  $\text{p}K_2 = 7.21$ ,  $\text{p}K_3 = 12.67$

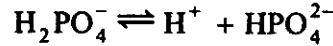
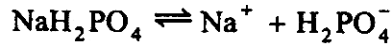
তিন শ্রেণীর লবণ জানা আছে :

প্রাইমারী (1°) যেমন,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$

সেকেণ্ডারী (2°) যেমন,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

টার্সিয়ারী (3°) যেমন,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

প্রাইমারী ক্ষার ধাতুর ফস্ফেট জলে দ্রাব্য, লিটমাসে আম্লিক :



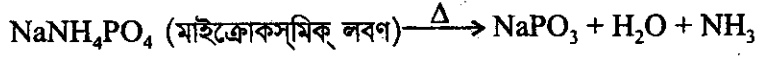
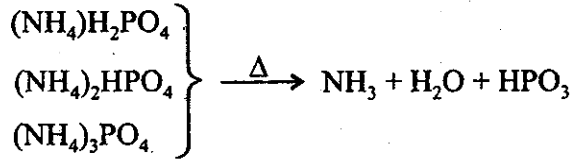
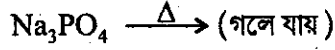
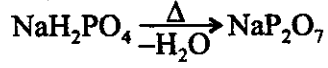
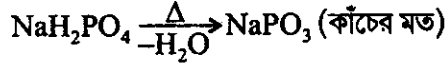
সেকেণ্ডারী ক্ষার ধাতুর ফস্ফেট জলে দ্রাব্য, সামান্য ক্ষারকীয়, ফিনলথ্যালিনে আম্লিক :



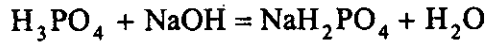
টার্সিয়ারী ক্ষার ধাতুর ফস্ফেট জলে দ্রবণীয় এবং আদ্রবিশ্লেষণের দ্রবণ ক্ষারীয় :



তাপ প্রয়োগে তাদের আচরণ নিম্নরূপ :

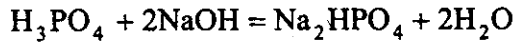


মিথাইল অরেঞ্জের উপস্থিতিতে NaOH দিয়ে অনুমাপন করলে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  এক ক্ষারীয় অ্যাসিডের মত আচরণ করে :



$$\text{তুল্যবিন্দুতে } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_1 + \frac{1}{2} \text{p}K_2 = \frac{2.12 + 7.21}{2} = 4.67$$

ফিনলথ্যালিন ব্যবহার করলে অ্যাসিডটির আচরণ দ্বি-ক্ষারকীয় :

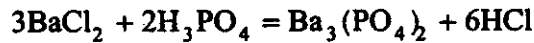


$$\text{তুল্যবিন্দুতে } \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_2 + \frac{1}{2} \text{p}K_3 = \frac{7.2 + 12.67}{2} = 9.94$$

$$\text{তৃতীয় তুল্যবিন্দুতে } \text{pH} \text{ হবার কথা } \frac{1}{2} \text{p}K_w + \frac{1}{2} \text{p}K_3 + \frac{1}{2} \log C$$

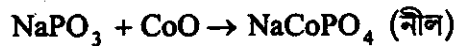
$$= 7 + \frac{1}{2} \times 12.67 + \frac{1}{2} \log \frac{1}{10} \text{ (ধরে নেওয়া হল যে দ্রবণের মাত্রা } 0.1 \text{ M)} = 12.8$$

এক্ষেত্রে কোন সূচক পাওয়া সম্ভব নয়; তাই সাধারণ অনুমাপনে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  দ্বি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড।  $\text{BaCl}_2$  বা  $\text{CaCl}_2$  যোগ করলে অদ্রব্য ফস্ফেট অধঃক্ষিপ্ত হবে এবং তিন অণু HCl বের হবে; তখন অ্যাসিডটির আচরণ ত্রি-ক্ষারকীয় :

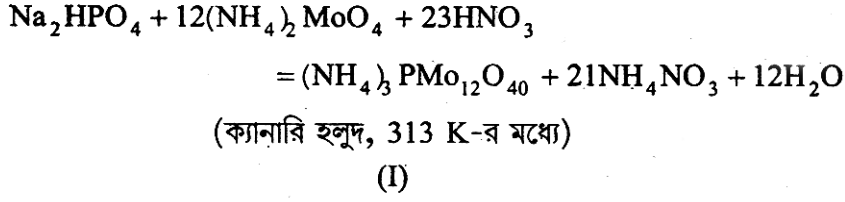


ফস্ফেটের নিরীক্ষা :

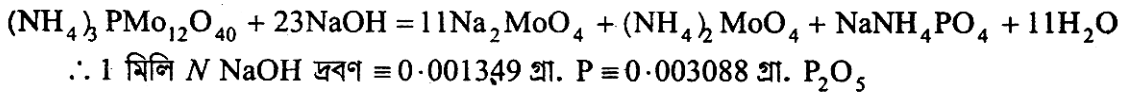
(i) কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা :



(ii) অ্যামোনিয়াম মলিবডেট পরীক্ষা :



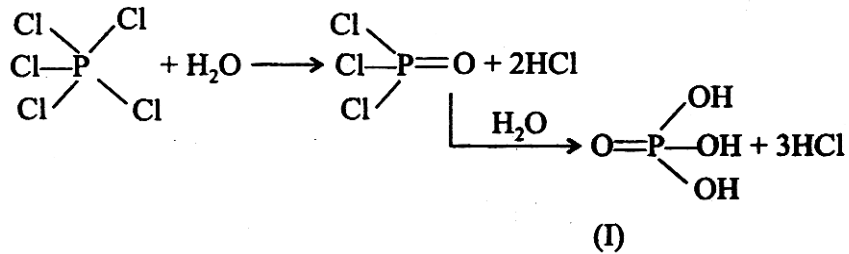
$\text{PO}_4^{3-}$ -এর পরিমাপন : অধঃক্ষেপ (I) কে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত করে অতিরিক্ত ক্ষার প্রমাণ-অ্যাসিড দ্রবণ দিয়ে HCHO-এর উপস্থিতিতে ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করে অনুমাপিত হয় :



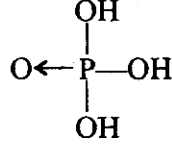
অর্থো, মেটা ও পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডের পরিচায়ক পরীক্ষা :

বিকারক	অর্থো	পাইরো	মেটা
1. $\text{AgNO}_3$ দ্রবণ	হলুদ অধঃক্ষেপ	সাদা অধঃক্ষেপ	সাদা অধঃক্ষেপ
2. অ্যালবুমেন + লঘু HOAc	তঞ্চন ঘটে না	তঞ্চন ঘটে না	তঞ্চন ঘটে
3. ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ	সাদা অধঃক্ষেপ; অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রবণীয়	সাদা অধঃক্ষেপ, অতিরিক্ত বিকারকে দ্রবণীয়	ফুটালেও অধঃক্ষেপ পড়ে না
4. $\text{BaCl}_2$ দ্রবণ	অধঃক্ষেপ পড়ে না, ক্ষার মাধ্যমে সাদা অধঃক্ষেপ	অধঃক্ষেপ পড়ে না, ক্ষার মাধ্যমে সাদা অধঃক্ষেপ	আম্লিক মাধ্যমে সাদা অধঃক্ষেপ

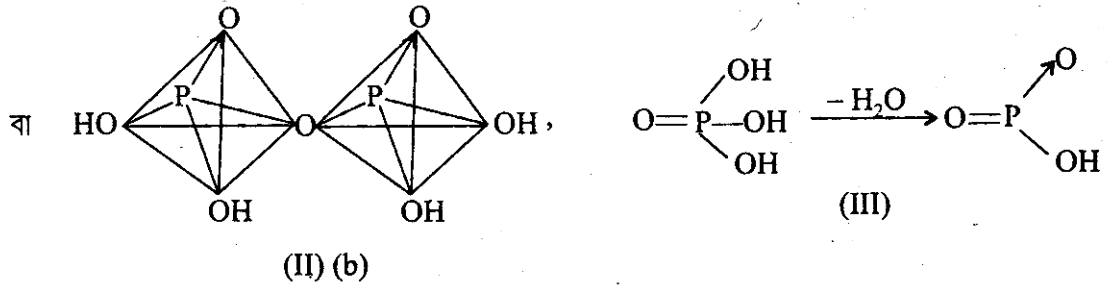
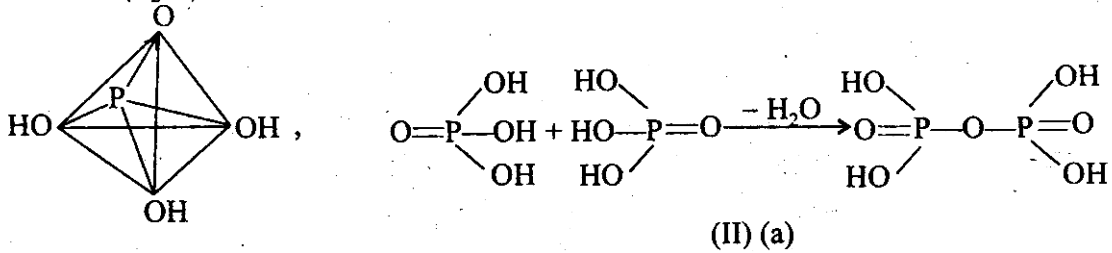
গঠন :  $\text{PCl}_5$  আর্দ্রবিশ্লেষণে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  দেয়। আংশিক আর্দ্রবিশ্লেষণে  $\text{O} = \text{PCl}_3$  পাওয়া যায়। তাই  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -এর গঠন (I) :



$PO_4^{3-}$  চতুস্তলকীয়। P—O বন্ধ-দৈর্ঘ্য কিছুটা দ্বি-বন্ধ চরিত্র সূচিত করে। তাই এর গঠন (I) সঠিক।  
গঠন এভাবেও দেখানো যায় :

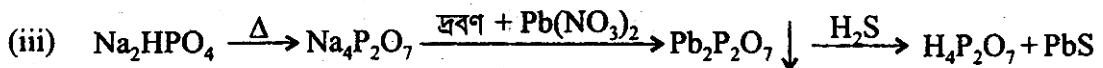
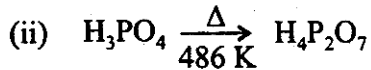
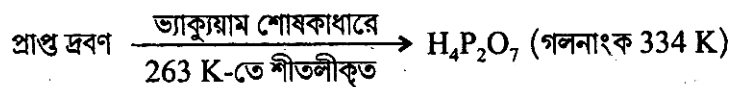
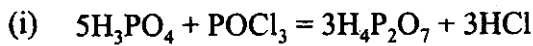


অর্থাৎ পাইরো- ও মেটাফস্ফোরিক অ্যাসিড  $H_3PO_4$  থেকে জল বিতাড়ণ করে পাওয়া যায়।  
কাজেই  $H_4P_2O_7$ -এর গঠন II (a)–II (b) এবং  $HPO_3$ -র (III) :

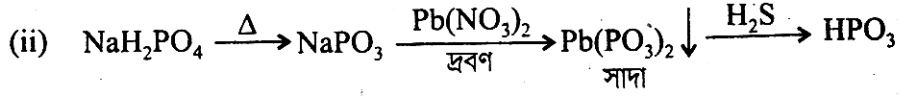
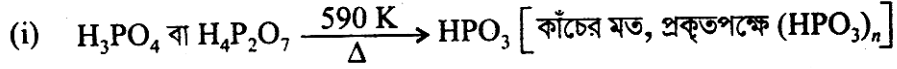


P → O বন্ধে কিছুটা  $p\pi-d\pi$  পশ্চাদ্বন্ধ চরিত্র আছে।

পাইরোফস্ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :

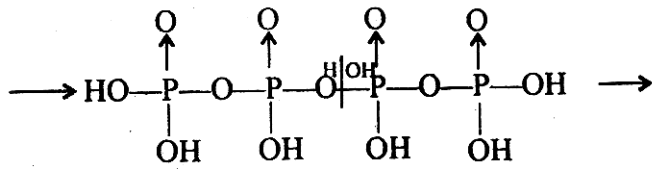
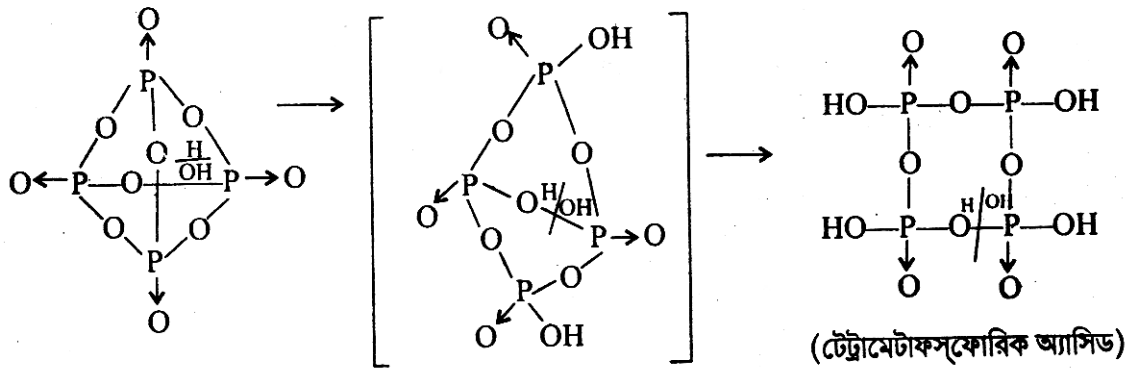


মেটাফস্ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :

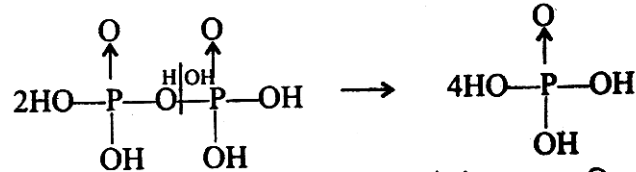


(ঙ) পলিফস্ফোরিক অ্যাসিড ও পলিফস্ফেটসমূহ

P-এর অক্সোঅ্যানায়নগুলির একটা বড় প্রবণতা হচ্ছে ঘনীভবনের মাধ্যমে পলিফস্ফোরিক অ্যাসিড গঠন করা। এদের মধ্যে একের বেশি অ্যানায়ন অণু থাকে। এদের আইসোপলিঅ্যাসিড-ও বলা হয় কারণ সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড অ্যানায়নগুলি অভিন্ন। অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড থেকে জলীয় অণু বিতাড়নের ফলে এগুলি উৎপন্ন হয়। জানা পলিফস্ফোরিক অ্যাসিড :  $H_4P_2O_7$  (পাইরো বা ডাইপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড),  $H_5P_3O_{10}$  (ট্রাইপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড) এবং  $H_6P_4O_{13}$  (টেট্রাপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড)। গঠনের কৌশল নিচে দেখানো হচ্ছে :

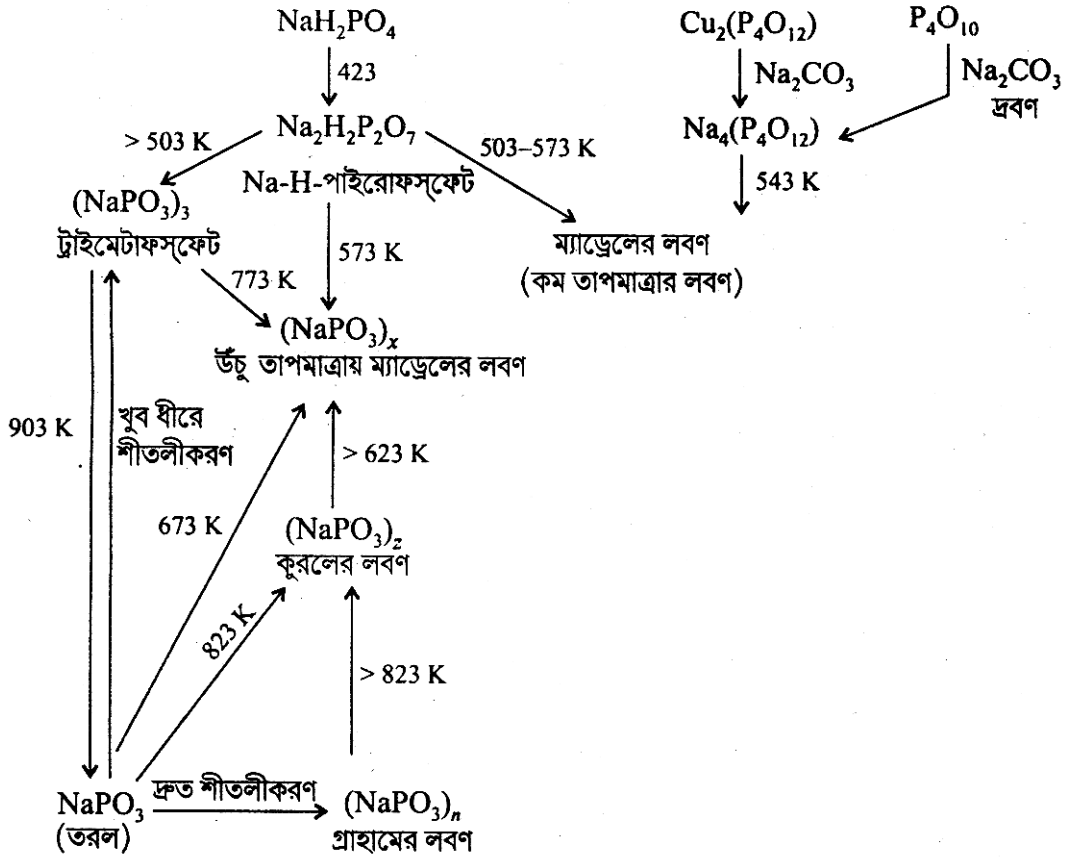


টেট্রাপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড

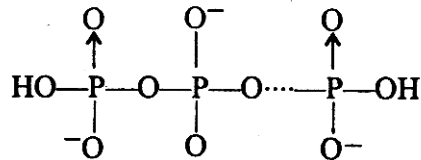


অর্থোপাইরোফস্ফোরিক অ্যাসিড

আইসোপলিফস্ফোরিক অ্যাসিড ও আইসোপলিফস্ফেট  $\text{PO}_4$  চতুস্তলকের শৃঙ্খল থেকে গঠিত; এদের মধ্যে  $\{(\text{PO}_3)_{n-1}\text{PO}_4\}^{(n+2)-}$  বা  $[\text{P}_n\text{O}_{3n+1}]^{(n+2)-}$  আয়ন থাকে। মেটাফস্ফেটসমূহ  $(\text{PO}_3)_n$  সংকেতযুক্ত বদ্ধশৃঙ্খল যৌগ। মেটাফস্ফেট পাওয়া যায় অর্থোফস্ফেটকে উত্তপ্ত করে। নিচে একটি বিক্রিয়াক্রম দেখানো হল :



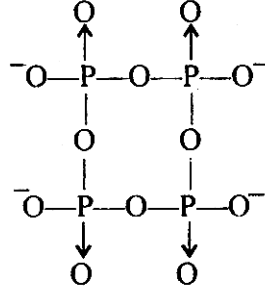
গ্রাহমের লবণ  $(\text{NaPO}_3)_n \cdot \text{H}_2\text{O}$  বা  $\text{Na}_n\text{P}_n\text{O}_{3n-1}(\text{OH})_2$  ( $n = 10^2 - 10^6$ , আণবিক ওজন 12-18,000)। এর গঠন সরলরৈখিক :



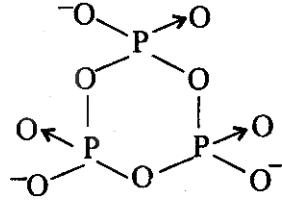
সাধারণভাবে এটি ক্যালগন নামে পরিচিত।

এটি ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর সঙ্গে দ্রবণীয় জটিল লবণ গঠন করে। তাই জলের খরতা দূরীকরণে ব্যবহৃত হয়।

সাইক্লোটেট্রাফস্ফেটের গঠন :

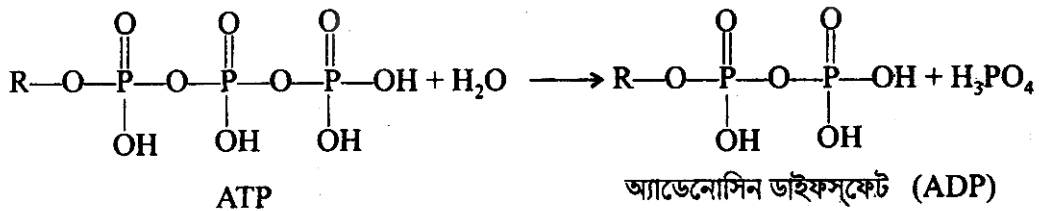


সাইক্লোট্রাইফস্ফেটের গঠন :



3-8টি ফস্ফরাস পরমাণুযুক্ত বদ্ধশৃঙ্খল পলিফস্ফোরিক অ্যাসিড জানা আছে।

ফস্ফেট বন্ধ P—O—P জীবদেহের তন্তুর ক্ষেত্রে খুব গুরুত্বপূর্ণ, একে শক্তির মূল উৎস বলে মনে করা হয়। বন্ধের শক্তি 29 কি.জু.মোল<sup>-1</sup> প্রয়োজনের সময় নিঃসৃত হয়। উচ্চ শক্তি অণু অ্যাডেনোসিন ট্রাইফস্ফেট (ATP)-এর ফস্ফেট বন্ধের উৎসেচকীয় আর্দ্রবিশ্লেষণের মাধ্যমে এই শক্তির নিঃসরণ ঘটে।





## অনুশীলনী—10

- (1) নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন বর্ণনা করুন।
- (2)  $\text{HNO}_2$ -এর একটি জারক ও বিজারক ধর্ম বলুন।  $\text{HNO}_2$  জারক-বিজারক উভয়ভাবে ক্রিয়া করে কেন?
- (3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -কে সাধারণভাবে  $\text{NaOH}$  দিয়ে অনুমাপন করলে গ্রাম অণু পিছু দুই গ্রাম তুল্যাংকভার  $\text{NaOH}$  লাগে,  $\text{CaCl}_2$  যোগ করে অনুমাপন করলে লাগে তিন গ্রাম তুল্যাংকভার। কেন?
- (4) ক্যালগন কী? এর ব্যবহার উল্লেখ করুন।
- (5)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ -কে পৃথকভাবে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে?
- (6)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -এ  $\text{NH}_4\text{OH}$  যোগ করে  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  তৈরি করা যায় না কেন?

## 6.9 নাইট্রোজেন চক্র, নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ এবং ফস্ফেটঘটিত সার

আমরা মোটামুটি বিস্তারিতভাবে 15 শ্রেণীর মৌলগুলি ও তাদের যৌগসমূহের ধর্ম আলোচনা করেছি, আপনারাও জেনেছেন। এখন আসুন এদের রসায়নের অন্য দিকগুলিতে কিছু আলোকসম্পাত করা যাক। আপনারা তো নাইট্রোজেন চক্র সম্বন্ধে বিস্তারিত ধারণা স্থুলে থাকতেই পেয়েছেন। আসুন আমরা সংক্ষেপে এটা আরেকবার ঝালিয়ে নিই।

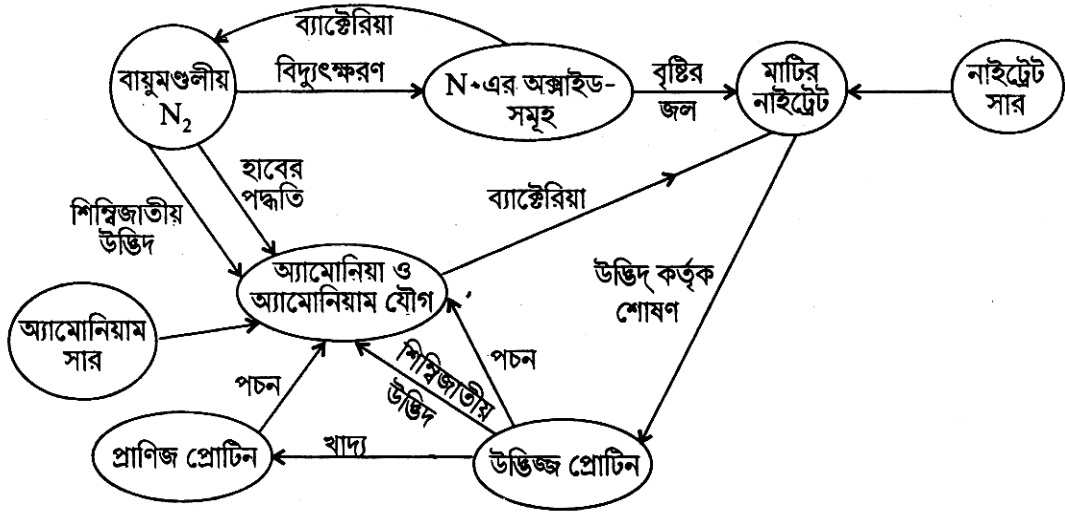
### 6.9.1 নাইট্রোজেন চক্র

নাইট্রোজেন চক্র বলতে আমরা বৃষ্টি বায়ুমণ্ডল ও জীবমণ্ডলের মধ্যে ক্রমাগত নাইট্রোজেনের বিনিময়ঘটন। বায়ুমণ্ডলে মজুত রয়েছে নাইট্রোজেনের বিরাট সঞ্চয়, কিন্তু বেশিরভাগ উদ্ভিদ ও প্রাণী মৌলের আকারে নাইট্রোজেন গ্রহণ করতে পারে না। উদ্ভিদ নাইট্রোজেন গ্রহণ করে অ্যামোনিয়াম বা নাইট্রেট লবণরূপে। কাজেই বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনকে এইভাবে পরিবর্তিত করে নিতে হবে অর্থাৎ তাকে 'আবদ্ধ' করে নিতে হবে, যাতে উদ্ভিদ তাকে নিজের কাজে লাগাতে পারে।

নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণের একটা উপায় উর্ধ্ব বায়ুমণ্ডলে বিদ্যুৎক্ষরণ। এর ফলে নাইট্রোজেন প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড, তারপরে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড এবং শেষে বৃষ্টির জলের সঙ্গে ক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিড বৃষ্টির জলের সঙ্গে মাটিতে নেমে আসে, মাটির চূনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রশমিত হয়ে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন করে। আরেকটা উপায় আছে। সেটা প্রাণরাসায়নিক পদ্ধতি। কিছু মিথোজীবী ব্যাক্টেরিয়া (বিশেষ করে শিন্জিাজাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের গুটিতে থাকা ব্যাক্টেরিয়া) বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করে প্রোটিন জাতীয় খাদ্য তৈরি করে পোষককে চালান দেয়। এই ব্যাক্টেরিয়াদের নামই নাইট্রোজেন আবদ্ধকারী ব্যাক্টেরিয়া। এভাবে গৃহীত নাইট্রোজেনের পরিমাণ কিন্তু নেহাত কম নয়। হিসাব করে দেখা গেছে এভাবে বছরে প্রায়  $135 \times 10^6$  টোন নাইট্রোজেন আবদ্ধ হয়। আর সমান্তরাল বাণিজ্যিক আবদ্ধীকরণের পরিমাণ  $85 \times 10^6$  টোন বছরে।

মাটি থেকে উদ্ভিদ অ্যামোনিয়াম বা নাইট্রেট লবণ গ্রহণ করে এবং তাদের প্রোটিন ও নিউক্লিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করে—এরাই হল সকল জীবদেহের অত্যাবশ্যক উপাদান। উদ্ভিদ থেকে তৃণভোজী প্রাণিতে তা চালান যায় এবং তাদের থেকে যায় মাংসশী প্রাণিতে। এভাবেই খাদ্য শৃঙ্খল আবর্তিত হয়।

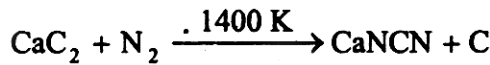
যখন উদ্ভিদ ও প্রাণী মারা যায়, তাদের দেহ পচতে থাকে, তাদের দেহের নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগগুলিও বিয়োজিত হয়ে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয়। মাটির অ্যামোনিফাইইং ব্যাক্টেরিয়া এই ঘটনা ঘটায়। অ্যামোনিয়াম যৌগ নাইট্রোসিফাইইং ব্যাক্টেরিয়ার দ্বারা নাইট্রাইটে পরিণত হয়, এবং নাইট্রাইট আবার নাইট্রিফাইইং ব্যাক্টেরিয়ার দ্বারা নাইট্রেটে জারিত হয়। আরেকটা বিকল্প রাস্তা হল ডিনাইট্রিফাইইং ব্যাক্টেরিয়ার দ্বারা নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগের মৌলিক নাইট্রোজেনে রূপান্তর। এই নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলে যায় ও এভাবে চক্র সম্পূর্ণ হয়। (চিত্র 6.16)



চিত্র 6.16  
নাইট্রোজেন চক্র

## 6.9.2 নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ

পৃথিবীর ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাহিদা মেটাতে কৃষিজ উৎপাদন বাড়াতে হবেই। একই জমি থেকে বছরের পর বছর, আবার বছরে একাধিকবার ফসল উৎপাদনের ফলে জমির নাইট্রোজেনের পরিমাণে ঘাটতি দেখা দেয় আর কৃত্রিমভাবে তা মেটাতে হয় সার প্রয়োগের মাধ্যমে। সার ছাড়াও নাইট্রোজেনের অন্যান্য যৌগেরও চাহিদা আছে, যেমন, বহুযৌগ (polymer), বিস্ফোরক ইত্যাদি। এই চাহিদা মেটাতে বিভিন্ন পদ্ধতিতে বাতাসের নাইট্রোজেনকে টেনে আনতে হয়। অনেক পদ্ধতিতেই কৃত্রিমভাবে বাতাসের নাইট্রোজেন আবদ্ধ করা যেতে পারে। একটা প্রধান উপায় হচ্ছে হাবের বা হাবের বশ্ পদ্ধতিতে  $NH_3$  উৎপাদন। এটাতো আপনারা পড়েছেন। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড উৎপাদন আরেকটা পদ্ধতি। 1400 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কাবাইডের মধ্যে বায়ুর  $N_2$  পাঠিয়ে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড প্রস্তুত করা হয়।





$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  জলে দ্রাব্য বলে এই মিশ্রণটি উদ্ভিদ সহজে গ্রহণ ও আত্মীকরণ করতে পারে। তাই এর নাম সুপার ফসফেট।  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -এর পরিবর্তে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ব্যবহার করলে সবটাই  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  হবে। একে বলে ট্রিপল সুপার ফসফেট। আরও অন্য ধরনের ফসফেট সার আছে, যেমন  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  ও  $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$ -এর মিশ্রণ। ইস্পাত তৈরির ক্ষেত্রে ফসফেটযুক্ত ধাতুমল উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়। এটি খুব ভাল সার।

অনুশীলনী—11

- (1) নাইট্রোজেন চক্র বলতে কী বোঝেন?
- (2) নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ কাকে বলে?
- (3) হাবের তাঁর  $\text{NH}_3$  উৎপাদন পদ্ধতির জন্য নোবেল পুরস্কার পান। এই আবিষ্কারের গুরুত্ব কী?
- (4) শিম্বিজাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের গুটির ব্যাক্টেরিয়ার কী কাজ?
- (5) নাইট্রিফাইইং, নাইট্রোসিফাইইং ও ডিনাইট্রিফাইইং ব্যাক্টেরিয়ার কাজ কী কী?
- (6) টিপল সুপার ফসফেট কী? এই নামকরণের কারণ কী?

## 6.10 অজৈব রাবার : ফস্ফরাস হ্যালোনাইট্রাইডসমূহ—ফস্ফাজিন

P ও N পরস্পর বহুবন্ধনের মাধ্যমে একটি খুব চিত্তাকর্ষক বহুযৌগিক পদার্থ গঠন করে। গোড়ায় এদের বলা হত ফস্ফরাস হ্যালোনাইট্রাইড বা ফস্ফোনাইট্রিলিক হ্যালাইড। এখন এদের শ্রেণীবদ্ধ নাম দেওয়া হয়েছে হ্যালোফস্ফাজিন। এদের মধ্যে আবার ক্লোরাইডগুলিই সর্বাধিক পরিচিত তবে ফ্লুরিন-ক্লোরিন মিশ্র ও ব্রোমিনজাতকও আছে। ত্রিযৌগিক  $(\text{PNCl}_2)_3$ , হেক্সাক্লোরোসাইক্লোট্রাই-ফস্ফাজিন হচ্ছে মূল যৌগ এবং এটি অন্য অনেক ফস্ফাজিন প্রস্তুতির প্রারম্ভিক পদার্থ। এটির শিল্পোৎপাদন হয়। বড় বা ছোট মাপে এর তৈরি পদ্ধতি একই—পদ্ধতি নিম্নরূপ :

- (i)  $\text{PCl}_5$  কে কঠিন  $\text{NH}_4\text{Cl}$  সহ বদ্ধ নলে 393 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।  
 $n\text{PCl}_5 + n\text{NH}_4\text{Cl} = (\text{PNCl}_2)_n + 4n\text{HCl}$  HCl একটি নিগম পথ দিয়ে বেরিয়ে যায়।
- (ii)  $\text{PCl}_5$  ও  $\text{NH}_4\text{Cl}$  মিশ্রণ এস-টেট্রাক্লোরোইথেন (স্ফুটনাংক 419 K) বা ক্লোবেঞ্জিন দ্রাবকে নিয়ে কয়েক ঘণ্টা ধরে বিক্লেপ করা হয়। এ বিক্রিয়ায়  $(\text{PNCl}_2)_n$  যৌগবলীর মিশ্রণ পাওয়া যায়,  $n=3, 4, 5, \dots$  হয়; এছাড়া কম আণবিক ওজন সম্পন্ন সরলরৈখিক যৌগও থাকে। বিক্রিয়ার শর্ত উপযুক্ত হলে  $n=3$  ও 4 বিশিষ্ট যৌগের উৎপাদন হয় 90%—এদের খুব সহজেই পৃথক করে ফেলা যায়। বিক্রিয়ার পরে প্রথম পরিশ্রাবন দ্বারা  $\text{NH}_4\text{Cl}$  পৃথক করে ফেলা হয়। দ্রাবককে উদ্বায়িত করে, কম আণবিক সম্পন্ন যৌগগুলিকে পেট্রোলিয়াম ইথার দিয়ে নিষ্কাশন করা হয়। দ্রবণীয় অংশের আবার ন্যূন চাপে (13 মি.মি.) আংশিক পাতন করা হয় এবং সবশেষে  $\text{C}_6\text{H}_6$  থেকে কেলাসিত করা হয়।

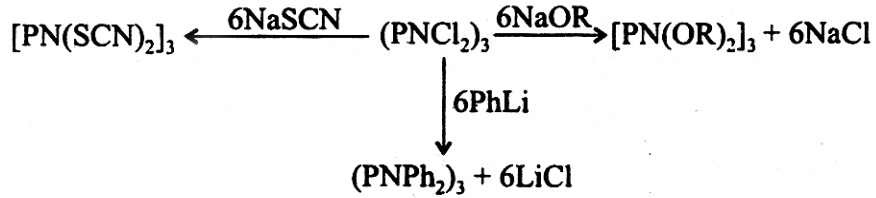
সারণি—13  
ক্লোরোফস্ফাজিনসমূহ

যৌগ	গলনাংক (K)	শতকরা পরিমাণ
(PNCI <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	387	40-45
(PNCI <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	396.5	15-20
(PNCI <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	314	15-20
(PNCI <sub>2</sub> ) <sub>6</sub>	364	1-3
(PNCI <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> (n > 6)	—	25

অনুরূপে PCl<sub>5</sub> ও NH<sub>4</sub>Br-এর বিক্রিয়ায় (PNBr<sub>2</sub>)<sub>n</sub> পাওয়া যায়। (PNF<sub>2</sub>)<sub>n</sub> (n = 3, 4) পাওয়া যায় (PNCI<sub>2</sub>)<sub>n</sub> এবং পটাসিয়াম ফ্লুরোসালফাইট KSO<sub>2</sub>F-এর বিক্রিয়ায়। (PNCI<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-র সঙ্গে PbF<sub>2</sub>-র বিক্রিয়ায় PNFCl<sub>4</sub> পাওয়া যায়।

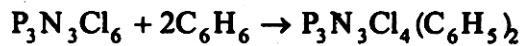
ধর্ম : ত্রি ও চতুর্ভুজিকরা সুবিদিত কঠিন পদার্থ। স্ফুটনাংক যথাক্রমে 400 K ও 461 K (13 মি.মি. চাপে)। এরা জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু জৈব তরলে (যেমন বেঞ্জিন, ইথার, CHCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>) দ্রবণীয় এবং C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> দ্রবণ থেকে তাদের আগবিক ওজন নির্গত হয়েছে। ফস্ফাজিনের বেশির ভাগ বিজ্ঞাপিত ধর্মই —OH, —OR, —NHR, —R মূলক দ্বারা হ্যালোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপন।

এরকমও অন্যান্য বিক্রিয়ার কয়েকটি :

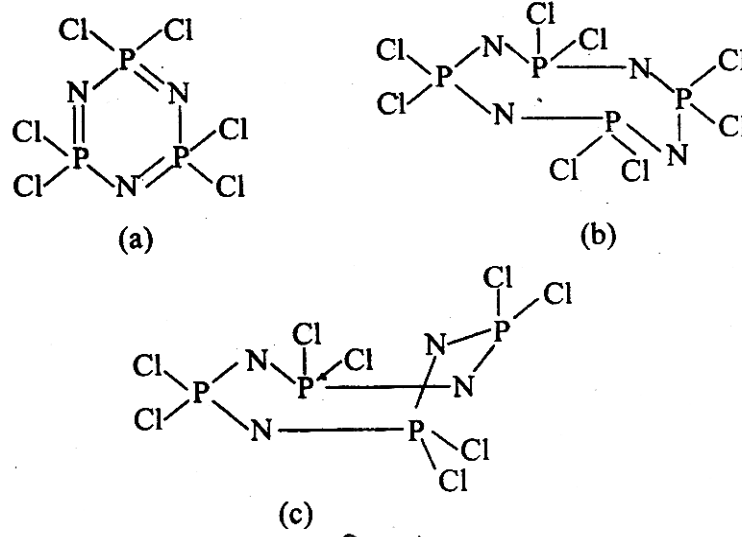


এসব বিক্রিয়ার বিশেষ করে জৈব-ধাতবিক (organometallic)-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার কলাকৌশল পুরোপুরি জ্ঞাত নয়। তবে মনে হয় যে অ্যানায়ন দ্বারা P পরমাণুর উপর SN<sub>2</sub> আক্রমণ ঘটে থাকে।

হ্যালোফস্ফাজিনসমূহ তাপীয়ভাবে সুস্থির, ঠাণ্ডায় আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয় না। ফুটন্ত জলেও আর্দ্রবিল্লিষ্ট হওয়ার গতি খুব ধীর। ইথার দ্রবণে তারা জলের সঙ্গে আর্দ্রবিল্লিষ্ট হয়ে মেটাফস্ফিমিক অ্যাসিড [PNHO(OH)]<sub>n</sub> অর্থাৎ [HN = PO(OH)]<sub>n</sub> উৎপন্ন করে। দীর্ঘায়িত আর্দ্রবিল্লিষ্ট P<sub>3</sub>N<sub>3</sub>Cl<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> এবং P<sub>3</sub>N<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub> দেয়। Ag-জাতক P<sub>3</sub>N<sub>3</sub>(OAg)<sub>6</sub> জানা আছে। NH<sub>3</sub>-র সঙ্গে তাদের অ্যামোনোবিল্লিষ্ট ঘটে, পাওয়া যায় P<sub>3</sub>N<sub>3</sub>Cl<sub>4</sub>(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> এবং P<sub>3</sub>N<sub>3</sub>(NH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>। অনার্দ্র AlCl<sub>3</sub>-এর উপস্থিতিতে C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> বিক্রিয়া ঘটায়।

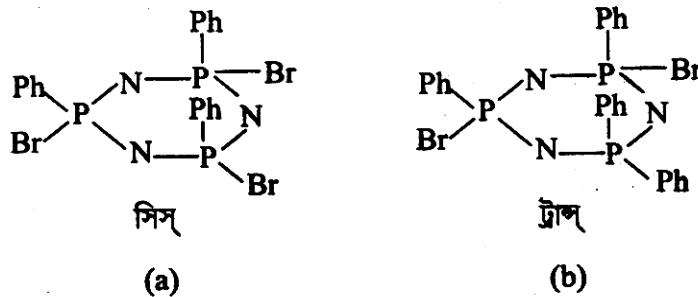


গঠন : ত্রি- ও চতুর্ভৌগিকেরা বদ্ধশৃঙ্খল যৌগ, P ও N পরমাণু একটির পর একটি থাকে। বলয় 6 ও 8 সদস্যবিশিষ্ট; প্রথমটি সামতলিক ও দ্বিতীয়টি ‘চেয়ার’ ও ‘বোট’ কনফর্মেশনে থাকে (চিত্র 6.17 (b) ও 6.17 (c))



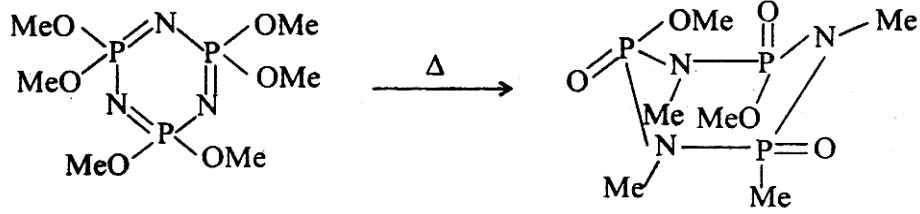
চিত্র 6.17

P—N বন্ধ-দূরত্বগুলি সব প্রায় সমান (156–159 পিকোমি.), এটি সাধারণ একক বন্ধ (177 পিকোমি.) থেকে কম। মনে করা হয় যে N-এর পূর্ণ  $2p$ -কক্ষক ও P-এর খালি  $3d$ -কক্ষকের মধ্যে  $\pi$ -বন্ধ প্রতিষ্ঠিত হয়। এই  $p\pi-d\pi$  বন্ধ P-এর অক্সাইডের বন্ধের মত। তবে পার্থক্য এই যে ফস্ফাজিনে  $\pi$ -বন্ধ সমস্ত অণুতে ছড়ানো (delocalised) ফলে আংশিক অ্যারোমেটিক (pseudoaromatic) চরিত্র দেখা যায়। পুরো ছড়ালেও আবার নয়। বরং বলা যায় যে NPN অংশবিশেষে কিছু প্রতিসমভাবে বিস্তৃত  $\pi$ -ইলেক্ট্রন ঘনত্বের ‘দ্বীপ’ থাকে। বিরাট সংখ্যক কক্ষকের উপস্থিতি ব্যাপারটাকে আরও জটিল করেছে; তাছাড়া বলয় তো সামতলিকও নয়, ফলে এককভাবে কক্ষকগুলির উপর সুনির্দিষ্ট  $\sigma$ - ও  $\pi$ -চরিত্র আরোপ করাও যায় না। ত্রিভৌগিকের ক্ষেত্রে সিস্ ও ট্রান্স সমাবয়ব দেখানো হয়েছে (চিত্র 6.18 (a) ও (b))

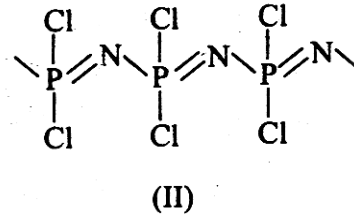
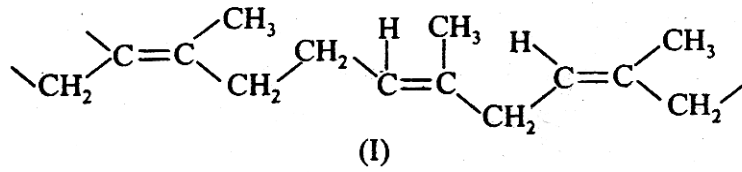


চিত্র 6.18

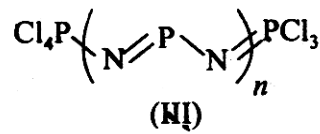
সবচেয়ে বড় যে বলয় তাতে ক্লোরাইড হলে 34টি পরমাণু থাকে আর ব্রোমাইড হলে 12টি অ্যাটম থাকে। প্রতিস্থাপিত ফস্ফাজিন-এর ক্ষেত্রে তাপীয় প্রতিস্থাপনের ফলে সুস্থিরতর ধরণের অণু পাওয়া যায় :



523–623 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে তরল ত্রিযৌগিক ও চতুর্যৌগিকেরা বহুযৌগিকে পরিণত হয়। বহুযৌগিকতা যত অগ্রসর হয়, পদার্থটির বেঞ্জিনে দ্রবণীয়তা তত কমে যায়। প্রথমে আমরা তৈলাক্ত জিনিষ পাই, তারপর আঠাল জিনিষ এবং সবশেষে রাবারের মত পদার্থে পরিণত হয়। এই রাবারের মত জিনিষটা বেঞ্জিনে দ্রাব্য নয় কিন্তু জৈব রাবারের মতই কুলে ওঠে। X-রশ্মির পরীক্ষায় প্রসারিত জৈব রাবার (I) ও প্রসারিত  $(\text{PNCl}_2)_n$  (II) একইরকম দেখায় :



প্রান্তীয় গ্রুপগুলি সঠিক জানা যায় না। মনে হয় (III)-এর মত। আবার এ-ও হতে পারে যে একদিকে  $\text{PCl}_5$  ও অন্যদিকে  $\text{PCl}_4$  থাকে :



এসব যৌগের আণবিক ওজন 20,000. আঁকাবাঁকা প্যাঁচানো শৃঙ্খলাকারের জন্য পদার্থটি টানলে লম্বা হয়। এজন্য  $(\text{PNCl}_2)_n$ -কে অজৈব রাবার বলে।

উত্তপ্ত করলে রাবার-এর মত এই পদার্থটা আরও উচ্চতর বহুযৌগিকে পরিণত হয় আর স্থিতিস্থাপকতা হারিয়ে ফেলে। 723 K তাপমাত্রার উপরে অণুর ভাঙ্গন শুরু হয়।

এখন পর্যন্ত ফস্ফাজিনসমূহের কোন গুরুত্বপূর্ণ বাণিজ্যিক বা কারিগরী ব্যবহার দেখা যায়নি, তবে এর ভৌত ও যান্ত্রিক ধর্মের দ্রুপ মনে হয় যে এরা বেশ ব্যবহারযোগ্যতা পাবে যেমন পেয়েছে সিলিকোন। হয়ত বা যেখানে জৈব রাবার সুস্থিরতা পায় না এরা সেখানে কাজে লাগবে।

অনুশীলনী-12

(1) ফস্ফাজিনকে অজৈব রাবার বলা হয় কেন?

## 6.11 সারাংশ

আসুন, আমরা এতক্ষণ যা পড়লাম বা জানলাম অর্থাৎ 15 শ্রেণীর মৌলসমূহের সম্বন্ধে যে ধারণা পাওয়া গেল তার একটা সারাংশ তৈরি করি।

- আমরা দেখেছি যে 15 শ্রেণীর মৌলসমূহের ধর্মের এক বিরাট প্রসার রয়েছে। নাইট্রোজেন ও ফস্ফরাস অধাতু, আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি ধাতুকল্প আর বিস্মাথ আদর্শ ধাতু।
- আমরা মৌলগুলির অবস্থিতি, ভূ-পৃষ্ঠ ও বায়ুমণ্ডলে প্রাচুর্যের পরিচয় পেয়েছি; দেখেছি নাইট্রোজেনের প্রধান শৈল্পিক প্রস্তুতি তরল বায়ুর আংশিক পাতন; P পাওয়া যায় ফস্ফোরাইট তড়িৎচুল্লীতে খনিজের সঙ্গে বায়ু ও কয়লার বিক্রিয়ায়; As, Sb ও Bi পাওয়া যায় উঁচু তাপমাত্রায় তাদের অক্সাইডের কার্বন বিজারণের দ্বারা। মৌলগুলির ব্যবহারও আমরা জেনেছি।
- আমরা মৌলগুলির ও তাদের তুলনীয় যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করেছি। মৌলসমূহের সাধারণ জারণসংখ্যা +3 ও +5. N-এর আরও অনেক এবং P-এর +4 জারণসংখ্যা আছে। আমরা এদের বন্ধনশক্তি ও পরমাণুতা; পরমাণুর আকার, আয়নন শক্তি ও অপরাধর্মিতা; ধাতব ও অধাতব ধর্ম ও বহুরূপতার আলোচনা করে রাসায়নিক ধর্ম ও যৌগসমূহের আলোচনা করেছি। N তার গঠনের বিচিত্রতার জন্য নিষ্ক্রিয়। তুলনীয় হাইড্রাইড  $\text{EH}_3$ ; হ্যালাইড  $\text{EX}_3$  ও  $\text{EX}_5$  (অবশ্য নিম্নতর হ্যালাইডও দেখা যায়)। তুলনীয় অক্সাইড  $\text{E}_2\text{O}_3$  ও  $\text{E}_2\text{O}_5$ , কিন্তু N-এর এছাড়াও অনেকগুলি অক্সাইড আছে; অক্সাইডগুলির আয়নিক ধর্ম নিচের দিকে কমতে থাকে। অক্সোঅ্যাসিডের মধ্যে নিম্নতর ও উচ্চতর অ্যাসিড ও তাদের লবণের অস্তিত্ব সব মৌলের ক্ষেত্রেই রয়েছে। তবে তুলনীয় সাদৃশ্য ও পর্যাবৃত্তি P—Bi-এর মধ্যে বেশি। N-এর সালফাইড নেই, অন্য মৌলের সালফাইডগুলির ধর্ম তুলনীয় এবং অক্সাইডের ধর্মের সমান্তরাল। এদের ধাতব যৌগের পরিচয়ও পেয়েছি।
- অন্যান্য শ্রেণীর মত এই শ্রেণীতেও প্রথম মৌল N-এর আচরণ ব্যতিক্রান্ত। এর প্রধান কারণ ক্ষুদ্র আকার ও  $d$ -কক্ষকের অনুপস্থিতি।
- এর পরে আমরা হাইড্রাইডগুলির বিস্তৃত আলোচনা করেছি। N-এর  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_2\text{OH}$  ও অন্যান্য হাইড্রাইড যৌগের প্রস্তুতি, ধর্ম, গঠন ও শ্রেণীবিভাগ জেনেছি। দেখেছি তরল  $\text{NH}_3$  একটি অনুদকীয় দ্রাবক, আবার  $\text{N}_2\text{H}_4$  ও  $\text{NH}_2\text{OH}$  যৌগদুটি  $\text{H}_2\text{O}_2$ -এর সমতুল। P-এর হাইড্রাইড  $\text{PH}_3$ ,  $\text{P}_2\text{H}_4$ ; এদের সম্বন্ধেও আমাদের ধারণা হয়েছে।



- অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডের বিস্তৃততর আলোচনায় আমরা N ও P-এর এজাতীয় যৌগের প্রস্তুতি, ধর্ম ও গঠন আলোচনা করেছি। দেখেছি এদের অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডের এক বিচিত্র সম্ভার আছে। N-এর যেমন অ্যাসিডগুলি একক অণুবিশিষ্ট, P-এর ক্ষেত্রে তেমনি উল্লেখযোগ্য আইসোপলিঅ্যাসিডগুলি।
- P, As, Sb-র +3 অক্সাইডগুলি দ্বি-যৌগিক; P-এর +5 অক্সাইডও দ্বি-যৌগিক। N-এর সবচেয়ে প্রধান অক্সোঅ্যাসিড  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ -ও উল্লেখযোগ্য। প্রথমটি তীব্র জারক, দ্বিতীয়টি প্রধাগতঃ বিজারক হলেও এর জারক ধর্মও আছে। As ও Sb-র অক্সোঅ্যাসিড সুপরিচিত নয়, তবে এদের লবণ সুপরিচিত। Bi-এর একটিমাত্র কাল্পনিক অক্সোঅ্যাসিডের লবণ বিস্মিউথেট জানা আছে।
- প্রকৃতিতে N ক্রমাগত বায়ুমণ্ডল থেকে আহৃত হচ্ছে এবং প্রত্যাবৃত্ত হচ্ছে। এই ঘটনাকে বলা হয় নাইট্রোজেন চক্র। বিভিন্ন যেসব পদ্ধতিতে বায়ুমণ্ডলের N-এর আবদ্ধীকরণ ঘটে তা-ও আমরা জেনেছি।
- ফস্ফরাসঘটিত সার, বিশেষ করে সুপার ফস্ফেট সার-এর কথা আপনারা জেনেছেন।
- ফস্ফরাস হ্যালোনাইট্রাইড বা ফস্ফাজিন নামীয় বিভিন্ন শ্রেণীর যৌগের প্রস্তুতি, ধর্ম ও গঠন আমরা জেনেছি। এদের গঠন ও প্রসারিত অবস্থায় জৈব রাবারের সঙ্গে সাদৃশ্য হেতু এদের বলা হয় অজৈব রাবার।

## 6.12 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

- (1) N ও P-এর ইলেক্ট্রন-বিন্যাস লিখুন। এদের প্রধান পার্থক্য যা এদের বিভিন্ন ধর্মের পার্থক্য ঘটায় তা উল্লেখ করুন।
- (2) নাইট্রোজেনের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা করুন।
- (3) তরল অ্যামোনিয়াম Na দ্রবীভূত হয়ে পরিবাহী দ্রবণ উৎপন্ন করে ব্যাখ্যা করুন।
- (4)  $\text{NaNO}_3$  ও  $\text{CaCO}_3$  সমাবয়ব কেন?
- (5)  $\text{NF}_3$  সুস্থির, কিন্তু  $\text{NCl}_3$  ও  $\text{NI}_3$  বিস্ফোরক—কেন ব্যাখ্যা করুন।
- (6)  $\text{PBr}_5$  ও  $\text{PI}_5$  এ P (V) জারক না হওয়া সত্ত্বেও এরা সুস্থির নয় কেন?
- (7)  $\text{NH}_3$ -র স্ফুটনাংক 240 K, কিন্তু  $\text{PH}_3$ -র 186 K. ব্যাখ্যা করুন।
- (8)  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{PH}_3 \rightarrow \text{AsH}_3$ -র ক্ষেত্রে বন্ধ কোণের মাপ-এর ক্রম ব্যাখ্যা করুন।
- (9)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ -এ দূরকম P—O বন্ধ আছে। ব্যাখ্যা করুন।
- (10)  $\text{P}_2\text{O}_3$  দ্বি-যৌগিক, কিন্তু  $\text{N}_2\text{O}_3$  একক অণু হিসাবে থাকে। ব্যাখ্যা করুন।
- (11)  $\text{P}_2\text{O}_5$  দ্বি-যৌগিক, কিন্তু  $\text{N}_2\text{O}_5$  একক অণু হিসাবে থাকে কেন?

## 6.13 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

(1)  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  অপেক্ষা অনেক বেশি অনুদ্রাঘী।  $\text{SiO}_2$  প্রকৃতপক্ষে খুব উঁচু গলনাংকবিশিষ্ট কঠিন পদার্থ।

অনুশীলনী—2

(1) ইঙ্গিত : N-এ  $d$ -কক্ষক না থাকায় 5টি ইলেক্ট্রন থাকার স্থান হবে না ; Bi-এর ক্ষেত্রে পেটাক্লোরাইড না হওয়ার কারণ 'নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব'।

(2) P-পরমাণুর  $d$ -কক্ষক  $3s$  ও  $3p$  থেকে আকাড়ে বড়, তাই সাধারণভাবে সংকরায়ন অসম্ভব। কিন্তু যখন P-পরমাণুর চারদিকে অপরাতিড়িংধর্মী Cl যুক্ত হয় তখন  $3d$ -কক্ষক সংকুচিত হয়ে  $3s$  ও  $3p$ -র সমান আকারের হয়। সেক্ষেত্রে সংকরায়ণ ও  $\text{PCl}_3$  গঠন সম্ভব হয়।

H-এর অপরাতিড়িংধর্মিতা কম, তাই সেক্ষেত্রে  $3d$ -কক্ষক সংকুচিত হয় না,  $\text{PH}_5$  গঠিত হয় না।

(3) 6.3.2 অংশ দেখুন।

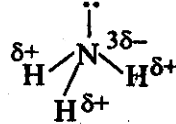
(4) 6.3.5 অংশ দেখুন।

(5) 6.3.5 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী—3

(1) 6.4.1 অংশ দেখে উত্তর বার করুন।

(2) ইঙ্গিত : N-এর অপরাতিড়িংধর্মিতা বেশি হওয়ায় N-এর উপর আধান-ঘনত্ব বাড়ে। ফলে নিঃসঙ্গ জোটের প্রদত্ত হবার প্রবণতা বাড়ে :



(3) ইঙ্গিত : H-বন্ধ গঠিত হবার প্রবণতা  $\text{NH}_3$ -তে সর্বাধিক।

অনুশীলনী—4

(1) ইঙ্গিত :  $d$ -কক্ষক নেই।

(2) 6.4.2 (ক) অংশ দেখুন।

(3)  $\text{NH}_3$ -র বেশি। 6.4.2 (ক) অংশ দেখুন।

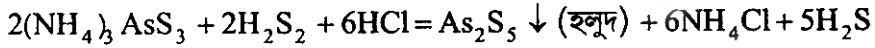
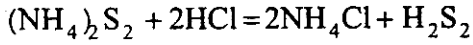
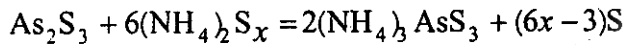
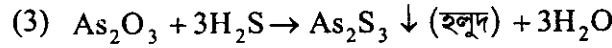
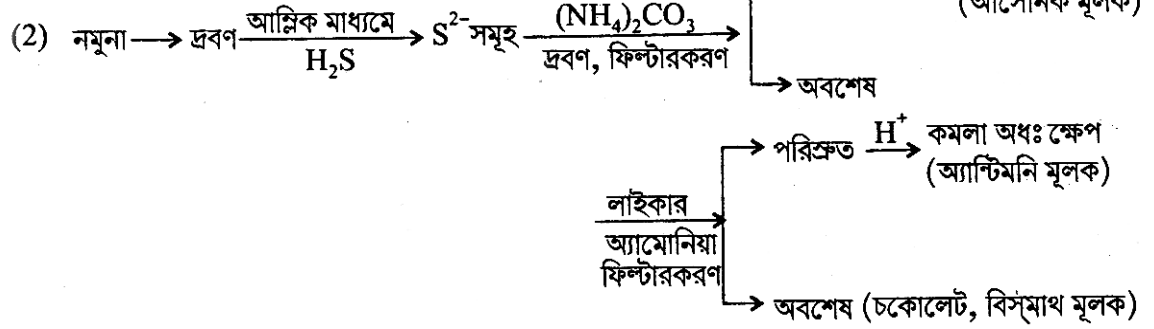
(4) F-এর অপরাতিড়িংধর্মিতা অনেক বেশি হওয়ায় N—F বন্ধের ইলেক্ট্রন-জোট F-এর দিকে আকর্ষিত হয়। ফলে N-এর উপরে ধনাত্মক আধান আসে। তাই N আবার তার নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনজোটকে তীব্রভাবে আকর্ষণ করে রাখে। এই ইলেক্ট্রনজোট প্রদত্ত হয়ে আর্দ্রবিপ্লেষণ বিক্রিয়া আরম্ভ করতে পারে না।

অনুশীলনী—5

- (1) ইঙ্গিত : N ও O-এর মধ্যে  $p\pi-p\pi$  বহুবন্ধ গঠনের সম্ভাবনা।
- (2) 6.4.3 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী—6

- (1) পাঠ্যাংশ দেখুন।



অনুশীলনী—7

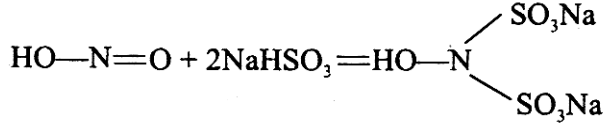
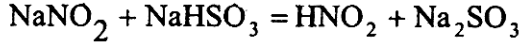
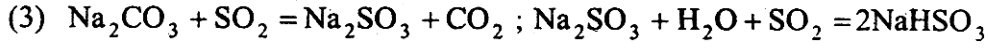
- (1) উৎপন্ন P, Al-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় AlP উৎপন্ন করবে। এটি লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $\text{PH}_3$  উৎপন্ন করবে। এটি তেজস্ক্রিয় ও পজিট্রন নিঃসরক।

অনুশীলনী—8

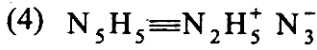
- (1) অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোড় আছে।
- (2) N ও H-এর রসায়ন অনেক ক্ষেত্রে সমান্তরাল। কাজেই  $\text{NH}_3 \equiv \text{H}_2\text{O}$ ,  $-\text{NH}_2 \equiv -\text{OH}$  এবং  $\text{>NH}$  ও  $\text{>N} \equiv \text{>O}$ . সেদিক থেকে দেখতে গেলে  $\text{HO}-\text{OH} \equiv \text{HO}-\text{NH}_2 \equiv \text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$

এদের প্রত্যেকেরই জারক, বিজারক ধর্ম আছে, গঠনও সদৃশ।

[উদাহরণ দিন 6.6.2 ও 6.6.4 এবং আপনাদের পঠিত  $\text{H}_2\text{O}_2$ -অংশ থেকে।]

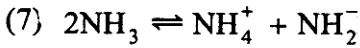


(সোডিয়াম হাইড্রক্সিলঅ্যামিন ডাইসালফোনেট)



(5) 6.6.3-এর গঠন-অংশ দেখুন।

(6) 6.6.2-এর প্রস্তুতি-অংশ দেখুন।



∴ যে সমস্ত পদার্থ (যেমন  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) তরল অ্যামোনিয়াম  $\text{NH}_4^+$  দেবে তারা আয়নিক এবং যারা  $\text{NH}_2^-$  (অ্যামাইড আয়ন) দেবে (যেমন  $\text{NaNH}_2$ ) তারা ক্ষারক।

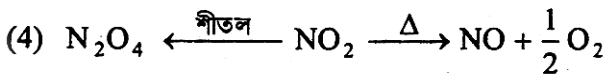
(8)  $\text{N}_2\text{H}_4$ -এ  $\text{N}-\text{N}$  একক বন্ধ আছে এবং প্রতিটি  $\text{N}$ -এর উপর আছে। নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোড়।  $\text{N}$ -এর ক্ষুদ্র আকারের জন্য এই অ-বন্ধক (non-bonding) ইলেক্ট্রনগুলির মধ্যে যথেষ্ট বিকর্ষণ থাকে, ফলে  $\text{N}-\text{N}$  একক বন্ধ দুর্বল হয়ে পড়ে। ফলে  $\text{N}_2\text{H}_4$  অসুস্থির হয়।

অনুশীলনী—9

(1)  $\text{NO}$ -তে একটি অযুগ্ম ইলেক্ট্রন আছে,  $\text{NO}^+$ -এ তা নেই।

(2)  $\text{N}_2\text{O} \xrightarrow{840 \text{ K}} \text{N}_2 + \text{O}_2$ ; এই অক্সিজেন দহনের সহায়ক।  $\text{NO}$ -এই তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয় না।

(3)  $2\text{N}_2\text{O} \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2$ ; মিশ্রণে  $\text{O}$ -এর পরিমাণ 33.3% (আয়তনে), বায়ুতে ~ 20%



(5)  $\text{N}_2\text{O}_5$  তৈরি হয়।

অনুশীলনী—10

- (1) 6.8.1 (খ) অংশ দেখুন।
- (2)  $2KI + 2HNO_2 + 2HCl \rightarrow 2KCl + 2NO + 2H_2O + I_2$   
 $2KMnO_4 + 5HNO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 5HNO_3 + K_2SO_4 + 3H_2O$
- (3) 6.8.2 (গ) অংশ দেখুন।
- (4) 6.8.2 (ঘ) অংশ থেকে উত্তর বার করুন।
- (5) 6.8.2 (গ) অংশ দেখুন।
- (6)  $H_3PO_4$ -এর  $pK_3$  12.67. কাজেই  $PO_4^{3-}$  তীব্র ক্ষারীয়। তীব্র ক্ষারের উপস্থিতিতে  $NH_4^+$  থাকতে পারে না।  $NH_3$ -য় পরিণত হয়।

অনুশীলনী—11

- (1) 6.9.1 অংশ দেখুন।
- (2) 6.9.2 অংশ দেখুন।
- (3) সারা পৃথিবীতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেনঘটিত সার এই পদ্ধতিতে উৎপাদিত হয়।
- (4) 6.9.1 অংশ দেখুন।
- (5) 6.9.1 অংশ দেখুন।
- (6) সুপার ফস্ফেটে যে পরিমাণ  $P_2O_5$  থাকে ট্রিপল সুপার ফস্ফেটে থাকে তার তিন গুণ। উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য P-কে  $P_2O_5$  হিসাবে দেখানো হয়।

অনুশীলনী—12

- (1) পাঠ্যাংশ দেখে উত্তর বার করুন।

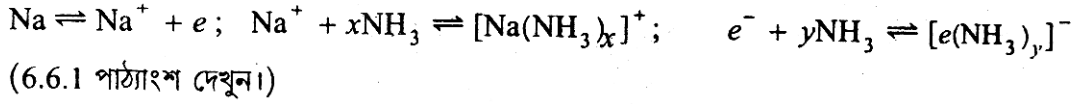
প্রান্তিক প্রশ্নাবলী :

- (1)  $N: 1s^2 2s^2 2p^3$ ;  $P: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^0$

প্রধান পার্থক্য N-এ d-কক্ষকের অপ্রাপ্তব্যতা। কিন্তু P-এ d-কক্ষক প্রাপ্তব্য বলে এর অষ্টকের প্রসারণ সম্ভব।

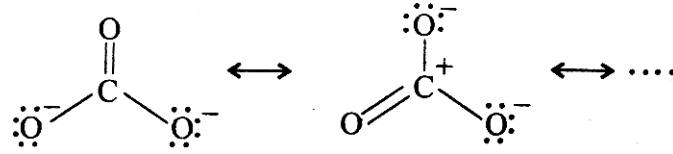
- (2)  $N \equiv N$ -এর বন্ধনশক্তি খুব বেশি। (পাঠ্যাংশ দেখুন)

(3) Na ধাতু। তাই এতে শিথিল ইলেক্ট্রন আছে। তরল  $\text{NH}_3$ -য় সোডিয়াম দ্রবণে এরা উদকাষিত হয়ে বেরিয়ে আসে।



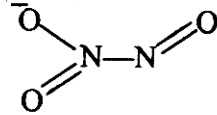
(4)  $\text{NO}_3^-$  গঠন 6.8.1 (ক) অংশ দেখুন।

$\text{CO}_3^{2-}$  এর গঠন :



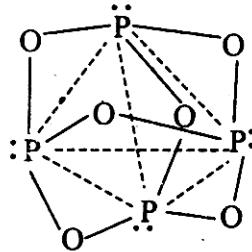
গঠনের অভিন্নতার জন্য এরা সমাবয়ব।

- (5) N—F বন্ধে স্থায়িত্ব N—Cl ও N—I বন্ধের স্থায়িত্বের থেকে অনেক বেশি।
- (6) Br ও I এর আকার বড়। ত্রিমাত্রিক বিকর্ষণের জন্য।
- (7) ইঙ্গিত :  $\text{NH}_3$ -র ক্ষেত্রে H-বন্ধের সম্ভাব্যতা হেতু  $\text{NH}_3$ -র কার্যকরী আণবিক ওজন বেশি।
- (8) 6.4.1 অংশ দেখুন।
- (9)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ -এর গঠনে দেখুন দূরকম P—O বন্ধ আছে। তাই দৈর্ঘ্যও দূরকম।
- (10) P-তে  $p\pi-p\pi$  উপর্যুপাতন সম্ভব নয়, কিন্তু N-এর ক্ষেত্রে সম্ভব। তাই  $\text{N}_2\text{O}_3$ -র গঠন



P-এ তাই O-এর মধ্য দিয়ে বন্ধন ঘটে, প্রতিটি O-পরমাণু 2টি P-পরমাণুর সঙ্গে বন্ধ এবং প্রতি P চতুস্তলকীয় এবং এর উপরে একটি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোট থাকে।

গঠন :



(11) প্র: 10-এর উত্তর দেখুন।

---

## 6.14 অতিরিক্ত সাহায্যকারী পুস্তকসমূহ

---

1. F. A. Cotton and G. Wilkinson—*Advanced Inorganic Chemistry*, (J. Willey), 6th Edn.
2. P. K. Dutta—*General and Inorganic Chemistry*, (Vol. I), 14th Edn. (Sarat Book House)
3. N. N. Greenwood and A. Earnshaw—*Chemistry of the Elements*, (2nd Edn.), (Butter Worth).
4. R. Sarkar—*General and Inorganic Chemistry*, (Parts II), [Books and Allied (P) Ltd.].
5. J. D. Lee—*Concise Inorganic Chemistry*, (4th Edn.), (ELBS).







