NETAJI SUBHAS OPEN UNIVERSITY

# STUDY MATERIAL

## SCH – 2

BLOCKS – 1 & 2

## SUBSIDIARY CHEMISTRY

# প্রাক্‌কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন যে পাঠক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হ'ল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমত কোনও বিষয়ে সাম্মানিক (Honours) স্তরে শিক্ষাগ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এ ক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে পাঠ-উপকরণ রচিত হয়েছে সেইসঙ্গে যুক্ত হয়েছে অধ্যেতব্য বিষয়ে নতুন তথ্য, মনন ও বিশ্লেষণের সমাবেশ।

দূরসঞ্চারী শিক্ষাদানের স্বীকৃত পদ্ধতি অনুসরণ করেই এইসব 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 পর্যায়ের শেষে প্রদত্ত অনুশীলনী ও অতিরিক্ত জ্ঞান অর্জনের জন্য গ্রন্থ-নির্দেশ শিক্ষার্থীর গ্রহণক্ষমতা 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

দ্বিতীয় পুনর্মুদ্রণ : জুন, 2013

ভারত সরকারের দূরশি(1 পর্যদের বিধি অনুযায়ী এবং অর্থানুকুল্যে মুদ্রিত।
Printed in accordance with the regulations and financial assistance of the Distance Education Council, Government of India.

# পরিচিতি

বিষয় : সহায়ক রসায়ন

স্নাতক পাঠক্রম

পর্যায় ঃ পর্যায়

**SCH : 02 : 01 & 02**

| | রচনা | সম্পাদনা |
|---|---|---|
| একক 1A | ড. গৌতম সিদ্ধান্ত | ড. মুরারীপ্রিয় রায় |
| একক 1B | ড. গৌতম সিদ্ধান্ত | ড. মুরারীপ্রিয় রায় |
| একক 2A | ড. অনুতোষ চক্রবর্তী | ড. হিমাংশুরঞ্জন দাস |
| একক 2B | ড. অনুতোষ চক্রবর্তী | ড. হিমাংশুরঞ্জন দাস |
| একক 3A, 3B | ড. বিভূতিভূষণ মাজি | ড. মুকুল চন্দ্র দাস |
| একক 3C, 3D | ড. গৌতম সিদ্ধান্ত | ড. হিমাংশুরঞ্জন দাস |
| একক 4 | ড. বিভূতিভূষণ মাজি | ড. মুকুল চন্দ্র দাস |
| একক 5 | ড. বিভূতিভূষণ মাজি | ড. মুকুল চন্দ্র দাস |
| একক 6 | ড. বিভূতিভূষণ মাজি | ড. মুকুল চন্দ্র দাস |
| একক 7 | ড. মুকুল চন্দ্র দাস | ড. বিভূতিভূষণ মাজি |
| একক 8 | ড. মুকুল চন্দ্র দাস | ড. বিভূতিভূষণ মাজি |
| একক 9 | ড. মুকুল চন্দ্র দাস | ড. বিভূতিভূষণ মাজি |
| একক 10 | ড. মুকুল চন্দ্র দাস | ড. বিভূতিভূষণ মাজি |

প্রজ্ঞাপন

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

অধ্যাপক (ড.) দেবেশ রায়
নিবন্ধক

# নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

## SCH : 02

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

**1**


| | | | |
|---|---|---|---|
| একক | **1A** ❑ | s ব্লক মৌল সমূহ হাইড্রোজেন, ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু | 7-48 |
| একক | **1B** ❑ | d ব্লক মৌলসমূহ | 49-77 |
| একক | **2A** ❑ | 13 শ্রেণির মৌলসমূহ | 78-94 |
| | | 14 শ্রেণির মৌলসমূহ | 95-108 |
| | | 15 শ্রেণির মৌলসমূহ | 109-130 |
| একক | **2B** ❑ | 16 শ্রেণির মৌলসমূহ | 131-153 |
| | | 17 শ্রেণির মৌলসমূহ | 154-162 |
| | | 18 শ্রেণির মৌলসমূহ | 163-167 |
| একক | **3A, 3B** | জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা, জৈব যৌগের নামকরণ ও সমাবয়বতা | 168-234 |
| একক | **3C, 3D** | অজৈব যৌগ, অজৈব যৌগের সমাবয়বতা | 235-253 |
| একক | **4** ❑ | অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন | 254-327 |

## পর্যায়
## 2


| | | |
|---|---|---|
| একক 5 | ❑ অ্যালকিল এবং অ্যারাইল হ্যালাইড | 328-359 |
| একক 6 | ❑ জৈব ধাতব যৌগ, অ্যালকোহল এবং ইথার | 360-399 |
| একক 7 | ❑ কার্বোনিল যৌগ, কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড ও তাদের জাতকসমূহ, প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড এবং ফেনল | 400-452 |
| একক 8 | ❑ অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক নাইট্রো, অ্যামিনো ও ডায়াজো যৌগসমূহ | 453-481 |
| একক 9 | ❑ শর্করা | 482-521 |
| একক 10 | ❑ প্রাণ রসায়ন, অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড | 522-548 |

# একক 1A. s-ব্লক মৌল : হাইড্রোজেন, ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু

## হাইড্রোজেন

গঠন

1.A.1. প্রস্তাবনা

1.A.2. উদ্দেশ্য

1.A.3. সমস্থানিক

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি

শিল্প প্রস্তুতি

ব্যবহার

জায়মান (Nascent) হাইড্রোজেন

অন্তর্ধৃতি

বহুরূপতা

1.A.4. হাইড্রাইড

1.A.5. হাইড্রোজেন বন্ধনী

1.A.6. সারাংশ

1.A.7. প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

1.A.8. উত্তরমালা

## 1.A.1. প্রস্তাবনা :

হাইড্রোজেন সবচেয়ে হালকা মৌল এবং এর একটি মাত্র ইলেকট্রন আছে। মৌল হিসাবে হাইড্রোজেন অতি বিশিষ্ট। তাই, হাইড্রোজেনকে পৃথকভাবে আলোচনা করা দরকার।

## 1.A.2. প্রস্তাবনা :

* এ এককটি পাঠ করে আপনি জানবেন হাইড্রোজেনের

- সমস্থানিক
- পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি

- শিল্প প্রস্তুতি
- বিজারক হিসাবে ব্যবহার
- শিল্পে ব্যবহার
- জায়মান হাইড্রোজেন
- অন্তধৃতি
- বহুরূপতা
- হাইড্রাইড, ইত্যাদি সম্পর্কে

## 1.A.3. সমস্থানিক :

হাইড্রোজেনের তিনটি সমস্থানিক—

[i] সাধারণ হাইড্রোজেন

[ii] ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়টেরিয়াম $^{2}_{1}H$ বা D

[iii] ট্রিটিয়াম (Tritium) $^{3}_{1}H$ বা T

ডয়টেরিয়াম :

যে সমস্ত তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বছরের পর বছর ব্যবহার হচ্ছে তাদের অবশিষ্ট তরলের মধ্যে ডয়টেরিয়ামের পরিমাণ অনেক বৃদ্ধি পায় [Urey ও Washburn 1932]

<u>ডয়টেরিয়াম ও হাইড্রোজেনের ভৌতধর্মের তুলনা</u>

| ধর্ম | | $H_2$ | $D_2$ |
|---|---|---|---|
| গলনাঙ্ক | K | 13.95 | 18.7 |
| স্ফুটনাঙ্ক | K | 20.39 | 23.7 |
| গলন তাপ | $J\ mol^{-1}$ | 117 | 217 |
| উদ্বায়ী তাপ | $J\ mol^{-1}$ | 1027 | 1424 |
| বিভাজন শক্তি | $KJ\ mol^{-1}$ | 436 | 438 |

ডয়টেরিয়াম ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ধর্ম একই রকম তবে ডয়টেরিয়ামের বিক্রিয়া মন্থরতর। ডয়টেরিয়াম কয়েকটি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেয় যেমন—

$$H_2 + D_2 \rightleftharpoons 2\ HD$$
$$D_2 + H_2O \rightleftharpoons D_2O + H_2$$
$$2\ NH_3 + 3\ D_2 \rightleftharpoons 2\ ND_3 + 3H_2$$

## ভারী জল : **Heavy Water : $D_2O$ :**

দীর্ঘদিন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত কোষে যে জল অবশেষ রূপে পাওয়া যায় সেই জলে NaOH মেশানো হয় (0.5 N)। এই ক্ষারীয় জলকে নিকেল তড়িৎদ্বারের সাহায্যে সাতটি বিভিন্ন পর্যায়ে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়।

প্রথম পর্যায়ে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে জলের আয়তন যখন প্রাথমিক আয়তনের অংশ হয় তখন তড়িৎ বিশ্লেষণ বন্ধ করে, ক্ষারীয় তলকে $CO_2$ দ্বারা প্রশমিত করা হয়। প্রশমিত তরলকে পাতন করে যে জল পাওয়া যায় তা পরবর্তী পর্যায়ে ব্যবহার হয়।

তৃতীয় পর্যায়ে মুক্ত হাইড্রোজেনের সঙ্গে উপস্থিত ডয়টেরিয়ামের মাত্রা বেশ বেড়ে যায়। এই গ্যাস মিশ্রণকে অক্সিজেন মিশিয়ে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জলে পরিণত করা হয় এবং পূর্ববর্তী পর্যায়ে ব্যবহৃত জলের সঙ্গে মেশানো হয়।

সপ্তম পর্যায়ের পর, প্রশমন ও পাতন করে পাওয়া তরলে শতকরা 99 ভাগ $D_2O$ থাকে।

**$H_2O$ ও $D_2O$ র ভৌত ধর্মের তুলনা**

| ধর্ম | $H_2O$ | $D_2O$ |
|---|---|---|
| গলনাঙ্ক K | 273.15 | 276.6 |
| স্ফুটনাঙ্ক K | 373.2 | 374.5 |
| সর্বাধিক ঘনত্বের তাপমাত্রা K | 277.2 | 284.4 |
| আপেক্ষিক ঘনত্ব (293 K) | 0.9982 | 1.1059 |
| আপেক্ষিক তাপ | 1.0000 | 1.018 |
| সান্দ্রতা (293 K) মি. পয়েজ | 10.8 | 14.2 |

■ ধর্ম : সাধারণ জল যে সমস্ত বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, ভারী জলও সেই সমস্ত বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। যেমন—

(a) আম্লিক অক্সাইডের সঙ্গে ডয়টেরিয় অ্যাসিড গঠন।

$$SO_3 + D_2O = D_2SO_4$$
$$2NO_2 + D_2O = DNO_2 + DNO_3$$

(b) ধাতব-অক্সাইডের সঙ্গে ডয়টেরিয় ক্ষার গঠন।

$$Na_2O + D_2O = 2\,NaOD$$

(c) ম্যাগনেসিয়াম ও অধাতুর দ্বিযৌগের ডয়টেরিয়াম বিশ্লেষণ।

$$Mg_3N_2 + 6\,D_2O = 3\,Mg(OD)_2 + 2\,ND_3$$
$$Mg_2C + 4\,D_2O = 2\,Mg(OD)_2 + CD_4$$

(d) অনার্দ্র লবণের সঙ্গে যুক্ত যৌগ গঠন করে কেলাস গঠন।

$$CuSO_4 + 5\,D_2O = CuSO_4, 5\,D_2O$$

(e) ধাতব কার্বাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া

$$Al_4C_3 + 12\,D_2O = 4\,Al\,(OD)_3 + 3\,CD_4$$
$$CaC_2 + 2\,D_2O = Ca(OD)_2 + C_2D_2$$

(f) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :

$$D_2O + HCl \rightarrow DCl + HDO$$

■ ব্যবহার : ডয়টেরিয়াম উৎপন্ন করতে ব্যবহার হয়। পরমাণু চুল্লিতে নিউট্রন কণার গতিবেগ মন্দীভূত করার জন্য 'মডারেটার' (moderator) হিসাবে ব্যবহার হয়।

■ জীবদেহের প্রভাব : সামান্য পরিমাণে শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয় হলেও, বিশুদ্ধ $D_2O$ বিষাক্ত। $D_2O$ র উপস্থিতিতে অঙ্কুরোদ্‌গম বাধা প্রাপ্ত হয়। কিছু সামুদ্রিক প্রাণী $D_2O$ তে জীবনধারণ করতে পারে না।

■ ট্রিটিয়াম : কৃত্রিম উপায়ে তৈরি হয়। যেমন —

[i] $^{2}_{1}H + ^{1}_{0}n \rightarrow \quad + \upsilon$

[ii] $D_3PO_4$ বা $(ND_4)_2\,SO_4$ কে ডয়টেরিয়াম দ্বারা আঘাত করে।

$^{3}_{1}He$ + [illegible] + $^{1}_{1}H$

[iii] ধাতব Li বা তার যৌগকে ধীরগতি নিউট্রন দ্বারা আঘাত করে।

■ ধর্ম : অস্থায়ী। β রশ্মি বিকিরণ করে উৎপন্ন করে।

($t_{0.5}$ = 12.26 বছর)।

অনুশীলনী — 1

[1] হাইড্রোজেনের সমস্থানিক গুলির নাম লিখুন। এদের গঠনে পার্থক্য কী?

[2] হাইড্রোজেন ও ডয়টেরিয়ামের ধর্মের তুলনা করুন।

## পরীক্ষাগার প্রস্তুতি

সাধারণত সক্রিয় ধাতুর সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। যেমন —

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি ঃ

[i] ক্ষার ধাতু বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর সঙ্গে জলের ক্রিয়া ঃ

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

[ii] ফুটন্ত জলের সঙ্গে কম সক্রিয় ধাতুর ক্রিয়া ঃ

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2O$$

[iii] ক্ষারের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া ঃ

$$Zn + 2NaOH = Na_2\ ZnO_2 + H_2$$

[iv] আয়নীয় হাইড্রাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2$$

[v] হাইড্রোকার্বনের ক্র্যাকিং (Cracking)

$$C_2H_6 \longrightarrow C_2H_2 + 2H_2$$

$$C_6H_{12} \xrightarrow{Pt + Al_2O_3} C_6H_6 + 3H_2$$

## শিল্প প্রস্তুতি

দুটি পদ্ধতি উল্লেখযোগ্য

**[i]** লেন পদ্ধতি ঃ লোহিত তপ্ত আয়রন চূর্ণের উপর দিয়ে স্টিম চালনা করে উৎপন্ন করা হয়।

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2 + \text{তাপ}$$

অপটিমাম উষ্ণতা ঃ 1073 K। সাধারণ চাপে করা হয়।

**[ii] ওয়াটার গ্যাস থেকে ঃ বশ পদ্ধতি ঃ**

**ওয়াটার গ্যাস উৎপাদন ঃ** শ্বেততপ্ত কোকের (1673 K) উপর দিয়ে স্টিম চালনা করলে CO এবং $H_2$ এর সম আয়তন মিশ্রণ পাওয়া যায়। একে বলা হয় ওয়াটার গ্যাস। বিক্রিয়াটি তাপশোষক। তাই, উচ্চ উষ্ণতায় ঘটানো হয়।

$$C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2 - 88.9\ K.Cal$$

■ **CO কে $CO_2$ তে পরিবর্তন ঃ**

উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাসের আয়তনের তিনগুণ আয়তন স্টিম মিশিয়ে 673 K উষ্ণতায় উত্তপ্ত $Fe_2O_3$ অনুঘটক এবং $Cr_2O_3$ উদ্দীপকের উপর দিয়ে চালনা করলে CO পরিণত হয় $CO_2$ তে।

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 + 98\ K.Cal$$

বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক কিন্তু নিম্ন উষ্ণতায় গতি মন্থর। অপটিমাম উষ্ণতা 773 K। বিক্রিয়া একবার শুরু হলে বাইরে থেকে তাপ দিতে হয় না।

■ **$CO_2$ অপসারণ ঃ**

$CO_2$ এবং $H_2$র মিশ্রণকে 20 – 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে প্রথমে জল ও পরে NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে $CO_2$ অপসারিত করা হয়।

সামান্য CO বর্তমান থাকলে অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে অপসারিত করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস হোলডারে সংগ্রহ করা হয়।

## ব্যবহার

শিল্পে হাইড্রোজেন নানা ভাবে ব্যবহার হয়। যেমন—

- অ্যামোনিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও মিথানল প্রস্তুতিতে।
- পেট্রোলিয়াম-জাত পদার্থ ও কয়লা থেকে কৃত্রিম পেট্রোল উৎপাদনে।
- বনস্পতি প্রস্তুতিতে।
- ওয়েলডিং (Welding) এর কাজে ব্যবহৃত অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা ($2800^\circ$ C) উৎপাদনে।
- মলিবডেনাম, টাংস্টেন ইত্যাদি ধাতু উৎপাদনে।

$$WO_3 + 3\,H_2 = W + 3\,H_2O$$

## জায়মান (Nascent) হাইড্রোজেন

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হবার মুহূর্তে হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলে। অর্থাৎ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে অণু গঠনের আগের অবস্থা। জায়মান হাইড্রোজেন অধিকতর সক্রিয়।

ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ এর মধ্য দিয়ে হাইড্রোজেন চালনা করলে হলুদ বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু ওই দ্রবণে জিঙ্ক দানা যোগ করলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + 2\ H$$
$$Fe^{3+} + H = Fe^{2+} + H^+$$

অধিক সক্রিয়তার জন্য বিভিন্ন কারণ উল্লেখ করা হয়।

**(1)** পারমাণবিক তত্ত্ব ঃ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে অণু গঠন করার আগেই বিজারণ ঘটায় সক্রিয়তা বেশি।

কিন্তু দেখা যায় বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা বিভিন্ন। সেজন্য মনে হয় সক্রিয়তার অন্য কারণও সম্ভব।

**(2)** শক্তি সংযোজন তত্ত্ব ঃ হাইড্রোজেন উৎপাদনের সময় বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন পরিমাণ শক্তির উদ্ভব হয়। উদ্ভূত শক্তির তারতম্যের জন্যই বিজারণ ক্ষমতা বিভিন্ন হয়।

**(3)** আভ্যন্তরীণ চাপ তত্ত্ব ঃ বিজ্ঞানী ইপাটেভ লক্ষ্য করেন যে হাইড্রোজেনের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে তার বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। এর ভিত্তিতে বলা যায় যে উৎপন্ন হবার সময় ছোটো ছোটো বুদ্‌বুদ গুলির অন্তর্নিহিত চাপ অনেক বেশি থাকে। ফলে, সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।

উপরের তত্ত্বগুলির কোনটিই স্বয়ংসম্পূর্ণ নয়। সক্রিয়তার একাধিক কারণ থাকাই স্বাভাবিক।

## অন্তর্ধৃতি (Occlusion)

লোহিত তপ্ত প্যালাডিয়াম (Pd) বা প্লাটিনাম (Pt) ধাতুর উপর দিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করলে গ্যাসটি সহজেই ব্যাপিত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে Pd কে 373 K তাপমাত্রায় রেখে তারপর ঠাণ্ডা করলে দেখা যায় ধাতুর আয়তনের প্রায় 500 গুণ আয়তনের হাইড্রোজেন শোষিত হয়। প্যালাডিয়াম দ্বারা হাইড্রোজেনের শোষণকে বলে অন্তর্ধৃতি। স্বল্প চাপে 298–303 K তে উত্তপ্ত করলে অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

সূক্ষ্ম চূর্ণের ধাতুর অন্তর্ধৃতির ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

■ **অন্তর্ধৃতির কারণ ঃ** অন্তর্ধৃতির কারণ সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ আছে।

(1) Pd হাইড্রোজেনের দ্বি-যৌগ ($Pd_2H$, $Pd_4H$ ইত্যাদি) গঠন।

(2) প্যালাডিয়াম ও হাইড্রোজেনের কঠিন দ্রবণ গঠন।

(3) ইনটারস্টিশিয়াল (Interstitial) যৌগ গঠন।

প্যালাডিয়ান ধাতুর কেলাস জারকের শূন্য স্থানগুলিতে হাইড্রোজেন পরমাণু স্থান গ্রহণ করে। হাইড্রোজেনকে জায়গা করে দেবার জন্য কেলাস জালকের আয়তন বৃদ্ধি পায়। এর ফলে ধাতুর ঘনত্ব হ্রাস পায়।

## বহুরূপতা ঃ অর্থো : (Ortho) ও প্যারা (Para) হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেন অণু দুটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। ইলেকট্রনের মতো কেন্দ্রকের ঘূর্ণন হয়। কেন্দ্রক নিজের অক্ষের উপর লাট্টুর মতো ঘোরে। এই ঘূর্ণন হতে পারে ঘড়ির কাঁটার দিকে অথবা তার বিপরীত দিকে। বিজ্ঞানী হাইসেনবার্গ এবং হুন্ড দু-রকমের হাইড্রোজেনের ভবিষ্যদ্‌বাণী করেন।

যে অণুতে নিউক্লিয়াস দুটির ঘূর্ণন সমমুখী সেটি অর্থো আর যেটিতে ঘূর্ণন বিপরীতমুখী সেটি প্যারা।

(বৃত্তগুলি পরমাণুর কেন্দ্রক)

1929 সালে বনহোফার ও হ্যারটিক প্রায় বিশুদ্ধ প্যারা হাইড্রোজেন তৈরি করেন।

### ধর্মের তুলনা

| ধর্ম | অর্থো $H_2$ | প্যারা $H_2$ |
|---|---|---|
| গলনাঙ্ক K | 13.95 | 13.85 |
| স্ফুটনাঙ্ক K | 20.39 | 20.20 |
| বাষ্পচাপ (913.95 K) | 7.15 | 7.60 |

■ **প্যারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ** কোয়ার্টজ পাত্রে সক্রিয় অঙ্গারের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস অধিশোষিত করে তাপমাত্রা ধীরে হ্রাস করা হয় (20 K)। কিছুক্ষণ পর পাত্রের গ্যাসকে পাম্পের সাহায্যে নিষ্কাশিত করলে 99.8% বিশুদ্ধ প্যারা হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ অর্থো হাইড্রোজেন পাওয়া প্রায় অসম্ভব।

অনুশীলনী—২

[1] ওয়াটার গ্যাস কী?

[2] জায়মান হাইড্রোজেন কী? এটি যে সাধারণ হাইড্রোজেনের চেয়ে বেশি শক্তিশালী তা একটি পরীক্ষার সাহায্যে বোঝান।

[3] অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন বলতে কি বোঝায়?

[4] ভারী জলের দুটি ব্যবহার লিখুন।

## 1.A.4. হাইড্রাইড

হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক পরাধর্মী মৌলের সঙ্গে হাইড্রোজেনের দ্বিমৌল যৌগকে হাইড্রাইড বলে। হাইড্রাইড প্রধানত তিন প্রকার —

[i] আয়নীয় বা লাবণিক (Saline)

[ii] সমযোজী

[iii] ইনটারস্টিশিয়াল বা ধাতব

■ **আয়নীয় হাইড্রাইড ঃ** তীব্র পরাতড়িৎধর্মী মৌলগুলি উচ্চ উষ্ণতায় ক্ষার ধাতু এবং অপেক্ষাকৃত ভারী ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু (Ca, Sr, Ba) আয়নীয় হাইড্রাইড গঠন করে। এগুলি কঠিন এবং উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট। এরা যে $H^-$ আয়ন দেয় তার প্রমাণ—

(ক) গলিত LiH (গলনাঙ্ক 691°C) তড়িৎ পরিবাহী। তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যানোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

(খ) অন্য হাইড্রাইডগুলি গলার আগেই বিয়োজিত হয় কিন্তু গলিত ক্ষারধাতুর হ্যালাইডে দ্রবীভূত হয়। ($CaH_2$, LiCl ও KCl এর ইউটেকটিক মিশ্রণে দ্রবীভূত হয়)। এই গলিত পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

■ ধর্ম :

[1] ধাতুর ঘনত্বের চেয়ে হাইড্রাইডের ঘনত্ব বেশি।

[2] LiH ছাড়া অন্য আয়নীয় হাইড্রাইডগুলি 400 – 500°C এ উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে সংশ্লিষ্ট মৌল দুটি দেয়

[3] জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$LiH + H_2O = LiOH + H_2$$
$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

[4] তীব্র বিজারক

$$2\ CO + NaH = HCOONa + C$$
$$SiCl_4 + 4\ NaH = SiH_4 + 4\ NaCl$$
$$PbSO_4 + 2\ CaH_2 = PbS + 2\ Ca\ (OH)_2$$

জৈব সংশ্লেষণে বহুল ব্যবহৃত $LiAlH_4$ এবং $NaBH_4$ তৈরি করার জন্য এই হাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়।

$$AlCl_3 + 4\ LiH = Li\ [AlH_4] + 3\ LiCl$$
$$B\ (OCH_3)_3 + 4\ NaH = [\ BH_4\ ] + 3\ NaOCH_3$$

■ **সমযোজী হাইড্রাইড** ঃ p-ব্লক মৌলগুলির হাইড্রাইড এই শ্রেণির। হাইড্রোজেন এবং এই মৌলগুলির অপরা তড়িৎধর্মিতার পার্থক্য বেশ কম। সমযোজী হাইড্রাইড গঠনকারী মৌলের তালিকা নীচে দেওয়া হল—

| শ্রেণি | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | C | N | O | F |
| | Al | Si | P | S | Cl |
| | Ga | Ge | As | Se | Br |
| | In | Sn | Sb | Te | I |
| | | Pb | Bi | Po | |

■ প্রস্তুতি ঃ

**(1)** সরাসরি সংযোগ ঃ উদাহরণ

$$N_2 + 3H_2 = 2\ NH_3$$ (হেবার পদ্ধতি)

$$2H_2 + O_2 = 2\ H_2O$$ (বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ)

**(2)** ইথার দ্রবণে **Li $[AlH_4]$** দ্বারা বিজারণ ঃ

$$4\ BCl_3 + 3\ Li\ [AlH_4] = 2\ B_2H_6 + 3\ LiCl + 3AlCl_3$$
$$SiCl_4 + Li\ [AlH_4] = SiH_4 + LiCl + AlCl_4$$

**(3)** উপযুক্ত দ্বিমৌল যৌগের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়

$$2\ Mg_3B_2 + 4\ H_3PO_4 = B_4H_{10} + 2\ Mg_3\ (PO_4)_2 + H_2$$
$$Al_4C_3 + 12\ HCl = 3\ CH_4 + AlCl_3$$

(4) অক্সোঅ্যাসিডের সঙ্গে জলীয় দ্রবণে **$NaBH_4$** এর বিক্রিয়া

$$4\ H_3AsO_3 + 3\ Na\,[\,BH_4\,] \rightarrow 4\ AsH_3 + 3\ H_3BO_3 + 3\ NaOH$$

■ ধর্ম : সমযোজী হাইড্রাইডগুলি সাধারণত উদ্‌বায়ী। এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম। কোনো শ্রেণিতে যত নীচের দিকে যাওয়া যায় হাইড্রাইডের বিজারণ ক্ষমতা বাড়ে। অর্থাৎ বিজারণ ক্ষমতা $NH_3 < PH_3 < AsH_3$ ইত্যাদি।

তৃতীয় শ্রেণির মৌলের হাইড্রাইড গুলি **ইলেকট্রন ঘাটতি সম্পন্ন (Electron deficient)**-এরা দ্বি বা বহু আণবিক। বোরণের সরলতম হাইড্রাইড $B_2H_6$। জটিলতর হাইড্রাইডগুলি হল $B_4H_{10}$, $B_5H_9$, $B_5H_{11}$ ইত্যাদি, দুটি B পরমাণু হাইড্রোজেন সেতু বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ও বহু আণবিক $(AlH_3)_n$। কার্বন বহু ধরনের হাইড্রাইড গঠন করে। এদের মধ্যে ক্যাটেনেশন এবং দ্বি ও ত্রি-বন্ধনী এবং বলয় দেখা যায়।

Si ও Ge হাইড্রাইডে ক্যাটেনেশন দেখা যায় তবে এরা কেবলমাত্র সংপৃক্ত হাইড্রাইডই গঠন করে।

■ ধাতব বা ইনটারস্টিশিয়াল হাইড্রাইড ঃ

d ও f ব্লক মৌলগুলি সাধারণত এ জাতীয় হাইড্রাইড গঠন করে। হাইড্রাইড গঠনকারী ধাতুগুলি হল—

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sc | Ti | V | Cr | — | — | Ni | Cu | Zn |
| Y | Zr | Nb | — | — | — | Pd | — | Cd |
| La | Hf | Ta | — | — | — | — | — | Hg |
| Ac | | | | | | | | |

লক্ষ করুন—d-ব্লকের মাঝামাঝি বেশ কিছু মৌল হাইড্রাইড গঠন করে না। এটি হাইড্রোজেন গ্যাপ (gap) নামে পরিচিত।

■ প্রস্তুতি ঃ

(1) উচ্চ চাপে ও উষ্ণতায় (420-670 K) ধাতু ও হাইড্রোজেনের সরাসরি বিক্রিয়ায় উচ্চতর উষ্ণতায় হাইড্রাইড বিয়োজিত হয়।

(2) লেড ক্যাথোড দ্বারা অক্সাইডের তড়িৎ বিজারণ।

■ ধর্ম : হাইড্রাইডের ধর্ম ধাতুর ধর্মের কাছাকাছি; এরা শক্ত ধাতব দ্যুতি সম্পন্ন, বিদ্যুত পরিবাহী এবং চৌম্বক ধর্ম যুক্ত। হাইড্রাইডগুলি সংশ্লিষ্ট ধাতুর চেয়ে হালকা। ধাতুর কেলাস জালকের ইনটারস্টিস গুলিতে হাইড্রোজেনকে স্থান দেবার জন্য জালকটিকে প্রসারিত হতে হয়। এই বিকৃতির ফলে অনেক ক্ষেত্রে হাইড্রাইড ভঙ্গুর হয়ে যায়।

হাইড্রাইডগুলি অনেক ক্ষেত্রে পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত মেনে চলে না (Nonstoichiometric) যেমন $LaH_{2.87}$ ; $YbH_{2.55}$ ; $TiH_{1.8}$ ; $ZrH_{1.9}$ ইত্যাদি।

অনুশীলনী—3

[1] নিম্নলিখিত হাইড্রাইডগুলির মধ্যে কোনটি কোন শ্রেণির লিখুন :

(ক) LiH  (খ) $B_2H_6$  (গ) $SiH_4$  (ঘ) $CrH_{1.5}$

[2] আয়নীয় হাইড্রাইড ও ইনটারস্টিশিয়াল হাইড্রাইডের মধ্যে কোনটি জনক ধাতুর চেয়ে হালক—কোনটি ধাতুর চেয়ে ভারী? কারণ ব্যাখ্যা করুন।

[3] 'ইলেকট্রন ঘাটতি সম্পন্ন যৌগ' বলতে কী বোঝায় উদাহরণ দিয়ে বোঝান।

[4] $B_2H_6$ এবং $C_2H_6$ দুটিই সমযোজী যৌগ। গঠনের দিক থেকে এদের পার্থক্য কী?

## 1A.5. হাইড্রোজেন বন্ধনী

উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি, তীব্র অপারধর্মিতা এবং ক্ষুদ্র আয়তন বিশিষ্ট কোনো পরমাণুর (যেমন F, O, N) সঙ্গে হাইড্রোজেন সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকলে—বন্ধনীর ইলেকট্রন অধিকতর অপরাধর্মী পরমাণুর দিকে সরে যায়—ফলে ওই পরমাণু একটু ঋণাত্মক ও হাইড্রোজেন একটু ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়

$$\overset{\delta+}{H} \text{———} \overset{\delta-}{F}$$

এই রকম একটি অণু একই রকম বা অন্য কোনো ধ্রুবীয় অণুকে তড়িতাকর্ষণে আবদ্ধ করতে পারে।

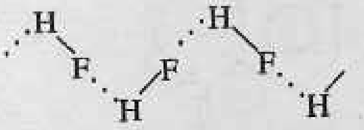
... H — F ... H — F ... H — F ...

এইভাবে যে দুর্বল বন্ধনী সৃষ্ট হয় (ভগ্ন রেখা চিহ্নিত) তাকে বলা হয় হাইড্রোজেন বন্ধনী।

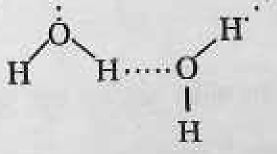
■ **প্রকৃতি** : হাউড্রোজেন বন্ধনীর শক্তি 4 থেকে 45 KJ $mol^{-1}$ C–C সমযোজী বন্ধনী শক্তি 347 KJ $mol^{-1}$। সুতরাং H-বন্ধনী অত্যন্ত দুর্বল।

উদাহরণ ঃ

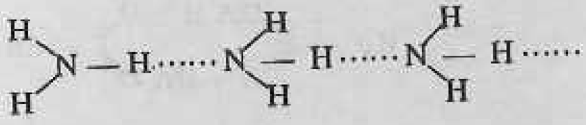
[1] HF :



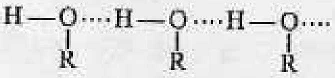
[2] $H_2O$ :



[3] $NH_3$ :



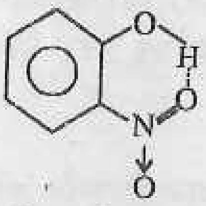
এইভাবে সংযোজিত অণুগঠনের ফলে এই হাইড্রাইড গুলির ভৌত ধর্মে অস্বাভাবিকতা দেখা যায়। $H_2S$ গ্যাস কিন্তু $H_2O$ তরল।

[4] 

সংযোজনের জন্য মারকাপটানের তুলনায় অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি। ইথানল ও ডাই মিথাইল ইথারের আণবিক ওজন একই কিন্তু ইথার অনেক বেশি উদ্‌বায়ী।

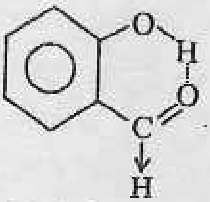
উপরে যে উদাহরণগুলি দেওয়া হল সেগুলি সবই আন্তঃআণবিক **(Inter molecular)** অর্থাৎ ভিন্ন ভিন্ন অণুর মধ্যে। একই অণুতে অর্থাৎ অন্তঃ আণবিক **(Intramolecular)** হাইড্রোজেন বন্ধনীও হয়। কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

1. অর্থো নাইট্রোফেনল ঃ

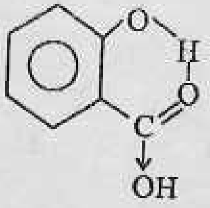


এই কারণে 0-নাইট্রোফেনল স্টিম উদ্‌বায়ী প্যারা বা মেটানাইট্রোফেল আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনীর ফলে সংযোজিত এবং কম উদ্‌বায়ী।

2. স্যালিস্যালডিহাইড ঃ

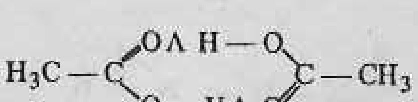


3. স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ঃ



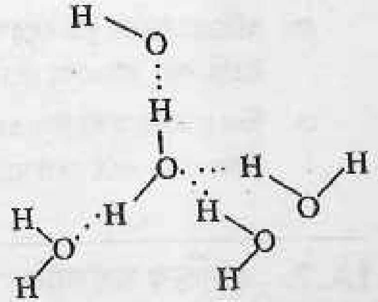
ধর্মের উপর H-বন্ধনীর প্রভাব

**1. (a) স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি, উদ্‌বায়ীতা হ্রাস।** অ্যাসেটিক অ্যাসিড এর স্ফুটনাঙ্ক অপ্রত্যাশিতভাবে উচ্চ।



(b) অপরদিকে অন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনীর ফলে স্ফুটনাঙ্ক কমে যায়।

যেমন—নাইট্রোফেনল-এর ক্ষেত্রে অর্থোনাইট্রোফেনল অন্তঃআণবিক H বন্ধনীর জন্য স্টিম উদ্‌বায়ী হয়।




**2. ঘনত্বের অস্বাভাবিকতা ঃ**

বরফের কেলাসে অগণিত H-বন্ধন থাকে। প্রত্যেক অক্সিজেন পরমাণু চারটি H-পরমাণুর সঙ্গে চতুস্তলকীয়ভাবে যুক্ত থাকে ; দুটি H-পরমাণু সমযোজী ও দুটি H-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত।

বরফ গলে যখন জল হয় তখন কিছু হাইড্রোজেন বন্ধনী ভেঙে যায়—জলের অণুগুলি কাছাকাছি চলে আসে। ফলে আয়তন কমে অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়ে।

জলে দ্রাব্যতা ঃ যে সমস্ত যৌগ জলের অণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করতে পারে। উদাহরণ—

(ক) ইথানল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি জলে দ্রাব্য।

(খ) ডাইমিথাইল ইথার জলের অণুর সঙ্গে H-বন্ধনী গঠন করে, সেজন্য জলে দ্রাব্য কিন্তু ডাইমিথাইল সালফাইড H-বন্ধনী গঠন করতে পারে—তাই জলে দ্রবীভূত হয় না।

(গ) গ্লুকোজ, চিনি ইত্যাদির জলে দ্রাব্যতা।

অনুশীলনী—4

[1] বরফ জলে ভাসে কেন?

[2] আণবিক ওজন মাত্র 18 হওয়া সত্ত্বেও জলের স্ফুটনাঙ্ক 375K কেন?

## 1A.6. সারাংশ :

এই এককটি পাঠ করে আপনি জেনেছেন—

- হাইড্রোজেনের অন্য দুটি সমস্থানিক আছে—ডয়টেরিয়াম ও ট্রিটিয়াম। হাইড্রোজেনের সঙ্গে $D_2$-র এবং $H_2O$-র সঙ্গে $D_2O$-র ধর্মের কিছু পার্থক্য আছে।
- পরীক্ষাগারে এবং শিল্পে কিভাবে হাইড্রোজেন তৈরি করা হয়।
- বিজারক হিসাবে এবং অন্য ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের ব্যবহার।
- জায়মান হাইড্রোজেন কি? সাধারণ হাইড্রোজেনের তুলনায় জায়মান হাইড্রোজেন বেশি সক্রিয়। এই সক্রিয়তার কারণ।
- অন্তধৃতি কী—কীভাবে Pd দ্বারা হাইড্রোজেন অন্তর্ধৃত হয় এবং কীভাবে অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন মুক্ত করা যায়।

- হাইড্রোজেনের দুটি বহুরূপ আছে—অর্থো এবং প্যারা হাইড্রোজেন। এই দুটির সংজ্ঞা—কীভাবে এদের তৈরি করা যায় এবং এদের ধর্মের পার্থক্য কোথায়।
- তিন ধরনের হাইড্রাইড হয়—আয়নীয়, সমযোজী ও ইনটারস্টিশিয়াল। কোন ধরনের হাইড্রাইড কোন মৌল গঠন করে। হাইড্রাইডগুলির গঠনগত ও ধর্মের পার্থক্য।

## 1A.7. প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

1. $Mg_3N_2$ এবং $Al_4C_3$-র সঙ্গে $D_2O$-এর বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখুন।
2. বাণিজ্যিক জিঙ্ক ও লঘু $H_2SO_4$-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনে $H_2S$, CO এবং $CO_2$ অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। এগুলি কীভাবে অপসারিত করবেন?
3. অর্থো নাইট্রোফেনল ও প্যারা নাইট্রোফেনল কোনটি বেশি উদ্‌বায়ী? কারণ লিখুন।
4. গ্লুকোজ একটি জৈব যৌগ কিন্তু জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় কেন?
5. N ও Cl-এর অপরা তড়িৎধর্মিতা সমান। N হাইড্রোজেন বন্ধনী দেয় কিন্তু Cl দেয় না বলা চলে—কারণ কী?
6. $KHF_2$ হয়, $KHCl_2$ হয় না কেন?
7. 'অন্তর্ধৃতি' কী? অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন কীভাবে মুক্ত করা যায়?

## 1A.8. উত্তরমালা

**অনুশীলনী — 1**

1. হাইড্রোজেন $^1_1H$ ; ডয়টেরিয়াম $^2_1H$ ; ট্রিটিয়াম $^3_1H$ এদের প্রত্যেকটির পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন আছে।

$^1_1H$ এর কেন্দ্রকে আছে 1টি প্রোটন—নিউট্রন নেই

$^2_1H$ এর কেন্দ্রকে আছে 1টি প্রোটন ও 1টি নিউট্রন

$^3_1H$ এর কেন্দ্রকে আছে 1টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন।

2. পাঠ্যাংশ দেখুন।

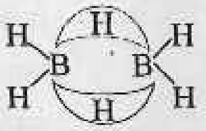
**অনুশীলনী—2**

উত্তর পাঠ্যাংশেই আছে

অনুশীলনী—3

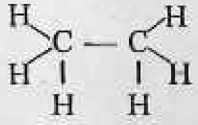
1. (ক) আয়নীয় ; (খ) সমযোজী ; (গ) সমযোজী ; (ঘ) ইনটারস্টিশিয়াল
2. আয়নীয়—ধাতুর চেয়ে ভারী ; ইনটারস্টিশিয়াল—ধাতুর চেয়ে হালকা কারণ পাঠ্যাংশে দেখুন।
3. যে সমস্ত যৌগে স্বাভাবিক বন্ধনীর জন্য যতগুলি ইলেকট্রন প্রয়োজন তার চেয়ে কম ইলেকট্রন থাকে তাদের বলা হয়—ইলেকট্রন ঘাটতি যৌগ।

   $B_2H_6$ যৌগে সাতটি বন্ধনী প্রয়োজন ; 6টি B–H এবং 1টি B–B। সুতরাং 7×2 অর্থাৎ 14টি যোজ্যতা ইলেকট্রন দরকার অথচ আছে 12টি (2টি B এর 6+6টি হাইড্রোজেনের 6)। সুতরাং $B_2H_6$ ইলেকট্রন ঘাটতি যৌগ।



4. $B_2H_6$ ইলেকট্রন ঘাটতি যৌগ। এর বন্ধনী ব্যাখ্যা করা হয় 'হাইড্রোজেন সেতু-বন্ধনী' দিয়ে।

   $C_2H_6$ সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন ; স্বাভাবিক এক বন্ধনীযুক্ত



অনুশীলনী—4

1. পাঠ্যাংশ দেখুন।
2. হাইড্রোজেন বন্ধনীর জন্য একাধিক অণুর সংযোজন ঘটে—কার্যকরী আণবিক ওজন বৃদ্ধি পায়।

প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

1. $Mg_3N_2 + 6D_2O = 3Mg(OD)_2 + 2ND_3$

   $Al_4C_3 + 12D_2O = 4Al(OD)_3 + 3CD_4$
2. অশুদ্ধিযুক্ত হাইড্রোজেনকে পরপর লেড অ্যাসিটেট অ্যামোনিয়া যুক্ত কপার ফরমেট ও গাঢ় KOH দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে অশুদ্ধিগুলি অপসারিত হবে।

   $Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = PbS + 2CH_3COOH$

   $[Cu(NH_3)_4]^{2+} + HCOO + CO_2 = [Cu(CO)_2(OOCH)]^+ + 4NH_3$

   $KOH + CO_2 = KHCO_3$
3. অর্থোনাইট্রোফেনল বেশি উদ্‌বায়ী।

   অর্থোনাইট্রোফেনলে H-বন্ধনী আন্তঃআণবিক

   প্যারা-নাইট্রোফেনলে H-বন্ধনী আন্তঃআণবিক, এই সংকেত থেকে কারণ লিখুন।
4. জলের সঙ্গে H-বন্ধনী—এই সংকেত অবলম্বনে লিখুন।
5. N-এর পারমাণবিক আয়তন কম Cl এর বেশি।
6. H-বন্ধনীর জন্য $[H—F.....H]^-$ আয়ন সুস্থিত।
7. পাঠ্যাংশ দেখুন।

## হাইড্রোজেন

1A.9. গঠন

1A.9.1. প্রস্তাবনা

1A.9.2. উদ্দেশ্য

1A.9.3. প্রথম শ্রেণি : ক্ষার ধাতুসমূহ

- ইলেকট্রন বিন্যাস
- জারণ স্তর
- তুলনামূলক পর্যালোচনা
  - ধর্মের তালিকা
  - পারমাণবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ
  - আয়নন শক্তি
  - ধাতব প্রকৃতির পরিবর্তন
  - রাসায়নিক সক্রিয়তা
  - বিজারণ ক্ষমতা

1A.9.4 কয়েকটি বিশিষ্ট মৌলের আলোচনা

- 1A.9.4.1. লিথিয়াম
- 1A.9.4.2. সোডিয়াম
- 1A.9.4.3. পটাশিয়াম

1A.9.5, সারাংশ

1A.9.6. অনুশীলনী—1

1A.9.7. দ্বিতীয় শ্রেণি : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহ

- ইলেকট্রন বিন্যাস ও জারণ স্তর
- তুলনামূলক পর্যালোচনা
  - ধর্মের তালিকা
  - পারমাণবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ
  - আয়নন শক্তি
  - ধাতব প্রকৃতির পরিবর্তন

রাসায়নিক সক্রিয়তা
সালফেটের দ্রাব্যতা
1A.9.8. কয়েকটি মৌলের আলোচনা :
1A.9.8.1. বেরিলিয়াম
1A.9.8.2 ম্যাগনেসিয়াম
1A.9.8.3 ক্যালসিয়াম
1A.9.8.4 স্টনসিয়াম
বেরিয়াম
1A.9.9. সারাংশ
অনুশীলনী—2
1A.9.10. প্রান্তিক প্রশ্নাবলি
1A.9.11. উত্তরমালা

## 1A.9.1. প্রস্তাবনা

যে সমস্ত মৌলের যোজ্যতা কক্ষে কেবলমাত্র S-ইলেকট্রন থাকে তাদের বলা হয় S-ব্লক মৌল। পর্যায় সারণির 1 এবং 2 শ্রেণির মৌলগুলি এই শ্রেণির। মৌলগুলির ইলেকট্রন-বিন্যাস নীচে দেওয়া হল।

গ্রুপ 1

| পর্যায় | মৌল | চিহ্ন | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|---|---|
| II | লিথিয়াম | Li | [ He ] $2s^1$ |
| III | সোডিয়াম | Na | [ Ne ] $3s^1$ |
| IV | পটাশিয়াম | K | [ Ar ] $4s^1$ |
| V | রুবিডিয়াম | Rb | [ Kr ] $5s^1$ |
| VI | সিজিয়াম | Cs | [ Xe ] $6s^1$ |
| VII | ফ্রান্সিয়াম | Fr | [ Rn ] $7s^1$ |

গ্রুপ 2

| মৌল | চিহ্ন | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|---|
| বেরিলিয়াম | Be | [ He ] $2s^2$ |
| ম্যাগনেশিয়াম | Mg | [ Ne ] $3s^2$ |
| ক্যালশিয়াম | Ca | [ Ar ] $4s^2$ |
| স্ট্রনশিয়াম | Sr | [ Kr ] $5s^2$ |
| বেরিয়াম | Ba | [ Xe ] $3s^2$ |
| রেডিয়াম | Ra | [ Rn ] $7s^2$ |

গ্রুপ 1এর মৌলগুলির সব কটিই ধাতু। এরা নরম, বিদ্যুতের অত্যন্ত সুপরিবাহী এবং অতিশয় সক্রিয়। সোডিয়াম ও পটাশিয়াম বহু সংখ্যক যৌগ গঠন করে। এই যৌগগুলি দীর্ঘদিন ধরে মানব জীবনের সঙ্গে জড়িত। ভূত্বকে ওজন অনুযায়ী সোডিয়াম ও পটাশিয়াম মিলিতভাবে প্রায় চার শতাংশ।

গ্রুপ 2 এর সমস্ত মৌলও ধাতু। এরাও সক্রিয় তবে গ্রুপ 1 এর মৌলগুলির তুলনায় কম। ম্যাগনেশিয়াম ধাতু নির্মাণ শিল্পে বহুল ব্যবহৃত। ক্যালশিয়ামের বহু যৌগও আমাদের অত্যন্ত সুপরিচিত। এই কারণে s-ব্লক মৌল সম্বন্ধে বিশেষ আলোচনা প্রয়োজন।

## 1A.9.2. উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করলে আপনি জানবেন—s ব্লক মৌলের,

- ইলেকট্রন বিন্যাস
- ক্ষার ধাতু এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর বৈশিষ্ট্য
- মৌল গুলির ধর্ম—কোনো শ্রেণিতে উপর থেকে নীচে এবং কোন পর্যায়ে বাঁ থেকে ডানদিকে গেলে ধর্ম কীভাবে পরিবর্তিত হয়।
- কয়েকটি বিশেষ মৌল এবং তাদের উল্লেখযোগ্য যৌগ সম্পর্কে আলোচনা।
- যৌগগুলির ব্যবহারিক প্রয়োগ
- মানব জীবনে কয়েকটি বিশিষ্ট আয়নের প্রভাব।

## 1A.9.3. প্রথম শ্রেণি ঃ ক্ষার ধাতুসমূহ ঃ

■ ইলেকট্রন বিন্যাস ও জারণস্তর

এই মৌলগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^1$। এদের যোজ্যতা সব সময়েই 1, তবে সব সময় আয়নীয় নয়।

■ তুলনামূলক পর্যালোচনা

ক্ষার ধাতু-গুলির কয়েকটি ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল।

সারণি

| ধর্ম | Li | Na | K | Rb | Cs |
|---|---|---|---|---|---|
| পরমাণু ক্রমাঙ্ক | 3 | 11 | 19 | 37 | 55 |
| পারমাণবিক গুরুত্ব | 6.94 | 23 | 39.1 | 85.5 | 132.9 |
| ঘনত্ব (20°C এ ) | 0.53 | 0.97 | 0.86 | 1.53 | 1.9 |
| গলনাঙ্ক 0°C | 179 | 98 | 63.5 | 39 | 28.5 |
| স্ফুটনাঙ্ক 0°C | 1336 | 883 | 757.5 | 700 | 670 |
| আয়নন শক্তি KJ Mol $^{-1}$ | 520 | 496 | 419 | 403 | 376 |
| অপরাধর্মিতা | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ PM | 123 | 157 | 203 | 216 | 235 |
| আয়নীয় ব্যাসার্ধ $M^+$ pm | 60 | 95 | 133 | 148 | 169 |
| শিখার বর্ণ | লাল | স্বর্ণালী হলুদ | বেগুনি | বেগুনি | বেগুনি |

এবার কয়েকটি ভৌতধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করা যাক।

**পারমাণবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ ঃ**

যে কোনো পর্যায়ে ক্ষার ধাতুর আয়তন সবচেয়ে বেশি। যে কোনো মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক ব্যাসার্ধের চেয়ে আয়নীয় ব্যাসার্ধ অনেক কম। Li থেকে Cs পর্যন্ত ব্যাসার্ধ ক্রমশ বাড়ে তবে বৃদ্ধির হার প্রথমে বেশি থাকে শেষের দিকে অনেক কম। K এর থেকে Rb র পরমাণু ক্রমাঙ্ক 18 বেশি কিন্তু পারমাণবিক ব্যাসার্ধ মাত্র 13 Pm বেশি।

■ আয়নন শক্তি

যে কোনো পর্যায়ে অন্য মৌলগুলির চেয়ে ক্ষার ধাতুর আয়নন শক্তি অনেক কম। অন্য মৌলগুলির তুলনায় ক্ষারধাতুর আয়তন অনেক বেশি অর্থাৎ সর্ব বহিস্থ ইলেকট্রন কেন্দ্রক থেকে অনেক বেশি দূরে থাকে। সুতরাং অপসারণ সহজ হয়।

গ্রুপের উপর থেকে নীচে গেলে পরমাণুর আয়তন বাড়ে। সুতরাং সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের উপর কেন্দ্রকের আকর্ষণ কমে যায়। সুতরাং আয়নন শক্তি কমে।

■ ধাতব ধর্মের পরিবর্তন

ক্ষার ধাতুর ধাতব ধর্ম সর্বাপেক্ষা বেশি। উপর থেকে নীচে গেলে ক্ষার ধর্ম বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ক্ষার ধাতুগুলির মধ্যে ধাতব ধর্ম সবচেয়ে কম লিথিয়ামের ; সবচেয়ে বেশি ফ্রান্সিয়ামের। এখানে অবশ্য ফ্রান্সিয়াম নিয়ে কোনো আলোচনা করা হয়নি কারণ মৌলটি তেজস্ক্রিয় $^{223}_{87}Fr$ এর অর্ধজীবন কাল মাত্র 21 মিনিট।

ক্ষার ধাতুগুলির অপরাধর্মিতা খুব কম। সুতরাং কোনো অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার সময় অপরাধর্মিতার পার্থক্য খুব বেশি হয়।

Cl এর অপরাধর্মিতা 3.0

Na এর অপরাধর্মিতা 0.9

---

অপরাধর্মিতার পার্থক্য 2.1

সুতরাং ক্ষার ধাতুগুলি মূলত আয়নীয় যৌগ গঠন করে। একমাত্র ব্যতিক্রম লিথিয়াম ; এটি পরে আলোচিত হবে।

■ রাসায়নিক সক্রিয়তা

পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। কয়েকটি বিক্রিয়া থেকে আপনি এটি সহজেই বুঝতে পারবেন।

(1) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ $2\,M + 2H_2O = 2\,MOH + H_2$

বিক্রিয়ার তীব্রতা Li থেকে Cs এর দিকে বৃদ্ধি পায়। K, Rb, Cs এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় এত তাপ নির্গত হয় যে অদ্ভুত হাইড্রোজেন প্রজ্বলিত হয়।

**(2) অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি বৃদ্ধি পায়। বায়ুতে বিক্রিয়ায় অক্সাইড গঠিত হয়।

$4M + O_2 = 2M_2O$ ; বিক্রিয়ার তীব্রতা Li থেকে Cs এ বৃদ্ধি পায়।

অতিরিক্ত অক্সিজেন লিথিয়াম ও সোডিয়াম পারক্সাইড ($M_2O_2$) কিন্তু K, Rb ও Cs সুপার অক্সাইড ($MO_2$) গঠন করে।

■ বিজারণ ক্ষমতা ঃ

এটি নির্ভর করে ইলেকট্রন বর্জন করার প্রবণতার উপর অর্থাৎ আয়নন শক্তি যত কম হবে, বিজারণ ক্ষমতাও তত বেশি হবে। আপনি আগেই জেনেছেন Li থেকে Cs এর দিকে গেলে আয়নন শক্তি ক্রমশ হ্রাস পায়। সেজন্য বিজারণ ক্ষমতা সবচেয়ে কম Li এর ; সবচেয়ে বেশি Cs এর।

এই মৌলগুলির বিজারণ ক্ষমতা এত বেশি যে এরা হাইড্রোজেনকেও বিজারিত করে হাইড্রাইড গঠন করে।

$$2M + H_2 = 2MH$$

■ তরল অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

সমস্ত ক্ষার ধাতুই অনার্দ্র তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে। দ্রবণগুলি তড়িৎ-পরিবাহী এবং পরা-চুম্বকীয়। এই দ্রবণ তীব্র বিজারণ ধর্মী। যেমন—

$Bi + Na / NH_3 \rightarrow Na_3Bi$ (Bi বিজারিত হয়েছে 0 থেকে – জারণ স্তরে)

$S + Na / NH_3 \rightarrow Na_2S$ (S বিজারিত হয়েছে 0 থেকে – 2 জারণ স্তরে)

**1A.9.4** সবশেষে এ কথা মনে রাখা দরকার যে $M^+$ আয়নগুলির ক্ষেত্রে $\frac{\text{আধান}}{\text{ব্যাসার্ধ}}$ অনুপাত খুব কম। সুতরাং ধ্রুবীকরণ ক্ষমতা খুব কম। কাজেই ক্ষার ধাতুর রসায়ন প্রকৃতপক্ষে তাদের আয়নের রসায়ণ। একমাত্র ব্যতিক্রম Li ; এ প্রসঙ্গে যথাস্থানে আলোচনা হবে।

## 1A.9.4.1 লিথিয়াম

■ উৎস ঃ প্রধান আকরিক হল—

[1] লেপিডোলাইট Lepidolite $Li_2(F, OH)_2, Al_2(SiO_3)_3$

[2] স্পোডুমিন Spodumene $LiAl(SiO_3)_2$

■ নিষ্কাশন ঃ লেপিডোলাইট থেকে ঃ

লিথিয়াম ক্লোরাইড জৈব তরলে দ্রাব্য। এই ধর্মের জন্য LiCl কে সহজেই অন্য ক্ষার ধাতুর ক্লোরাইড থেকে পৃথক করা যায়। নিষ্কাশনের দুটি পর্যায়।

(ক) বিশুদ্ধ LiCl প্রস্তুতি ঃ চূর্ণীকৃত লেপিডোলাইটকে $BaCO_3$, $BaSO_4$ এবং $K_2SO_4$ এর সাথে মিশিয়ে গলান হয়। গলিত পদার্থটি দুটি স্তরে বিভক্ত হয়। নীচের ভারী স্তর ঃ $BaSO_4$, $Al_2O_3$ ও $SiO_2$; উপরের হালকা স্তর ঃ Li, N, K প্রভৃতি ধাতুর সালফেট।

উপরের স্তরকে পৃথক করে ঠাণ্ডা করা হয় ও জলে দ্রবীভূত করা হয়। ওই জলীয় দ্রবণে $BaCl_2$ যোগ করলে $BaCl_2$ যোগ করলে $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপ পরিস্রুত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে তাপ প্রয়োগে শুষ্ক করা হয়। এর মধ্যে থাকে Li, Na, K এর ক্লোরাইড। শুষ্ক পদার্থে ইথানল যোগ করলে শুধু LiCl দ্রবীভূত হয়। ইথানলীয় দ্রবণকে উদ্‌বায়িত করলে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ LiCl পাওয়া যায়।

(খ) LiCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণ ঃ 3 ভাগ বিশুদ্ধ LiCl এবং 2 ভাগ KCl এর মিশ্রণকে গলিত করে পোর্সিলেন পাত্রে 450° C তাপমাত্রায় গ্রাফাইট অ্যানোড ও আয়রন ক্যাথোড সহযোগে 6–12 ভোল্ট তড়িৎ বিভব প্রয়োগে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। KCL যোগ করার ফলে LiCl এর গলনাঙ্কের হ্রাস হয়।

এই প্রক্রিয়ায় Li ধাতু ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। এটিকে যথাশীঘ্র সরিয়ে কেরোসিন তেলের নীচে রাখা হয়। উৎপন্ন ধাতু প্রায় 99.5% বিশুদ্ধ।

$Li^+ + e \rightarrow Li$ (ক্যাথোড)

$Cl^- - e = [Cl]$ ; $2\ [Cl] = Cl_2$ (অ্যানোড)

## ব্যবহার

- কপার বা উহার ধাতু-সংকর থেকে অক্সিজেন, সালফার প্রভৃতি অশুদ্ধি দূর করার জন্য।
- ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে। লেড-লিথিয়াম সংকর (B ধাতু) বিয়ারিং তৈরি করতে ব্যবহার হয়।
- LiH ও $LiALH_4$ বিজারক রূপে এবং জৈব-লিথিয়াম যৌগ জৈব সংশ্লেষণে বহুল ব্যবহৃত হয়।
- LiOH এবং কিছু কিছু লিথিয়াম যৌগ বাতের ওষুধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

■ **অন্য ক্ষার ধাতুগুলির সঙ্গে পার্থক্য ও Mg র সঙ্গে সাদৃশ্য ঃ**

প্রধান শ্রেণিগুলির প্রথম মৌলটি শ্রেণির তথ্য মৌলদের চেয়ে কিছুটা আলাদা। এর দুটি কারণ—

(1) ক্ষুদ্র আয়তন। এর ফলে আয়নের ধ্রুবীকরণ ক্ষমতা বেশি হয় ফলে সমযোজী যৌগ গঠনের প্রবণতা বাড়ে (ফাজান্স সূত্র অনুযায়ী)

(2) d-কক্ষকের অনুপস্থিতি।

অন্যান্য ক্ষার ধাতুর সঙ্গে মূল বৈসাদৃশ্যগুলি হল—

(1) Li ধাতুর গলনাঙ্ক অন্যান্য ক্ষার ধাতুর তুলনায় বেশি।

(2) Li এর কাঠিন্য অন্যান্য ক্ষার ধাতুর তুলনায় বেশি কিন্তু Mg র অনুরূপ।

(3) অক্সিজেনের সঙ্গে লিথিয়াম সব চেয়ে কম তীব্রতার সঙ্গে বিক্রিয়া করে $Li_2O$ তৈরি করে। $Li_2O_2$ তৈরি করে। করা কঠিন। অন্যান্য ক্ষার ধাতু সহজেই পারক্সাইড গঠন করে। K, Rb, Cs সুপার অক্সাইডও গঠন করে।

(4) LiOH, অন্য ক্ষার ধাতুর হাইড্রক্সাইডের তুলনায় কম ক্ষারকীয়। $Li_2CO_3$, $LiNO_3$ এবং LiOH তাপ প্রয়োগে $Li_2O$ তে পরিণত হয়। অন্য ক্ষার ধাতুগুলির কার্বনেট, নাইট্রেট ও হাইড্রক্সাইড সুস্থিত। জলীয় দ্রবণে বাইকার্বনেট গঠন করলে কঠিন অবস্থায় লিথিয়াম বাইকার্বনেট পাওয়া যায় না। অন্য ক্ষারধাতুগুলি সুস্থিত বাইকার্বনেট গঠন করে।

(5) Mg ধাতুর মতই লিথিয়াম নাইট্রাইড গঠন করে। নাইট্রাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া দেয়।

$$Li_3N + 3H_2O = 3\ LiOH + NH_3$$

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3\ Mg\ (OH)_2 + 2NH_2$$

(6) Mg এর মতই Li কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়নীয় কার্বাইড গঠন করে। অন্য ক্ষারধাতুগুলি কার্বাইড গঠন করে না।

(7) $Li_2CO_3$, $Li_3PO_3$, LiF জলে অদ্রাব্য; LiOH স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য। অন্য ক্ষার ধাতুর এই সমস্ত লবণ জলে দ্রাব্য। অনুরূপ Mg লবণগুলি অদ্রাব্য অথবা স্বল্প দ্রাব্য।

(8) লিথিয়ামের হ্যালাইড এবং অ্যালকিল যৌগগুলি অন্য ক্ষারধাতুর ওই সব যৌগের তুলনায় অনেক বেশি সমযোজী। এই কারণে LiCl জৈব তরলে দ্রাব্য। অন্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড জৈব তরলে দ্রবীভূত হয় না।

লিথিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের সাদৃশ্য অন্য শ্রেণির ক্ষেত্রেও দেখা যায়। শ্রেণির প্রথম সদস্য পরবর্তী শ্রেণির দ্বিতীয় সদস্যের অনুরূপ হয়। একে বলা হয় কর্ণ সম্বন্ধ **(Diagonal relationship)**

Li ↘ Be ↘ B ↘ C
Na Mg AL Si

কারণ হিসাবে বলা যায়—

(ক) দুটি আয়নের ব্যাসার্ধ প্রায় সমান ($Li^+$ এর ব্যাসার্ধ 76 Pm $Mg^{2+}$ এর ব্যাসার্ধ 72 Pm)।

(খ) অপরাধর্মিতা প্রায় সমান।

■ **লিথিয়ামের উল্লেখযোগ্য যৌগ ঃ**

লিথিয়াম হাইড্রাইড ঃ LiH : সাদা অস্বচ্ছ কাচ জাতীয় পদার্থ, প্রায় 873 K তাপমাত্রায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$2Li + H_2 = 2LiH$$

যৌগটি অত্যন্ত সক্রিয়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

$$LiH + H_2O = LiOH + H_2$$

গলিত LiH এর তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোডে লিথিয়াম ও অ্যানোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

**লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড $LiAlH_4$**

শুষ্ক ইথার দ্রবণে LiH এবং $AlCl_3$ র বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$4\ LiH + AlCl_3 = LiAlH_4 + 3\ LiCl$$

সাদা রং এর এই যৌগটি শুষ্ক বায়ুতে সুস্থিত। আর্দ্র বায়ুতে বা জলের সংস্পর্শে বিয়োজিত হয়।

$$LiAlH_4 + 4\,H_2O = LiOH + Al\,(OH)_3 + 4\,H_2$$

জৈব রসায়নে বিজারক হিসাবে এবং অন্য ধাতব হাইড্রাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

$$3\,LiAlH_4 + AlCl_3 = 4\,AlH_3 + 3\,LiCl$$

**লিথিয়াম কার্বনেট $Li_2CO_3$ :**

লিথিয়ামের লবণের জলীয় দ্রবণে $Na_2CO_3$ দ্রবণ যোগ করলে লিথিয়াম কার্বনেট এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। 690°C তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়।

$$Li_2CO_3 \longrightarrow Li_2O + CO_2$$

**লিথিয়াম নাইট্রেট $LiNO_3$ :** বর্ণহীন জলাকর্ষী কেলাস $Li_2CO_3$ র সঙ্গে লঘু $HNO_3$ র বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। জল ও ইথানলে সহজেই দ্রবীভূত হয়। উত্তাপে বিয়োজিত হয়।

$$4\,LiNO_3 = 2Li_2O + 4\,NO_2 + O_2$$

## 1A.9.4.2 সোডিয়াম

■ উৎস ঃ (1) সোডিয়াম ক্লোরাইড NaCl রূপে সমুদ্রজলে পাওয়া যায়।

(2) সোডিয়াম নাইট্রেট $NaNO_3$ রূপে চিলি সল্ট পিটারে

(3) সোডিয়াম কার্বনেট $Na_2CO_3$

(4) ক্রায়োলাইট 3 NaF, $ALF_3$

(5) বোরাক্স $Na_2B_4O_7$, 10 $H_2O$

■ **নিষ্কাশন ঃ ডাউন্স (Downs) পদ্ধতি ঃ**

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : গলিত অনার্দ্র NaCl

বিগালক : $CaCl_2$ তাপমাত্রা : 873 K

ক্যাথোড : আয়রন অ্যানোড : কার্বন

**পদ্ধতি ঃ** অগ্নিসহ ইটের আস্তরণ যুক্ত আবদ্ধ আয়রন পাত্রে NaCl এবং অনার্দ্র $CaCl_2$ র মিশ্রণ শতকরা 33:67 ওজন অনুপাতে গলিত অবস্থায় (873 K) রাখা হয়। আয়রন পাত্রের তলার দিক থেকে প্রবেশ করানো প্রশস্ত কার্বন দণ্ড অ্যানোডের কাজ করে। অ্যানোডকে ঘিরে থাকা লোহার পাত ক্যাথোডের কাজ করে। ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম যাতে অ্যানোডের দিকে যেতে না পারে সেজন্য ক্যাথোড ও অ্যানোডের মাঝে সরু আয়রনের তারজালি রাখা থাকে। তারজালির সাথে লাগানো সাইফন নল এর সাহায্যে উৎপন্ন সোডিয়াম একটি কেরোসিন পূর্ণ পাত্র তে জমা হয়।

অ্যানোডের উপর একটি পোর্সিলেন বা অগ্নিসহ মাটির তৈরি বড়ো গম্বুজাকৃতি ঢাকনা H থাকে। উৎপন্ন ক্লোরিন সেখানে সঞ্চিত হয় এবং নির্গমন নল দিয়ে বেরিয়ে যায়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোড : $Na^+ + e = Na$

অ্যানোডে : $Cl^- - e = Cl \qquad 2\,Cl = Cl_2$

এই পদ্ধতি পাঠ করে আপনার মনে হতে পারে $CaCl_2$ যোগ করার কারণ কী? সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 1076 K।

- উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম বাষ্পীভূত হয়ে কুয়াশা তৈরি করে। ফলে সোডিয়াম সংগ্রহে অসুবিধা হয়।
- উচ্চ উষ্ণতায় সোডিয়াম ও ক্লোরিন তীব্র বিক্রিয়াশীল। তড়িৎ বিশ্লেষণ পাত্র এবং তড়িৎদ্বার দুটি ক্ষতিগ্রস্ত হয়।
- উচ্চ উষ্ণতার জন্য পদ্ধতিটি ব্যয়সাপেক্ষ হয়।

ক্যালশিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে গলনাঙ্ক কমে হয় 873 K, ফলে উপরের অসুবিধাগুলি অনেকাংশে দূর হয়।

## ব্যবহার

(1) বিভিন্ন যৌগ যেমন— $Na_2O_2$, $NaNH_2$, NaCN প্রস্তুতিতে।

(2) বিজারক রূপে।

(3) জৈব রাসায়নিক বিশ্লেষণে N, S ও হ্যালোজেন শনাক্তকরণে।

(4) জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (যেমন ভার্জ বিক্রিয়া)

(5) সোডিয়াম পটাশিয়ামের তরল ধাতুসংকর উচ্চ তাপমাত্রায় থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

■ **সোডিয়ামের কয়েকটি যৌগ ঃ**

- **সোডিয়াম মনক্সাইড ঃ $Na_2O$,** সাদা অনিয়তাকার পদার্থ।

সোডিয়ামকে অল্প পরিমাণ বাতাস বা অক্সিজেন 180°C এ উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় NaOH উৎপন্ন করে।

**সোডিয়াম পারক্সাইড ঃ $Na_2O_2$,** হালকা হলুদ কঠিন।

- সোডিয়ামের পাতলা টুকরোকে জলীয় বাষ্প ও $CO_2$ মুক্ত অক্সিজেনে 300°C উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায়।

■ ধর্ম ঃ

(1) আর্দ্র বাতাসে রাখলে NaOH ও $Na_2CO_3$ গঠন করে।

(2) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় NaOH ও $H_2O_2$ গঠন করে।

$$\text{শীতল জলে}\quad Na_2O_2 + 2H_2O = 2NaOH + H_2O_2$$

$$\text{ঘরের উষ্ণতায়}\quad 2\,Na_2O_2 + 2H_2O = 4\,NaOH + O_2$$

(3) লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় $H_2O_2$ উৎপন্ন করে।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

(4) তীব্র জারক। Cr (III) কে হলুদ ক্রোমেট এবং Mn (II) কে সবুজ ম্যাঙ্গানেটে জারিত করে।

$$2\,Cr(OH)_3 + 3\,Na_2O_2 = 2\,Na_2CrO_4 + 2\,NaOH + 2H_2O$$

● **সোডিয়াম নাইট্রেট ঃ** বর্ণহীন জলাকর্ষী কেলাস। জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। উচ্চ তাপে বিয়োজিত হয়ে অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2\,NaNO_3 = 2\,NaNO_2 + O_2$$

● **সোডিয়াম থায়োসালফেট ঃ** $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$; হাইপো (Hypo) নামে পরিচিত। সোডিয়াম সালফাইটের ফুটন্ত দ্রবণে আলোড়িত অবস্থায় সালফার চূর্ণ যোগ করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণের ক্ষারত্ব দূর হয়। পরিস্রাবণের পর তাপপ্রয়োগে দ্রবণ ঘন করে শীতল করলে সোডিয়াম থায়োসালফেট কেলাসিত হয়।

$$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3$$

ধর্ম ঃ

(1) আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম টেট্রাথায়নেট গঠন করে।

$$2\,Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2\,NaI$$

(2) সিলভার হ্যালাইডকে দ্রবীভূত করে

$$AgBr + 2\,Na_2S_2O_3 = Na_3\,[\,Ag\,(S_2O_3)_2\,] + NaBr$$

সোডিয়াম বিস্‌থায়োসালফেটোআর্জেন্টেট (I)

(3) সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে সোডিয়াম থায়োসালফেটের লঘু দ্রবণের বিক্রিয়ায় প্রথমে সিলভার থায়োসালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ সঙ্গে সঙ্গে বর্ণ পরিবর্তন করে যথাক্রমে হলুদ, বাদামি ও সবশেষে কালো হয়।

$$Na_2S_2O_3 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S_2O_3 + 2\,NaNO_3$$

$$Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S + H_2SO_4$$

$AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে ঘন $Na_2S_2O_3$ যোগ করলে প্রথমে সিলভার থায়োসালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। অতিরিক্ত থায়োসালফেটের সঙ্গে জটিল যৌগ গঠনের ফলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$Ag_2S_2O_2 + 3\,Na_2S_2O_3 = 2\,Na_3\,[\,Ag\,(S_2O_3)_2]$$

## ব্যবহার

(1) ফোটোগ্রাফির কাজে লাগে।
(2) সোনা ও রূপার কাজে লাগে।
(3) পরীক্ষাগারে আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহার হয়।
(4) চর্মরোগের ওষুধে ব্যবহার হয়।

## 1A.9.4.3 পটাশিয়াম

■ উৎস : মুখ্য আকরিক—

| | | |
|---|---|---|
| (1) কার্ণালাইট | Carnalite | KCL, $MgCl_2$, $6H_2O$ |
| (2) পলিহ্যালাইট | Polyhalite | $K_2SO_4$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $2H_2O$ |
| (3) কাইনাইট | Kainite | KCl, $MgSO_4$, $3H_2O$ |

উত্তর ভারতের শুষ্ক অঞ্চলে সোরা ($KNO_3$) পাওয়া যায়।

■ **নিষ্কাশন :** স্বল্প পরিমাণ পটাশিয়াম ফ্লুওরাইড সহযোগে পটাশিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত করে তড়িৎবিশ্লেষণ করলে পটাশিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

■ **ধর্ম :** সাদা, নরম ধাতু। তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। রাসায়নিক বিক্রিয়া সোডিয়ামের মতো, তবে সক্রিয়তা সোডিয়ামের চেয়ে বেশি। অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করলে পটাশিয়াম সুপারঅক্সাইড ($KO_2$) উৎপন্ন হয়।

## ব্যবহার

(1) পটাশিয়াম সায়ানাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।
(2) পটাশিয়াম পারদ-সংকর উত্তম বিজারক।
(3) সোডিয়াম-পটাশিয়াম ধাতু-সংকর উচ্চ তাপমাত্রার থার্মোমিটারে ব্যবহার হয়।

■ **কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ :**

- **পটাশিয়াম সুপারঅক্সাইড : $KO_2$ :** উজ্জ্বল হলুদ কঠিন।

পটাশিয়াম ধাতুকে অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করলে $KO_2$ পাওয়া যায়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এটি $H_2O_2$ হয়।

$$2\,KO_2 + 2H_2O = 2\,KOH + H_2O_2 + O_2$$

- **পটাশিয়াম আয়োডাইড : KI :** বর্ণহীন কেলাস।

ঘন উত্তপ্ত KOH দ্রবণে আয়োডিন যোগ করলে আয়োডেট ও আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। দ্রবণ শুষ্ক

করে প্রাপ্ত কঠিন কার্বন চূর্ণ সহ উত্তপ্ত করা হয়। আয়োডেট বিজারিত হয়ে আয়োডাইড দেয়। মিশ্রণে জল দিয়ে প্রাপ্ত দ্রবণ থেকে KI কেলাসিত করা হয়।

$$6\,KOH + 3I_2 = KIO_3 + 5\,KI + 3\,H_2O$$
$$KIO_3 + 3C = KI + 3CO$$

■ পটাশিয়াম সায়াডাইড ঃ KCN : সীদী, জলাকর্ষী কেলাস। পটাশিয়াম কার্বনেট ও কার্বন গুঁড়ার মিশ্রণ গলিয়ে তার মধ্যে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করলে KCN উৎপন্ন হয়।

$$K_2CO_3 + C + 2\,NH_3 = 2\,KCN + 3\,H_2O$$

■ ধর্ম ঃ জল অত্যন্ত দ্রবণীয়। অত্যন্ত বিষাক্ত। জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$$KCN + H_2O \rightleftharpoons KOH + HCN$$

## ব্যবহার

(1) পরীক্ষাগারে বিকারক রূপে।

(2) জৈব যৌগের সংশ্লেষণে।

(3) স্বর্ণ ও রৌপ্যের নিষ্কাশনে।

(4) ইলেক্ট্রোপ্লেটিং এর কাজে।

● **পটাশিয়াম থায়োসায়ানেট ঃ KSCN :** বর্ণহীন, উদগ্রাহী কেলাস। পটাশিয়াম সায়ানাইড ও সালফার এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়।

$$KCN + S = KSCN$$

এটি জলে দ্রাব্য। $Fe^{3+}$ এবং $Co^{2+}$ শনাক্ত করার জন্য ব্যবহার হয়।

## 1A.9.4.5 সারাংশ

এই অধ্যায়টি পাঠ করে আপনি জেনেছেন

- ক্ষার ধাতুগুলির ধর্মের তুলনামূলক পর্যালোচনা।
- Li, Na ও K এই তিনটি ধাতু প্রকৃতিতে কীভাবে পাওয়া যায়।
- Li এর সঙ্গো অন্য ক্ষার ধাতুর বৈসাদৃশ্য এবং Mg র সঙ্গো সাদৃশ্য।
- Li, Na ও K এই তিনটি ধাতুর

  (1) নিষ্কাশন (2) ধর্ম (3) ধাতু-সংকর (4) ব্যবহার

  (5) কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার।

অনুশীলনী—1

[1] বাঁ এবং ডানদিকের সামঞ্জস্য বিধান করুন।

| | আকরিক | | ধাতু |
|---|---|---|---|
| (ক) | বোরাক্স | (ক) | লিথিয়াম |
| (খ) | কার্নালাইট | (খ) | সোডিয়াম |
| (গ) | লেপিডোলাইট | (গ) | পটাশিয়াম |

[2] ক্ষার ধাতুগুলি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন?

[3] ডাউন্‌স্ পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনের সময় $CaCl_2$ যোগ করা হয় কেন?

[4] জৈব রসায়নে সোডিয়ামের দুটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

[5] সমস্ত ক্ষার ধাতুই জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে Li থেকে Cs এ বিক্রিয়ার তীব্রতা বাড়ে কেন?

[6] শূন্যস্থান পূর্ণ কর ঃ

(a) লিথিয়ামকে নাইট্রোজেন-এ উত্তপ্ত করলে ____________ পাওয়া যায়।

(b) লিথিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করলে ____________ নির্গত হয়।

[7] একটি ধাতু (A) লঘু $HNO_3$ তে দ্রবীভূত হয়। দ্রবণটি শিখা পরীক্ষায় লাল বর্ণের শিখা দেয় এবং উত্তপ্ত করলে অক্সাইড (B) দেয়। (A) নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় (C) উৎপন্ন করে যা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া দেয়। (A) র সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় (D) উৎপন্ন। (D) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে গ্যাস (E) এবং জলে অদ্রাব্য ক্ষারকীয় যৌগ (F) উৎপন্ন করে। (A) থেকে (F) শনাক্ত করুন। বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[8] সোডিয়াম ও পটাশিয়াম লবণগুলি সাধারণত জলে দ্রবণীয়। এদের জলে অদ্রাব্য কয়েকটি যৌগের নাম লিখুন।

## 1A.9.7 দ্বিতীয় শ্রেণি : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহ

■ ইলেকট্রন বিন্যাস ও জারণ স্তর

এই মৌলগুলির যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2$। এদের যোজ্যতা সব সময়েই 2। তবে সব সময় আয়নীয় নয়।

● তুলনামূলক পর্যালোচনা ঃ

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলির কয়েকটি ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল।

সারণি

| ধর্ম | Be | Mg | Ca | Sr | Ba |
|---|---|---|---|---|---|
| পরমাণু ক্রমাঙ্ক | 4 | 12 | 20 | 38 | 56 |
| পারমাণবিক গুরুত্ব | 9.02 | 24.32 | 40.08 | 87.63 | 137.36 |
| ঘনত্ব 9 $cm^{-3}$ | 1.85 | 1.75 | 1.52 | 2.60 | 3.50 |
| গলনাঙ্ক K | 1550 | 924 | 1112 | 1040 | 998 |
| স্ফুটনাঙ্ক K | 1773 | 1380 | 1760 | 1640 | 1810 |
| প্রথম আয়নন শক্তি KJ $Mol^{-1}$ | 906 | 744 | 596 | 556 | 509 |
| দ্বিতীয় আয়নন শক্তি KJ $Mol^{-1}$ | 1760 | 1460 | 1150 | 1070 | 975 |
| অপরাধর্মিতা | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ pm | 89 | 136 | 175 | 190 | 198 |
| আয়নীয় ব্যাসার্ধ $M^{+}$pm | 30 | 65 | 98 | 112 | 135 |
| শিখার বর্ণ | — | — | ইটের মতো লাল ক্ষণস্থায়ী | ক্রিমসন লাল | আপেলের মতো সবুজ |

এবার কয়েকটি ধর্ম সম্পর্কে বিশদ আলোচনা করা যাক।

- **পারমানবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ** ঃ প্রথম শ্রেণির মৌলের চেয়ে দ্বিতীয় শ্রেণির মৌলের আকার ছোটো কারণ বর্ধিত কেন্দ্রকীয় আধান যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রনকে দৃঢ়তর ভাবে আকর্ষণ করে।

এ ছাড়া, আপনি নিশ্চয় লক্ষ করেছেন যে $M^{2+}$ আয়নের ব্যাসার্ধ, পারমাণবিক ব্যাসার্ধের চেয়ে অনেক কম। পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে অর্থাৎ উপর থেকে নীচে গেলে দুই ধরনের ব্যাসার্ধই বৃদ্ধি করে।

- **আয়নন শক্তি** ঃ যে কোনো মৌলের ক্ষেত্রে প্রথম আয়নন শক্তির চেয়ে দ্বিতীয় আয়নন শক্তি অনেক বেশি। উপর থেকে নীচে গেলে আয়নন শক্তি কম।

- **বিজারণ ক্ষমতা** ঃ মৌলগুলির $M^{2+}$ আয়ন গঠনের প্রবণতা আছে। অর্থাৎ এরা বিজারণ ধর্মী। তবে বিজারণ ক্ষমতা ক্ষার ধাতুর তুলনায় কম। $M \rightarrow M^{2+} + 2e$ বিক্রিয়ার জন্য প্রমাণ জারণ বিভব নীচের সারণিতে দেওয়া হল।

সারণি

| মৌল | Be | Mg | Ca | Sr | Ba |
|---|---|---|---|---|---|
| জারণ বিভব –V | 1.85 | 2.37 | 2.87 | 2.89 | 2.90 |

উপর থেকে নীচে গেলে বিজারণ ক্ষমতা বাড়ে।

● রাসায়নিক সক্রিয়তা ঃ উপর থেকে নীচে গেলে রাসায়নিক সক্রিয়তা বাড়ে। কয়েকটি উদাহরণ থেকে এটি স্পষ্ট হবে।

● বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ বেরিলিয়াম শুষ্ক বায়ুতে অবিকৃত থাকে। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে ধীরে ধীরে জারিত হয়। বায়ুতে দহন করলে Bc উজ্জ্বল প্রভায় প্রজ্বলিত হয় এবং BeO উৎপন্ন করে।

Mg ও শুষ্ক বায়ুতে অবিকৃত থাকে। আর্দ্র বায়ুতে উহার উপর MgO র পাতলা আস্তরণ পড়ে। বায়ুতে দহন করলে MgO এবং $Mg_3N_2$ উৎপন্ন হয়। Ca, Sr ও Br এর ক্ষেত্রে অনুরূপ বিক্রিয়া হয় কিন্তু বিক্রিয়ার তীব্রতা বাড়ে।

● জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ Be এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়া হয় না। অন্য মৌলগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কিন্তু ক্ষার ধাতুর তুলনায় বিক্রিয়ার গতি কম।

$$Ca + 2\,H_2O = Ca\,(OH)_2 + H_2$$

● অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ উচ্চ জারণ বিভব সম্পন্ন হওয়ায় এই ধাতুগুলি লঘু অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Mg + 2HCL = MgCl_2 + H_2$$

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

● কার্বনেটের স্থায়িত্ব ঃ $BcCO_3$ অত্যন্ত উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়। কার্বনেটের সুস্থিতি উপর থেকে নীচে গেলে বাড়ে।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

● সালফেটের দ্রাব্যতা ঃ $BeSO_4$ এবং $MgSO_4$ জলে দ্রাব্য। $CaSO_4$ গরম জলে মোটামুটি দ্রাব্য $SrSO_4$ এর দ্রাব্যতা খুবই কম, $BaSO_4$ অদ্রাব্য। অর্থাৎ উপর থেকে নীচে গেলে সালফেটের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

**1A.9.8** বিভিন্ন ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর বিশদ আলোচনা করা হল।

## 1A.9.8.1 বেরিলিয়াম

■ উৎস ঃ উল্লেখযোগ্য আকরিক

[1] বেরিল Beryl 3 Bco, $Al_2O_3$, 6 $SiO_2$

[2] ক্রাইসোবেরিল Chrysoberyl BeO, $Al_2O_3$

■ নিষ্কাশন ঃ বেরিল থেকে : কার্বন বিজারণ পদ্ধতি

এই পদ্ধতির দুটি পর্যায়

(ক) **BeO** উৎপাদন : সিলিকোফ্লুরাইড পদ্ধতি ঃ

চূর্ণ বেরিল আকরিককে দ্বিগুণ পরিমাণ সোডিয়াম সিলিকোফ্লুরাইড ও অল্প পরিমাণ সোডিয়াম ফ্লুরাইডের সাথে উচ্চ তাপে গলানো হয়। বিগলিত পদার্থকে ঠাণ্ডা করে বারবার গরম জল সহ আলোড়িত করলে

$$3\,BeO.Al_2O_3.6\,SiO_2 + 6\,Na_2SiF_6 = 3\,Na_2BeF_4 + 3\,Na_3AlF_6 + 3SiF_4 + 9\,SiO_2$$

সোডিয়াম ফ্লুয়োবেরিলেট ($Na_2BeF_4$), ক্রায়োলাইট ($Na_3AlF_6$)

$Na_2BeF_4$ জলে দ্রবীভূত হয়। পরিস্রুত দ্রবণে ক্ষার যোগ করলে $Be(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Na_2BeF_4 + 2\,NaOH = 4\,NaF + Be(OH)_2$$

$Be(OH)_2$ র অধঃক্ষেপ ছেঁকে নিয়ে ফসজিন ($COCl_2$) গ্যাসের প্রবাহে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত Fe ও Al ক্লোরাইড হিসাবে উদ্বায়িত হয়। ক্যালশিয়াম $CaCl_2$ তে এবং $Be(OH)_2$, BeO তে পরিবর্তিত হয়।

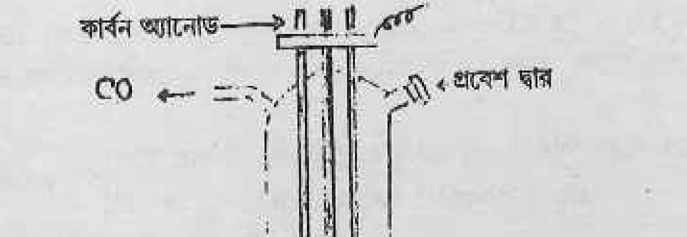
উৎপন্ন পদার্থ ঠাণ্ডা করে জল দিয়ে ধোয়া হয়। $CaCl_2$ জলে দ্রবীভূত হয়। বিশুদ্ধ BeO অবশেষ হিসাবে থাকে।

(খ) **BeO** এর বিজারণ ঃ

নীতি ঃ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক BeO চূর্ণ ও কোক মিশিয়ে বিদ্যুৎ চুল্লিতে উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারণ করা হয়।

$$BeO + C = Be + CO$$

■ পদ্ধতি ঃ চুল্লির নীচের অংশ গ্রাফাইটের তৈরি বড়ো খর্পরের মতো। এর ভিতর ইস্পাতের পাতলা




আবরণ আছে। এর উপরের অংশ ইস্পাতের তৈরি চোঙাকৃতি। এই অংশের উপর দিক থেকে BeO ও কোকের মিশ্রণ চুল্লির ভিতরে দেওয়া হয়।

চুল্লির উপরের দিক থেকে প্রবেশ করানো মোটা কার্বন দণ্ড অ্যানোডের কাজ করে। চুল্লির তলদেশের গ্রাফাইট আস্তরণ ক্যাথোডের কাজ করে।

বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে চুল্লির ভিতর উচ্চতাপ সৃষ্টি হয়। BeO কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতব বেরিলিয়াম উৎপন্ন করে।

$$BeO + C = Be + CO$$

খর্পরের তলদেশে অবস্থিত নির্গম নল দিয়ে বেরিলিয়াম বার করে নেওয়া হয়। উপরের নির্গম নল দিয়ে CO বাহির হয়।

## ব্যবহার

(1) খুব শক্ত অথচ হালকা ধাতু সংকর প্রস্তুতিতে। উদাহরণ—

(ক) বেরিলিয়াম ব্রোঞ্জ (2.5 – 2.75% Be ; Cw = 1 : 55 পরমাণু) স্টিলের মতো শক্ত।

(খ) 1% Be ও 30% Ni সমন্বিত ইস্পাতে মরিচা ধরে না।

(2) কম পারমাণবিক গুরুত্বের জন্য Be ব্যবহৃত হয়—

(ক) পরমাণু চুল্লিতে 'মডারেটর' (moderator) হিসাবে।

(খ) 'X' রশ্মি টিউব এ বাতায়ন (window) হিসাবে।

(3) নিউট্রন উৎপাদনে $^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He = ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$

■ ধর্ম ঃ Be ও Al এর সাদৃশ্য ঃ

আপনি জেনেছেন যে শ্রেণির প্রথম মৌলের ধর্ম শ্রেণির অন্যান্য মৌলের চেয়ে ভিন্ন এবং পরবর্তী শ্রেণির দ্বিতীয় মৌলের সঙ্গে সাদৃশ্য দেখা যায়। (কর্ণ সম্পর্কে) বেরিলিয়ামের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মের মিলগুলি হল—

(1) NaOH এর সঙ্গে বিক্রিয়া : উভয়েই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Be + 2NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম বেরিলেট}}{Na_2BeO_2} + H_2$$

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালুমিনেট}}{2NaAlO_2} + 3H_2$$

(2) BeO এবং $Al_2O_3$ উভয়েই উভধর্মী অক্সাইড

$BeO + 2HCL = BeCl_2 + H_2O$ $\quad$ $BeO + 2\ NaOH = 2\ Na_2BeO_2 + H_2O$

$Al_2O_3 + 7\ HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$ $\quad$ $Al_2O_3 + 2\ NaOH = 2\ NaAlO_2 + H_2O$

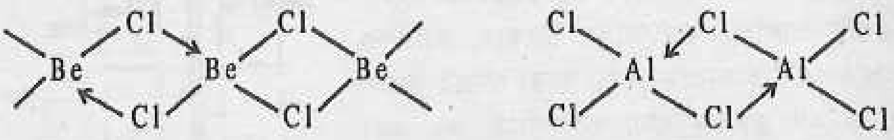
(3) $BeCl_2$ এবং $AlCl_3$ দুটি যৌগই সমযোজী, উদ্‌বায়ী এবং আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়।

(4) উভয়েই আয়নীয় কার্বহিড গঠন করে। এ দুটিই জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথেন উৎপন্ন করে।

$$Be_2C + 2\ H_2O = CH_4 + 2\ BeO$$

$$Al_4C_3 + 6H_2O = 3\ CH_4 + 2\ Al_2O_3$$

(5) $BeCl_2$ এবং $AlCl_3$ উভয়েই বহু অনুক, উভয়েই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, উভয়েই জৈব তরলে দ্রাব্য এবং লুইস্ অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে



$$BeCl_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Be(OH)_2 + 2\,HCl$$
$$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3\,HCl$$

■ বেরিলিয়ামের অন্য কয়েকটি যৌগ ঃ

**বেরিলিয়াম নাইট্রেট [$Be(NO_3)_2$] :** BeO বা $Be(OH)_2$ কে ঘন $HNO_3$ তে দ্রবীভূত করে উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করলে সাদা বর্ণের সোদক কেলাস $Be(NO_3)_2$, $3H_2O$ গঠন করে। জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ক্ষারকীয় নাইট্রেট গঠন করে। এটিও জলে দ্রাব্য।

$$Be(NO_3)_2 + H_2O = Be(OH)NO_3 + HNO_3$$

**বেরিলিয়াম সালফেট $BeSO_4$ :** BeO বা $Be(OH)_2$ কে ঘন উত্তপ্ত $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে উৎপন্ন দ্রবণ শীতল করলে $BeSO_4$, $4\,H_2O$ র বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

**অ্যামোনিয়াম ফ্লুয়োবেরিলেট $(NH_4)_2BeF_4$ :** BeO এর সঙ্গে অ্যামোনিয়াম বাইফ্লুরাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$BeO + 2\,NH_4HF_2 = (NH_4)_2\,BeF_4 + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ফ্লুওবেরিলেটকে উত্তপ্ত করলে $BeF_2$ উৎপন্ন হয়।

$$(NH_4)_2\,BeF_4 = 2\,NH_4F + BeF_2$$

## 1A.9.8.2 ম্যাগনেসিয়াম

■ উৎস ঃ প্রধান আকরিকগুলি হল—

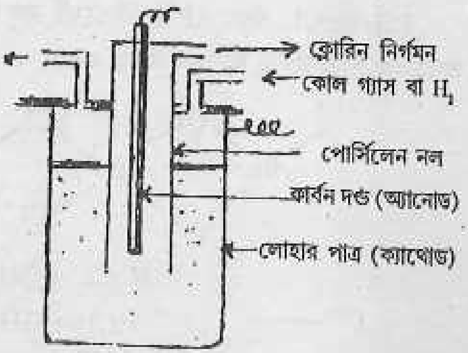
| | | |
|---|---|---|
| ম্যাগনেসাইট | Magnesite | $MgCO_3$ |
| ডলোমাইট | Dolomite | $MgCO_3$, $CaCO_3$ |
| কার্ণালাইট | Carnalite | KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$ |

■ নিষ্কাশন ঃ কার্নালাইট থেকে ঃ এর দুটি পর্যায়

**অনার্দ্র $MgCl_2$ উৎপাদন ঃ** কার্ণালাইটকে প্রথমে $NH_4Cl$ ও পরে HCl গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র $MgCl_2$ পাওয়া যায়।

**তড়িৎ বিশ্লেষণ ঃ নীতি ঃ** অনার্দ্র $MgCl_2$ র সাথে ক্ষার ধাতু এবং ক্ষার মৃত্তিকা ধাতুর ক্লোরাইড মিশিয়ে ওই মিশ্রণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য রূপে ব্যবহার হয়। এর ফলে গলনাঙ্ক হ্রাস পায় এবং উচ্চতর তাপমাত্রায় MgO গঠিত হবার সম্ভাবনা থাকে না।

পদ্ধতি ঃ একটি আয়তাকার বন্ধ লোহার পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। এটি ক্যাথোডের কাজ করে। পাত্রের ঢাকনার মধ্য দিয়ে একটি পোর্সিলেন নল থাকে। এই নলের ভেতরে একটি গ্রাফাইট দণ্ড তড়িৎ বিশ্লেষ্যে আংশিক ডোবানো থাকে। এটি অ্যানোডের কাজ করে। পাত্রের বাতাস কোলগ্যাস বা হাইড্রোজেন দ্বারা অপসারিত করা হয়। তাপমাত্রা 973 K রাখা হয়। অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় এবং নল দিয়ে নির্গত হয়। ক্যাথোডে মুক্ত ম্যাগনেসিয়াম তড়িৎ বিশ্লেষ্যের উপর ভেসে ওঠে এবং মাঝে মাঝে সরিয়ে নিয়ে নূতন করে অনার্দ্র $MgCl_2$ যোগ করা হয়।




## ব্যবহার

(1) আলোক সংকেত (Signal) নির্মাণে ও বাজী প্রস্তুতিতে।

(2) বোরণ ও সিলিকন প্রস্তুতিতে অক্সিজেন দূর করার জন্য (Deoxidiser)

(3) গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিতে।

(4) ধাতু সংকর প্রস্তুতিতে, যেমন—

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| (ক) | ম্যাগনেলিয়াম | Magnelium | Al 98, | Mg 2% |
| (খ) | ডুর্যালুমিন | Dwralwmin | Al 95, | Cu4, Mg 0.5, Mn 0.5% |
| (গ) | ইলেকট্রন | Electron | Mg 95, | Zn 4.5, Cu 0.5% |

ধাতু সংকরগুলি এরোপ্লেন ও মোটর গাড়ির কাঠামো ও হালকা যন্ত্রাংশ নির্মাণে ব্যবহার হয়।

■ কয়েকটি যৌগ ঃ

**ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড MgO ঃ** ম্যাগনেসিয়া নামে পরিচিত। ম্যাগনেসাইটকে উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়।

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

সাদা গুঁড়া। উচ্চ গলনাঙ্ক 3123 K। ক্ষারকীয় অক্সাইড। অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। জলে সামান্য দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।

**ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড $Mg(OH)_2$ ঃ** ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বা সালফেটের জলীয় দ্রবণে ক্ষার যোগ করলে বর্ণহীন অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়।

$$MgSO_4 + 2\ NaOH = Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$$

**ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ঃ $MgCl_2$ ঃ** বর্ণহীন কেলাস। জল আকর্ষণ করে দ্রবীভূত হয়। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে লঘু HCL এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$MgCO_3 + 2\ HCl = Mg\ Cl_2 + H_2O + CO_2$$

জলীয় দ্রবণ থেকে $MgCl_2$, 6 $H_2O$ কেলাসিত হয়। সোদক কেলাসকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে 200°C এ ক্ষারীয় ক্লোরাইড ও পরে 600°C উষ্ণতায় MgO পাওয়া যায়।

$$MgCl_2 + H_2O \xrightleftharpoons{200°C} Mg(OH)Cl + HCl$$

$$Mg(OH)CL \xrightarrow{600°C} MgO + HCl$$

অনার্দ্র $MgCl_2$ পাওয়া যায় MgO এবং কোক এর মিশ্রণকে ক্লোরিনের উপস্থিতিতে লোহিত তপ্ত করে।

$$MgO + C + C_2 = MgCl_2 + CO$$

**ম্যাগনেসিয়াম সালফেট $MgSO_4$** ঃ ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে লঘু $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$

জলীয় দ্রবণ থেকে $MgSO_4$, $7H_2O$ কেলাসিত হয়। এটি 'এপসম লবণ (Epsom Salt)' নামে পরিচিত।

## 1A.9.8.3 ক্যালসিয়াম

■ উৎস ঃ ভূত্বকের প্রায় 5% ক্যালশিয়াম যৌগ দ্বারা গঠিত। প্রধান উৎস—

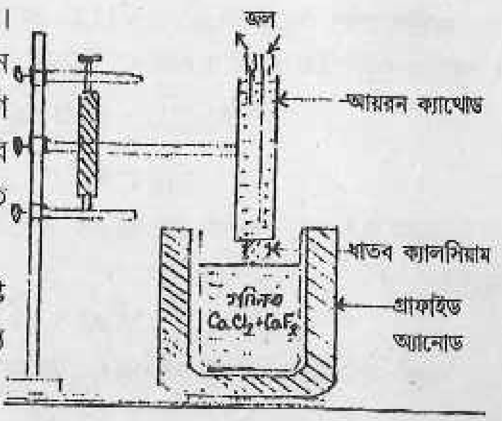
| | | | |
|---|---|---|---|
| কার্বনেট হিসাবে | ঃ | লাইম স্টোন, চক, মার্বেল, ডলোমাইট ইত্যাদি। | |
| সালফেট হিসাবে | ঃ | অ্যানহাইড্রাইট | $CaSO_4$ |
| | | জিপসাম | $CaSO_4$, $2H_2O$ |
| ফ্লুরাইড হিসাবে | ঃ | ফ্লুয়োস্পার | $CaF_2$ |
| ফসফেট হিসাবে | ঃ | ফসফোরাইট | $Ca_3(PO_4)_2$ |
| | | অ্যাপাটাইট | $3\ Ca_3(PO_4)_2\ CaF_2$ ; $3\ Ca_3(PO_4)_2\ CaCl_2$ |
| সিলিকেট হিসাবে | ঃ | ফেলস্পার | $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$ |

■ নিষ্কাশন ঃ

নীতি ঃ গলিত $CaCl_2$ র তড়িৎ বিশ্লেষণ করে ক্যালশিয়াম নিষ্কাশন করা হয়। ক্যালশিয়াম ক্লোরাইডের সাথে $\frac{1}{6}$ অংশ $CaF_2$ মেশানো হয়। এর ফলে গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। মিশ্রণকে 973 K উষ্ণতায় বিগলিত অবস্থায় রাখা হয়।

পদ্ধতি ঃ মিশ্রণটি একটি গ্রাফাইট পাত্রে নেওয়া হয়। পাত্রের গাত্র অ্যানোড হিসাবে এবং একটি ফাঁপা লৌহদণ্ড ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ফাঁপা ক্যাথোডের মধ্য দিয়ে জল ঢালিয়ে ঠাণ্ডা রাখা হয়। ক্যাথোডটি এমনভাবে ঝুলিয়ে রাখা হয় যে সেটি গলিত মিশ্রণকে কেবলমাত্র স্পর্শ করে। গ্রাফাইট পাত্রের তলদেশ ঠাণ্ডা জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়। এর ফলে কিছুটা $CaCl_2$ জমে পাত্রের ভিতরের গায়ে আস্তরণ সৃষ্টি করে। এর ফলে পাত্রের ক্ষয় রোধ হয়।

তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে $CaCl_2$ বিশ্লিষ্ট হয়। ক্যাথোডে ক্যালশিয়াম ধাতু সঞ্চিত হয় ; অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম সঞ্চিত হবার সঙ্গো সঙ্গো তড়িচ্চালিত যন্ত্রের সাহায্যে ক্যাথোডকে ধীরে ধীরে উপরে তোলা হয়। ফলে সঞ্চিত ক্যালসিয়াম, দণ্ডের আকৃতি লাভ করে এবং নিজেই ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে।




উৎপন্ন ক্যালসিয়াম দণ্ডের উপর $CaCl_2$ র আস্তরণ সৃষ্টি হয়। এই আস্তরণ বায়ুর আক্রমণ প্রতিরোধ করে। বায়ু শূন্য অবস্থায় ঊর্ধ্বপাতিত করে বিশুদ্ধ Ca পাওয়া যায়।

## ব্যবহার

(1) অ্যালকোহল থেকে জল সম্পূর্ণ দুর করার জন্য।

(2) নাইট্রোজেন থেকে আর্গন দূর করার জন্য।

(3) $CaH_2$ তৈরি করার জন্য।

(4) ধাতুর ঢালাই এর সময় অক্সিজেন দুর করার জন্য।

■ **কয়েকটি যৌগ ঃ**

**ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড ঃ** বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন। 400–500°C উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম ধাতুর সঙ্গো হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

জলের সঙ্গো বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

**ক্যালসিয়াম অক্সাইড (চুন) CaO (Qwick lime) ঃ** চুনাপাথরকে 100°C এ উত্তপ্ত করলে চুন পাওয়া যায়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

ক্ষারীয় অক্সাইড, বিদ্যুৎ চুল্লিতে কার্বন সহ উত্তপ্ত করলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

**ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (কলিচুন) $Ca(OH)_2$ (Slaked lime) ঃ** চুনের উপর জল ছিটিয়ে কলিচুন তৈরি হয়। এটি সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। জলে সামান্য দ্রাব্য। স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণকে চুন জল (lime water) বলে। জলে $Ca(OH)_2$ র ঘন প্রলম্বনকে বলা হয় গোলা চুন (Milk of lime) শুষ্ক কলিচুন ও NaOH এর মিশ্রণকে বলে সোডা-লাইম।

**ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড $CaCl_2$ :** $CaO$, $Ca(OH)_2$ বা $CaCO_3$ র সঙ্গে লঘু $HCl$ এর বিক্রিয়ায় $CaCl_2$ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করলে $CaCl_2, 2H_2O$ এবং পরে 260°C এর উর্ধ্বে অনার্দ্র লবণ পাওয়া যায়। 773°C উষ্ণতায় অনার্দ্র $CaCl_2$ বিগলিত হয়। বিগলিত লবণ অত্যন্ত উদগ্রাহী। জলশোষক (desiccant) হিসাবে এটি বহুল ব্যবহৃত।

**বিরঞ্জক চূর্ণ (Bleaching Powder) Ca (OCl) Cl :** প্রায় শুষ্ক কলিচুন অনধিক 40°C উষ্ণতায় ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন করে।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

এটি ক্লোরিনের গন্ধ যুক্ত সাদা চূর্ণ। স্বল্প স্থায়ী ; বাতাসের জলীয় বাষ্প বা কার্বন ডাই অক্সাইডের দ্বারা বিজোজিত হয়। জলীয় দ্রবণে প্রথমে $HCl$ ও $HOCl$ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন $HOCl$ বিয়োজিত হয়ে জায়মান অক্সিজেন দেয়। উৎপন্ন জায়মান অক্সিজেন বিরঞ্জন করে।

কাগজ ও সুতিবস্ত্রের বিরঞ্জনের জন্য, বীজাণু নাশক হিসাবে, দুর্গন্ধ নিবারক হিসাবে এবং জল বিশোধনের জন্য ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়।

**ক্যালসিয়াম সালফেট $CaSO_4$ :** প্রকৃতিতে অ্যানহাইড্রাইট এবং জিপসাম হিসাবে পাওয়া যায়। $CaCO_3$-র সঙ্গে লঘু $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়।

$$CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O = CaSO_4, 2H_2O + CO_2$$

ইহা জলে অদ্রাব্য। সাদা ছোটো ছোটো কেলাস বা চূর্ণের আকারে পাওয়া যায়। জিপসামকে 120 থেকে 180°C এ উত্তপ্ত করলে আংশিক নিরুদনের ফলে উৎপন্ন হয় **'প্লাস্টার অব প্যারিস'** (Plaster of Paris) জল সংযোগে পুনরায় $CaSO_4, 2H_2O$ গঠন করে এবং অচিরেই জল ত্যাগ করে খুব শক্ত হয়ে যায়।

## 1A.9.8.4 স্ট্রনসিয়াম

- **উৎস :** প্রধান আকরিক স্ট্রনসিয়ানাইট (Strontianite) $SrCO_3$
- **নিষ্কাশন :** স্ট্রনশিয়াম ক্লোরাইড এর তড়িৎ বিশ্লেষণে পাওয়া যায়।
- **ব্যবহার :** রঙীন আতসবাজি তৈরি করার জন্য এবং কোনো কোনো আলোক তড়িৎ কোষে ধাতু বা তার লবণ ব্যবহৃত হয়।
- **কয়েকটি যৌগ :**

**স্ট্রনসিয়াম নাইট্রেট $Sr(NO_3)_2$ :** স্ট্রনসিয়াম কার্বনেটকে $HNO_3$ তে দ্রবীভূত করে পাওয়া যায়।

$$SrCO_3 + 2\,HNO_3 = Sr(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

বর্ণহীন কেলাস, জলে অতিশয় দ্রাব্য।

■ স্ট্রনসিয়াম সালফেট ঃ $SrSO_4$ : স্ট্রনসিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে লঘু $H_2SO_4$ যোগ করলে $SrSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$SrCl_2 + H_2SO_4 = Sr\ SO_4 + 2HCl$$

বর্ণহীন কঠিন। জলে অতি স্বল্প দ্রাব্য।

## 1A.9.8.4. বেরিয়াম

■ উৎস ঃ প্রধান আকরিক ব্যারাইট্স্ (Barytes) $BaSO_4$ ও উইদেরাইট (Witherite) $BaCO_3$

■ নিষ্কাশন ঃ বেরিয়াম ক্লোরাইড এর তড়িৎ বিশ্লেষণ ঃ

উইদেরাইট খনিজকে HCl এ দ্রবীভূত করে $BaCl_2$ কেলাস তৈরি হয়। গলিত $BaCl_2$ কে মার্কারী ক্যাথোড মুক্ত তড়িৎ কোষে বিশ্লেষিত করা হয়। ক্যাথোডে বেরিয়াম মুক্ত হয়ে পারদ সংকর গঠন করে। এই পারদ-সংকরকে বায়ুশূন্য অবস্থায় 1473 K তাপমাত্রায় গরম করে মার্কারী উদ্বায়িত করা হয়। ফলে প্রায় বিশুদ্ধ বেরিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

■ ব্যবহার ঃ ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে এবং ভাল্ভ্ ও ভ্যাকুয়াম টিউব গ্যাস শূন্য করতে ব্যবহার হয়।

■ কয়েকটি যৌগ ঃ

বেরিয়াম অক্সাইড ঃ ব্যারাইটা **(Baryta) : BaO** ঃ

$BaCO_3$-র তাপ বিয়োজনে পাওয়া যায়। সাদা চূর্ণ। জল যোগ করলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়।

$$BaCO_3 + C = BaO + 2\ CO$$
$$BaO + H_2O = Ba\ (OH)_2$$

বেরিয়াম পারক্সাইড ঃ $\mathbf{BaO_2}$

বেরিয়াম অক্সাইডকে 500°C উষ্ণতায় বায়ু বা অক্সিজেন উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায়।

$$2\ BaO + O_2 = 2\ BaO_2$$

বেরিয়াম কার্বনেট ঃ $\mathbf{BaCO_3}$ ঃ সাদা চূর্ণ, জলে প্রায় অদ্রাব্য। বেরিয়ামের দ্রাব্য লবণে কার্বনেট মেশালে অথবা ব্যারাইটা জলের মধ্য দিয়ে $CO_2$ চালনা করলে পাওয়া যায়।

$$Ba\ (OH)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$$

■ বেরিয়াম সালফেট ঃ $BaSO_4$ : সাদা চূর্ণ, জলে অদ্রাব্য। বেরিয়ামের দ্রাব্য লবণের দ্রবণে কোনো সালফেট লবণ যোগ করলে $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2\ NaCl$$

## 4A.9.9. সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি জেনেছেন

- ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলগুলির নাম।
- মৌলগুলির প্রধান ধর্ম এবং তাদের তুলনামূলক আলোচনা।
- মৌলগুলির উৎস, নিষ্কাশন, ব্যবহার।
- বেরিলিয়ামের সঙ্গে শ্রেণির অন্য মৌলের বৈসাদৃশ্য এবং অ্যালুমিনিয়ামের সাদৃশ্য।
- মৌলগুলির কয়েকটি যৌগের নাম, প্রস্তুতি এবং ধর্ম।

অনুশীলনী—2

[1] গলিত $MgCl_2$ র তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় NaCl ও $CaF_2$ মেশানো হয় কেন?

[2] তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে Mg নিষ্কাশনের সময় হাইড্রোজেন বা কোলগ্যাস প্রবাহিত করা হয় কেন?

[3] $MgCl_2$, 6 $H_2O$ কে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে সমীকরণ সহ লিখুন।

[4] সংকেত লিখুন ঃ অ্যামোনিয়াম ফ্লুয়োবেরিলেট, ব্লিচিং পাউডার, প্লাস্টার অব্ প্যারিস, ব্যারাইটা, এপসম লবণ

[5] ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলির মধ্যে কেবলমাত্র Be সমযোজী ধর্ম প্রদর্শন করে। এর ব্যাখ্যা করুন।

[6] একটি সাদা যৌগ (A) লঘু HCl এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় বর্ণহীন গ্যাস (B) দেয়। চুন জলের মধ্য দিয়ে (B) প্রবাহিত করলে সাদা অধঃক্ষেপ (C) পাওয়া যায়—অতিরিক্ত (B) চালনা করলে (C) দ্রবীভূত হয়ে (D) বর্ণহীন দ্রবণ দেয়। (A) শিখা পরীক্ষায় আপেল-সবুজ শিখা দেয়। (A) থেকে (D) শনাক্ত করুন—বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[7] $BaSO_4$ ও $SrSO_4$ নিয়ে প্রথাগত ভাবে শিখা পরীক্ষায় কোনো রঙিন শিখা পাওয়া যায় না কেন? কীভাবে পরীক্ষা করলে শিখার বর্ণ পাওয়া যাবে?

[8] '$BeCl_2$ যৌগটি একটি লুইস অ্যাসিড'—ব্যাখ্যা করুন।

## 1A.9.10. প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

[1] প্রথম শ্রেণির মৌলগুলির নিম্নলিখিত ধর্মগুলির ব্যাখ্যা দাও ঃ

(ক) এক যোজ্যতা

(খ) প্রধানত আয়নীয় যৌগ গঠন

(গ) তীব্র বিজারণ ক্ষমতা

(ঘ) নিম্ন জটিল যৌগ গঠন ক্ষমতা

(ঙ) পর্যায়ের মৌলগুলির মধ্যে সর্বনিম্ন প্রথম আয়নন শক্তি।

[2] ক্ষার ধাতুগুলির মধ্যে Li এর সমযোজী যৌগ গঠনের প্রবণতা সর্বাধিক কেন?

[3] লিথিয়ামের সঙ্গে ম্যাগনেশিয়ামের চারটি সাদৃশ্য লিখুন। এই সাদৃশ্যের কারণ ব্যাখ্যা করুন।

[4] Li, Na ও K এর সঙ্গে অক্সিজেনের বিক্রিয়া লিখুন।? বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির সঙ্গে জলের বিক্রিয়া লিখুন।

[5] A ক্ষার ধাতুটি $HNO_3$ তে দ্রবীভূত করা হল। এই দ্রবণ শিখা পরীক্ষায় লাল শিখা দেয়। দ্রবণটি উত্তপ্ত করলে অক্সাইড B পাওয়া যায়। A নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে C এবং হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় D উৎপন্ন করে। D জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় E গ্যাস নির্গত করেও অতি স্বল্প দ্রাব্য একটি ক্ষারকীয় পদার্থ F দেয়। A থেকে F শনাক্ত করুন। বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[6] কোনো মৌল (A) শীতল জলের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস (B) উৎপন্ন করে এবং (C) এর দ্রবণ পাওয়া যায়। লিথিয়ামের সঙ্গে (B) র বিক্রিয়ায় একটি সাদা কঠিন পাওয়া যায়। (D) র সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় বুদ্‌বুদ সহকারে গ্যাস নির্গত হয় এবং একটি ক্ষারকীয় দ্রবণ (F) পাওয়া যায়। C এর দ্রবণের মধ্য দিয়ে $CO_2$ চালনা করলে প্রথমে (G) এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে—অতিরিক্ত $CO_2$ চালনা করলে G দ্রবীভূত হয়ে এর (H) দ্রবণ উৎপন্ন করে। (G) র সঙ্গে উত্তপ্ত করলে সাদা ক্ষারীয়যৌগ (I) কে কার্বন সহ 1000°C তে উত্তপ্ত করলে একটি কঠিন (J) পাওয়া যায় যা জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে।
A থেকে J শনাক্ত করুন। বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

## 1A.9.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

[1] ক — খ ; খ — গ ; গ — ক।

[2] ক্ষার ধাতুগুলি অত্যন্ত সক্রিয় বলে।

[3] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[4] (ক) জৈব যৌগে N, S, হ্যালোজেন শনাক্তকরণ
(খ) ভার্জ বিক্রিয়া

[5] লিথিয়াম থেকে সিজিয়াম এ গেলে আয়নন শক্তি ও অপরা তড়িৎধর্মিতা হ্রাস পায়—অর্থাৎ ধাতব ধর্ম বাড়ে ; সক্রিয়তা বাড়ে।

[6] (a) $Li_3N$ (b) $CO_2$

[7] (A) Li $4\ Li + O_2 = 2\ Li_2O$
(B) $Li_2O$ $6\ Li + N_2 = 2\ Li_3N$
(C) $Li_3N$ $Li_3N + 3H_2O = 3\ LiOH + NH_3$
(D) LiH $2Li + H_2 = 2\ LiH$
(E) $H_2$ $LiH + H_2O = LiOH + H_2$
(F) LiOH

[8] সোডিয়ামের জলে অদ্রাব্য যৌগ : সোডিয়াম জিঙ্ক ইউরানিল অ্যাসিটেট
$Na\ Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_9$

পটাশিয়ামের জলে অদ্রাব্য যৌগ ঃ (1) পটাশিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট $K_3[CO(NO_2)_6]$

(2) পটাশিয়াম পারক্লোরেট $KClO_4$

(3) পটাশিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেট $KHC_4H_4O_6$

অনুশীলনী—2

[1] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[2] পাত্রের বাতাস অপসারণের জন্য যাহাতে উৎপন্ন ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইডে পরিণত না হয়।

[3] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[4] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[5] $Be^{2+}$ এর আয়নীয় ব্যাসার্ধ খুব কম হওয়া ধ্রুবীকরণ ক্ষমতা খুব বেশি।

[6] A – $BaCO_3$ $\quad BaCO_3 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O + CO_2$

B – $CO_2$ $\quad Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

C – $CaCO_3$ $\quad CaCO_3 + H_2 + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$

D – $Ca(HCO_3)_2$

[7] $BaSO_4$ এবং $SrSO_4$, ঘন HCl এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। উদ্‌বায়ী ক্লোরাইড গঠিত না হওয়ায় শিখা বর্ণহীন থাকে।

$BaSO_4$ বা $SrSO_4$, প্লাটিনাম তারের আগায় নিয়ে বুনসেন-ল্যাম্পের বিজারণ শিখায় ধরলে সালফেট বিজারিত হয়ে সালফাইড দেয়। এইবার প্লাটিনাম তার, ঘন HCl এ ডুবিয়ে বুনসেন ল্যাম্পের জারণ শিখায় ধরলে শিখার বর্ণ পাওয়া যাবে।

$$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO\uparrow$$

$$BaS + 2HCl = BaCl_2 + H_2S$$

[8] $BeCl_2$ যৌগে Be এর যোজ্যতা স্তরে চারটি ইলেকট্রন আছে। এটি আরও দুটি ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে। সেজন্য $BeCl_2$ লুইস অম্ল

$$Cl:Be:Cl + 2:Cl^- \rightarrow \left[\begin{array}{c} Cl \\ \cdot\cdot \\ Cl:Be:Cl \\ \cdot\cdot \\ Cl \end{array}\right]^{2-}$$

## 4A.9.11. প্রান্তিক উত্তরমালা

[1] (ক) যোজ্যতা কক্ষে একটি মাত্র ইলেকট্রন এবং আয়নন শক্তি কম।

(খ) কম আয়নন শক্তি ; তুলনামুলক ভাবে বেশি আয়নীয় ব্যাসার্ধ—সুতরাং অত্যন্ত কম ধ্রুবায়ন শক্তি।

(গ) পাঠ্যাংশ দেখুন।

(ঘ) d-কক্ষকের অনুপস্থিতি।

(ঙ) পাঠ্যাংশ দেখুন।

[2] ক্ষুদ্র আয়তন ফলে ধ্রুবায়ন ক্ষমতা বেশি। অপরা তড়িৎধর্মিতা ক্ষার ধাতুগুলির মধ্যে সবচেয়ে বেশি।

[3] সাদৃশ্যগুলি ঃ

(ক) $LiOH$ এবং $Mg(OH)_2$ কম ক্ষারকীয়

(খ) $LiNO_3$ এবং $Mg(NO_3)_2$ তাপ প্রয়োগে অক্সাইড দেয়

$$4\ LiNO_3 = 2\ Li_2O + 4\ NO_2 + O_2$$
$$2\ Mg(NO_3)_2 = 2\ MgO + 4\ NO_2 + O_2$$

(গ) উভয়েই নাইট্রাইড গঠন করে। নাইট্রাইড দুটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া দেয়।

$$Li_3N + 3H_2O = 3\ LiOH + NH_3$$
$$Mg_3N_2 + 6\ H_2O = 3\ Mg(OH)_2 + 2\ NH_3$$

(ঘ) উভয়েই কার্বাইড গঠন করে।

[4] স্বল্প মাত্রায় অক্সিজেন $M_2O$ দেয় (M = Li / Na / K) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া $M_2O$ হাইড্রক্সাইড দেয়।

$$M_2O + H_2O = 2\ MOH$$

অতিরিক্ত অক্সিজেনে Li ও Na পারক্সাইড দেয়। জলের সঙ্গে পারক্সাইডের বিক্রিয়ায় $H_2O_2$ উৎপন্ন হয়।

$$M_2O_2 + 2H_2O = 2MOH + H_2O \quad (M = Li/Na)$$

অতিরিক্ত অক্সিজেনে পটাশিয়াম, সুপার অক্সাইড গঠন করে। সুপার অক্সাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় $H_2O_2$ এবং $O_2$ পাওয়া যায়।

$$2\ KO_2 + 2\ H_2O = 2\ KOH + H_2O_2 + O_2$$

[5] A = Li — $2\ Li + 2\ HNO_3 = Li(NO_3)_2 + H_2$
B = $Li_2O$ — $4\ LiNO_3 = 2\ Li_2O + 4\ NO_2 + O_2$
C = $Li_3N$
D = LiH — $LiH + H_2O = LiOH + H_2$
E = $H_2$
F = LiOH

[6] A = Ca — $Ca + 2\ H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$
B = $H_2$ — $Li + H_2 = 2\ LiH$
C = $Ca(OH)_2$ — $LiH + H_2O = LiOH + H_2$
D = LiH — $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$
F = LiOH — $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$
G = $CaCO_3$ — $CaCO_3 + 2\ HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$
H = $Ca(HCO_3)$ — $CaCO_3 = CaO + CO_2$
I = CaO — $CaO + 3C = CaC_2 + CO$
J = $CaC_2$

# একক 1B. d-ব্লক মৌল

গঠন

1.B.1. প্রস্তাবনা

1.B.2. উদ্দেশ্য

1.B.3. ইলেকট্রন বিন্যাস

1.B.4. সন্ধিগত মৌল

সংজ্ঞা

বৈশিষ্ট্য

গুরুত্বপূর্ণ ধর্মের তালিকা

1.B.5. 3d-ব্লক মৌলগুলির কয়েকটি বিশিষ্ট মৌলের ধর্মের আলোচনা

1.B.5.1. ক্রোমিয়াম

1.B.5.2. ম্যাঙ্গানিজ

1.B.5.3. আয়রন

1.B.5.4. কোবাল্ট

1.B.5.5. নিকেল

1.B.5.6. কপার

1.B.5.7. জিঙ্ক

1.B.6. সারাংশ

1.B.7. প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

1.B.8. উত্তরমালা

## 1.B.1. প্রস্তাবনা

যে সমস্ত মৌলের d-ইলেকট্রন বর্তমান তাদের বলা হয় d-ব্লক মৌল। পর্যায় সারণির 3 থেকে 12 শ্রেণির মৌলগুলি d-ব্লকের অন্তর্গত। তিনটি পর্যায়ে মোট তিরিশটি মৌলকে এই শ্রেণিভুক্ত বলা হয়। এই মৌলগুলি বিভিন্ন শিল্পে এবং মানব জীবনে অত্যন্ত উল্লেখযোগ্য। এদের তালিকা নীচে দেওয়া হল।

| গ্রুপ | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| তৃতীয় পর্যায় | Sc<br>21 | Ti<br>22 | V<br>23 | Cr<br>24 | Mn<br>25 | Fe<br>26 | Co<br>27 | Ni<br>28 | Cu<br>29 | Zn<br>30 |
| চতুর্থ পর্যায় | Y<br>39 | Zr<br>40 | Nb<br>41 | Mo<br>42 | Tc<br>43 | Ru<br>44 | Rh<br>45 | Pd<br>46 | Ag<br>47 | Cd<br>48 |
| পঞ্চম পর্যায় | La<br>57 | Hf<br>72 | Ta<br>73 | W<br>74 | Re<br>75 | Os<br>76 | Ir<br>77 | Pt<br>78 | Au<br>79 | Hg<br>80 |

প্রত্যেক মৌলের নীচে তার পরমাণু ক্রমাঙ্ক দেওয়া হল। লক্ষ করুন— 58 থেকে 71 পরমাণু ক্রমাঙ্ক সংবলিত মৌলগুলি d-ব্লক মৌল নয়—এদের বলা হয় f ব্লক মৌল।

## 1.B.2. উদ্দেশ্য

- এই এককটি পাঠ করলে আপনি জানবেন d-ব্লক মৌলের
- ইলেকট্রন বিন্যাস
- সন্ধিগত মৌলের সংজ্ঞা
- সন্ধিগত মৌলগুলির বৈশিষ্ট্য
- সন্ধিগত মৌলের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মের তালিকা
- কয়েকটি বিশেষ মৌল ও তাদের যৌগ সম্পর্কে আলোচনা।
- মানব জীবনে কয়েকটি বিশিষ্ট আয়নের প্রভাব।

যে সমস্ত মৌলের সর্ববহিঃস্থ s-কক্ষক পূর্ণ বা অর্ধপূর্ণ থাকে এবং আগের d-কক্ষক এক বা একাধিক ইলেকট্রন থাকে তাদের d-ব্লক মৌল বলে।

## 1.B.3. ইলেকট্রন বিন্যাস

| মৌল | পরমাণু ক্রমাঙ্ক | ইলেকট্রন বিন্যাস | মৌল | পরমাণু ক্রমাঙ্ক | ইলেকট্রন বিন্যাস |
|---|---|---|---|---|---|
| Sc | 21 | $[Ar]\ 3d^1\ 4s^2$ | Fe | 26 | $[Ar]\ 3d^6\ 4s^2$ |
| Ti | 22 | $[Ar]\ 3d^2\ 4s^2$ | Co | 27 | $[Ar]\ 3d^7\ 4s^2$ |
| V | 23 | $[Ar]\ 3d^3\ 4s^2$ | Ni | 28 | $[Ar]\ 3d^8\ 4s^2$ |
| Cr | 24 | $[Ar]\ 3d^5\ 4s^1$ | Cu | 29 | $[Ar]\ 3d^{10}\ 4s^1$ |
| Mn | 25 | $[Ar]\ 3d^5\ 4s^2$ | Zn | 30 | $[Ar]\ 3d^{10}\ 4s^2$ |

d-ব্লক মৌলগুলির মধ্যে যাদের d-কক্ষক অসম্পূর্ণ তাদের বলা হয় সন্ধিগত মৌল। তা'হলে Cu এবং Zn-কে সন্ধিগত মৌল বলা যায় না। কিন্তু Cu-এর ধর্ম - সন্ধিগত মৌলের মতো। এই কারণে সন্ধিগত মৌলের সংজ্ঞা পরিবর্তন করা হয়েছে—

যে সমস্ত মৌলের মৌল অবস্থায় অথবা কোনো সাধারণ জারণ স্তরে অসম্পূর্ণ d-কক্ষক থাকে তাদের বলা হয় সন্ধিগত মৌল।

$Cu^{2+}$-এর ইলেকট্রন বিন্যাস—$[A]3d^9$—সুতরাং কপার সন্ধিগত মৌল কিন্তু জিঙ্ক নয়।

## 1.B.4. সন্ধিগত মৌলগুলির সাধারণ বৈশিষ্ট্য

- এগুলি উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন ও শক্ত ধাতু।
- এরা নিজেদের মধ্যে এবং অন্যান্য ধাতুর সঙ্গে ধাতু সংকর গঠন করে।
- এরা সবাই তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী
- এদের প্রায় সবকটিই যথেষ্ট পরাধর্মী এবং সক্রিয় হওয়ায় খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। কেবলমাত্র Cu, Ag, Au, Pd ও Pt নিষ্ক্রিয়।
- এদের অধিকাংশই একাধিক যোজ্যতা প্রদর্শন করে।
- এদের যৌগগুলি অনেক ক্ষেত্রে নানা বর্ণের হয়।
- ছোটো আয়নীয় ব্যাসার্ধ, অপেক্ষাকৃত বেশি ধনাত্মক আধান ও নিম্নশক্তির ফাঁকা কক্ষ থাকায় এই মৌলগুলি বহু সংখ্যক সবর্গীয় যৌগ গঠন করে।
- এদের যৌগগুলির অনেকের মধ্যে অযুগ্ম d-ইলেকট্রন থাকার ফলে যৌগগুলি পরাচুম্বকীয় হয়।
- অনেক সন্ধিগত মৌল এবং তাদের অনেক যৌগ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

## 1.B.5. সারণী : জলীয় দ্রবণে সন্ধিগত মৌলের আয়নের বর্ণ

| মৌল | II | III | VI | VII |
|---|---|---|---|---|
| Cr | $[Cr(H_2O)_6]^{2+}$ নীল | $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ সবুজ | $CrO_4^{2-}$ হলুদ $Cr_2O_7^{2-}$ কমলা | |
| Mn | $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$ খুব হালকা গোলাপী | $[Mn(H_2O)_6]^{3+}$ লাল | $MnO_4^{2-}$ সবুজ | $MnO_4^-$ বেগুনি-লাল |
| Fe | $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ হালকা সবুজ | $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ বর্ণহীন | | |
| Co | $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ গোলাপি | | | |
| Ni | $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ সবুজ | | | |
| Cu | $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$ নীল | | | |

প্রথম শ্রেণির সন্ধিগত মৌলগুলির গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম

| ধর্ম | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| পরমাণু ক্রমাঙ্ক | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| পারমাণবিক গুরুত্ব | 44.96 | 47.90 | 50.94 | 52 | 54.94 | 55.85 | 58.93 | 58.71 | 63.54 |
| ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) | 164 | 147 | 135 | 130 | 135 | 126 | 125 | 125 | 128 |
| আয়নীয় ব্যাসার্ধ (pm) | 81 | 76.7 | 74.6 | 84.7 | 80.7 | 76.6 | 74.6 | 72.6 | 96.7 |
| জারণ স্তর | III | III | IV | III | II | III | III | II | II |
| স্ফুটনাঙ্ক K | 3000 | 3533 | 3673 | 2753 | 2370 | 3273 | 3173 | 3005 | 2868 |
| গলনাঙ্ক K | 1812 | 1948 | 2173 | 2163 | 1517 | 1808 | 1768 | 1726 | 1356 |
| ঘনত্ব $X10^3$ $Kgm^{-3}$ | 3.0 | 4.5 | 6.1 | 7.2 | 7.4 | 7.9 | 8.9 | 8.9 | 8.9 |
| অপরাতড়িৎ ধর্মিতা (অ্যালরেড-রোচো) | 1.2 | 1.3 | 1.45 | 1.55 | 1.6 | 1.65 | 1.7 | 1.75 | 1.75 |
| আয়নন শক্তি MJ $mol^{-1}$ | | | | | | | | | |
| প্রথম | 733 | 659 | 650 | 653 | 717 | 762 | 759 | 736 | 745 |
| দ্বিতীয় | 1235 | 1309 | 1414 | 1591 | 1509 | 1561 | 1644 | 1751 | 1958 |
| তৃতীয় | 1388 | 1648 | 1866 | 1992 | 3259 | 2958 | 3230 | 3391 | 3556 |

প্রথম শ্রেণির সন্ধিগত মৌলগুলির জারণস্তর

(সর্বাধিক সুস্থিত জারণস্তর মোটা হরফে)

| শ্রেণি | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu |
| | | I | I | | I | | | | I |
| | | II | II | II | **II** | II | **II** | **II** | **II** |
| | **III** | III | III | **III** | III | **III** | III | III | III |
| | | **IV** | IV | | IV | IV | IV | IV | |
| | | | **V** | | | | | | |
| | | | | VI | VI | VI | | | |
| | | | | | VII | | | | |

অনুশীলনী—1

(1) কপারের ইলেকট্রন বিন্যাস লিখুন। এটি কি সন্ধিগত মৌল? আপনার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দিন।

(2) সন্ধিগত মৌল বা তার যৌগ অনেক ক্ষেত্রে অনুঘটকের কাজ করে। আপনার জানা তিনটি উদাহরণ দিন।

## কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ মৌলের আলোচনা

### 1.B.5.1. ক্রোমিয়াম

উৎস : প্রধান আকরিক ক্রোমাইট (chromite) FeO. $Cr_2O_3$ ($FeCr_2O_4$) ভারতের বিভিন্ন অঞ্চলে যথেষ্ট পরিমাণ ক্রোমাইট পাওয়া যায়, কর্ণাটকের হাসান ও বিহারের সিংভূম জেলা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

নিষ্কাশন : ক্রোমাইট থেকে : (থার্মিট পদ্ধতি) :

এই পদ্ধতির তিনটি পর্যায়।

**প্রথম পর্যায় ঃ অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট প্রস্তুতি**

চূর্ণ ক্রোমাইট $Na_2CO_3$ এবং অল্প পরিমাণ CaO-র মিশ্রণ বায়ুর সংস্পর্শে পরাবর্ত চুল্লিতে উত্তপ্ত করা হয়।

$$4FeO.\ Cr_2O_3 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 = 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2\uparrow$$

উৎপন্ন সোডিয়াম ক্রোমেটকে জলে দ্রবীভূত করে $H_2SO_4$ সহযোগে আম্লিক করলে $Na_2Cr_2O_7$ উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + Na_2Cr_2O_2 + H_2O$$

দ্রবণ ঘন করে শীতল করলে প্রথম $Na_2SO_4$ এবং পরে $Na_2Cr_2O_7$ কেলাসিত হয়।

$Na_2Cr_2O_7$ কে $NH_4Cl$ সহ উত্তপ্ত করলে $(NH_4)_2Cr_2O_7$ পাওয়া যায়।

$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4CL = (NH_4)_2Cr_2O_7 + 2Nacl$$

**দ্বিতীয় পর্যায় ঃ $Cr_2O_3$ উৎপাদন**

অধিক উষ্ণতায় $(NH_4)_2Cr_2O_7$ ভেঙে উৎপন্ন হয় $Cr_2O_3$

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2\uparrow + 4H_2O$$

**তৃতীয় পর্যায় ঃ থার্মিট পদ্ধতিতে ক্রোমিক অক্সাইডের বিজারণ**

শুষ্ক $Cr_2O_3$ ও Al চূর্ণ 3:1 অনুপাতে মিশিয়ে অগ্নিসহ মৃত্তিকার ক্রুসিবলে (মূচিত) ভরতি করে তার মধ্যে $BaO_2$ এবং ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ রেখে ম্যাগনেশিয়াম ফিতার সাহায্যে অগ্নিসংযোগ করা হয়। ক্রোমিক অক্সাইডের বিজারণে ধাতব ক্রোমিয়াম পাওয়া যায় যা তরল অবস্থায় ক্রুশিবলের তলায় জমা হয়।

$$Cr_2O_3 + 2Al = 2Cr + Al_2O_3 \ \Delta H = -112 \ KCal$$

**ধর্ম ঃ** বিশুদ্ধ ক্রোমিয়াম নীলাভ সাদা ধাতু। এটি বেশ নিষ্ক্রিয়। বায়ুতে পরিবর্তিত হয় না। লোহিত তপ্ত অবস্থায় জলীয় বাষ্পকে বিয়োজিত করে।

$$2Cr + 3H_2O = Cr_2O_3 + 3H_2\uparrow$$

লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্রোমাস লবণ উৎপন্ন করে যা বাতাসের সংস্পর্শে দ্রুত ক্রোমিক লবণে জারিত হয়।

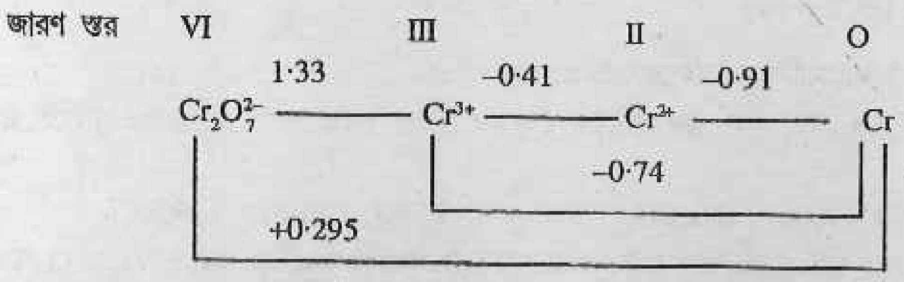
$$Cr + 2HCl = CrCl_2 + H_2\uparrow$$
$$4CrCl_2 + 4HCl + O_2 = 4CrCl_3 + 2H_2O$$

$H_2SO_4$-এর সঙ্গে তীব্র বিক্রিয়ায় ক্রোমিয়াম দ্রবীভূত হয়।

$$2Cr + 6H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$

ক্ষারের সঙ্গে ক্রোমিয়ামের বিক্রিয়া হয় না।

**জারণ স্তর ঃ** বিভিন্ন জারণ স্তর এবং সংশ্লিষ্ট প্রমাণ বিজারণ বিভব নীচে দেওয়া হল।




ক্রোমিয়ামের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ সম্পর্কে আপনার জানা দরকার।

ক্রোমাস ক্লোরাইড : $CrCl_2$ :

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটকে বায়ুর অনুপস্থিতিতে জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে হালকা নীল ক্রোমাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$CrCl_3 + H = CrCl_2 + HCl$$

**ক্রোমিক অক্সাইড : $Cr_2O_3$ :** উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট সবুজ চূর্ণ।

সোডিয়াম ডাইক্রোমেটকে বিজারিত করলে পাওয়া যায়।

$$Na_2Cr_2O_7 + 2C = Cr_2O_3 + Na_2CO_3 + CO$$

**ক্রোমিক ক্লোরাইড : $CrCl_3$ :** লাল বেগুনি কেলাস।

ক্রোমিক অক্সাইড ও কার্বনের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করলে ক্রোমিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$Cr_2O_3 + 3C = 3Cl_2 + 2CrCl_3 + 3CO$$

**ক্রোমিয়াম ট্রাই অক্সাইড : $CrO_3$ :** গাঢ় লাল কেলাস।

$$K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2CrO_3 + H_2O$$

**পটাশিয়াম ক্রোমেট : $K_2CrO_4$ :** পাতিলেবুর মতো হলুদ কেলাস।

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে হিসাব মতো পটাশিয়াম কার্বনেট বা হাইড্রক্সাইড যোগ করলে পটাশিয়াম ক্রোমেট উৎপন্ন হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 2KOH = 2K_2CrO_4 + H_2O$$

**পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট : $K_2Cr_2O_7$ :** কমলা বর্ণের কেলাস।

ক্রোমাইট থেকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট কিভাবে তৈরি করা হয় তা আপনি জেনেছেন। সোডিয়াম কার্বনেটের পরিবর্তে পটাশিয়াম কার্বনেট ব্যবহার করলে পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট পাওয়া যায়। তবে এতে খরচ বেশি পড়ে সেজন্য সোডিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে পটাশিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2Cr_2O_7 + 2KCl = K_2Cr_2O_2 + 2NaCl$$

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট জলাকর্ষি নয়। সেজন্য প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এটি তীব্র জারক। জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad E^0 = 1.33V$$

$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6FeSO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6KI = 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

বৈশ্লেষিক রসায়নে $K_2Cr_2O_7$ জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

## ব্যবহার :

**(i)** বিশেষ ধরনের ইস্পাত—যেমন নিষ্কলঙ্ক (stainless) ইস্পাত তৈরিতে। এর মধ্যে 17-18 শতাংশ Cr ও 7-8 শতাংশ Ni থাকে।

**(ii)** সংকর ধাতু—যেমন নিক্রোম (Ni 60; Fe 25 ; Cr 15)।

রোধ উচ্চ হওয়ায় এটি হিটারের কয়েল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

**(iii)** তড়িৎ লেপন পদ্ধতিতে ক্রোমিয়াম লেপনের জন্য। ক্রোমিয়াম লেপন করলে লোহায় সহজে মরিচা ধরে না। যানবাহনের যন্ত্রাংশ নির্মাণে ক্রোমিয়াম-লেপিত লোহা ব্যবহার হয়।

মানবজীবনে গুরুত্ব :

অল্প পরিমাণ $Cr^{3+}$ ইনসুলিন নিঃসরণে এবং রক্তে গ্লুকোজের মাত্রা সঠিক রাখতে সাহায্য করে। বেশি মাত্রায় ক্রোমেট বা ডাইক্রোমেট মানুষের পক্ষে ক্ষতিকর; এর প্রভাবে ক্যানসারও হতে পারে। ট্যানারির বর্জ্য পদার্থ যে জলে মেশে সেখানে প্রচুর পরিমাণ Cr(VI) থাকে।

অনুশীলনী—2

একটি কমলা বর্ণের কেলাস (A) কে উত্তপ্ত করলে একটি কঠিন (B) ও একটি গ্যাস (C) ও জলীয় বাষ্প পাওয়া যায়। (B) কে NaOH ও $NaNO_3$ সহ বিগলিত করলে হলুদ অবশেষ (D) পাওয়া যায়। (D)-এর জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করলে হলুদ বর্ণ কমলায় পরিবর্তিত হয়। (C) গ্যাসটি ম্যাগনেশিয়াম দ্বারা শোষিত হয়ে (E) দেয়। (E) আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $Mg(OH)_2$ ও একটি ঝাঁঝালো গ্যাস (F) দেয়। (A) থেকে (F) শনাক্ত করুন। বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

## 1.B.5.2. ম্যাঙ্গানিজ

**উৎস :** প্রধান আকরিক পাইরোলুসাইট (Pyrolusite) $MnO_2$ এ ভারতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। মধ্যপ্রদেশের বালাঘাট ও চিন্দওয়ারা জেলায় এবং ওড়িশার কেওনঝর বনাই অঞ্চলে উচ্চমানের আকরিক পাওয়া যায়। গোয়ার দক্ষিণ অঞ্চলে সবরকম মানের ম্যাঙ্গানিজের আকরিক পাওয়া যায় এছাড়া রাজস্থান, অন্ধ্রপ্রদেশ ও গুজরাটের বিভিন্ন অঞ্চলে পাইরোলুসাইটের আকরিক মেলে।

**নিষ্কাশন :** পাইরোলুসাইট থেকে অ্যালুমিনো : থার্মিট পদ্ধতি :

অ্যালুমিনিয়াম দ্বার $MnO_2$-র সরাসরি বিজারণ বিপদজনক। সেজন্য প্রথমে $MnO_2$-কে বায়ুতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হয়। প্রাপ্ত $Mn_3O_4$ কে Al-এর সাহায্যে বিজারণ করা হয়। থার্মিট পদ্ধতি আপনি ক্রোমিয়ামের ক্ষেত্রে জেনেছেন।

$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

$$3Mn_3O_4 + 8Al = 4Al_2O_3 + 9Mn \qquad \Delta H = -602Kcal$$

ধর্ম :

(i) ধূসর বর্ণের শক্ত, ভঙ্গুর ধাতু। গলনাঙ্ক 1260°C

(ii) বাতাসে সহজে জারিত হয় না। সূক্ষ্ম বিচূর্ণ ধাতু বাতাসে উত্তপ্ত করলে জ্বলে ওঠে।

(iii) বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অশুদ্ধ ধাতু জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে।

$$Mn + 2H_2O = Mn(OH)_2 + H_2$$

(iv) লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে ম্যাঙ্গানাস লবণ দেয়।

$$Mn + 2HCl = MnCl_2 + H_2$$

গাঢ় উত্তপ্ত $H_2SO_4$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ সালফেট দেয়।

(v) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(vi) সামান্য উত্তপ্ত অবস্থায় হ্যালোজেন, সালফার এবং ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

$$Mn + X_2 = MnX_2 \ (X = Cl, Br, I)$$

উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

$$3Mn + N_2 = Mn3N_2$$

জারণ স্তর : বিভিন্ন জারণ স্তর এবং সংশ্লিষ্ট প্রমাণ বিজারণ বিভব নীচে দেওয়া হল।

জারণ স্তর

$$\overset{VII}{MnO^-_4} \xrightarrow{+0{\cdot}56} \overset{VI}{MnO_4^{2-}} \xrightarrow{+2{\cdot}26} \overset{IV}{MnO_2} \xrightarrow{+0{\cdot}95} \overset{III}{Mn^{+3}} \xrightarrow{+1{\cdot}51} \overset{II}{Mn^{2+}} \xrightarrow{-1{\cdot}19} \overset{O}{Mn}$$

$MnO^-_4$ — $MnO_2$ : +1·69; $MnO_2$ — $Mn^{2+}$ : +1·23; $MnO^-_4$ — $Mn^{2+}$ : +1·51

ম্যাঙ্গানিজের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ নীচে আলোচিত হল।

ম্যাঙ্গানাস সালফেট : $MnSO_4, 4H_2O$ : গোলাপি উদত্যাগী কেলাস।

পাইরোলুসাইট কে গাঢ় $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায়।

$$2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O + O$$

ম্যাঙ্গানিক সালফেট : $Mn_2(SO_4)_3$ : গাঢ় সবুজ কঠিন

অধঃক্ষিপ্ত $MnO_2$ কে গাঢ় $H_2SO_4$ সহ 138°C তে উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায়।

$$4MnO_2 + 6H_2SO_4 = 2Mn_2(SO_4)_3 + 6H_2O + O_2$$

**ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড : $MnO_2$ : হালকা কালো গুঁড়া**

প্রকৃতিতে পাইরোলুসাইট হিসাবে পাওয়া যায়। এর উল্লেখযোগ্য কয়েকটি বিক্রিয়া আপনার জানা দরকার।

(i) কোনো ক্লোরাইড ও ঘন $H_2SO_4$ মিশ্রণ $MnO_2$ সহযোগে উত্তপ্ত করলে ক্লোরিন নির্গত হয়।

$$4KCl + 2H_2SO_4 + MnO_2 = 2K_2SO_4 + MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

(ii) ফেরাস লবণকে ইহা ফেরিকে জারিত করে।

$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 + MnO_2 = Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 2H_2O$$

(iii) অক্সালিক অ্যাসিডকে $CO_2$ তে জারিত করে।

$$H_2C_2O_4 + H_2SO_4 + MnO_2 = 2CO_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$

**পটাশিয়াম ম্যাঙ্গানেট : $K_2MnO_4$ : গাঢ় সবুজ কেলাস**

ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডকে পটাশিয়াম নাইট্রেট ও পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে সবুজ ম্যাঙ্গানেট উৎপন্ন হয়।

$$MnO_2 + 2KOH + KNO_3 = K_2MnO_4 + KNO_2 + H_2O$$

ম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ক্ষারের উপস্থিতিতে সুস্থিত, কিন্তু সাধারণ জলীয় দ্রবণে বা অম্লের উপস্থিতিতে স্বতঃজারণ বিজারণ ঘটে।

$$\underset{\text{সবুজ}}{3K_2MnO_4} + 3H_2SO_4 = \underset{\text{লাল-বেগুনি}}{2HMnO_4} + MnO_2 \downarrow + 3K_2SO_4 + 2H_2O$$

**পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট : $KMnO_4$ : গাঢ় বেগুনি ও সবুজ প্রতিভাযুক্ত কেলাস।**

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে কস্টিক পটাশ সহ মাফ্‌ল চুল্লিতে বিগলিত করলে উৎপন্ন হয় সবুজ ম্যাঙ্গানেট।

$$2MnO_2 + 4KOH + 4O_2 = 2K_2MnO_4 + MnO_2 + 4KHCO_3$$

প্রাপ্ত দ্রবণ গাঢ় করে ঠাণ্ডা করলে $KMnO_4$ কেলাসিত হয়।

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট তীব্র জারক। জারণ বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

**আম্লিক দ্রবণে :**

(i) ফেরাস লবণ ফেরিকে জারিত হয়।

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

(ii) ক্লোরাইডকে ক্লোরিনে জারিত করে

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 5Cl_2 + 8H_2O$$

(iii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড থেকে অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O$$

(iv) অক্সালিক অ্যাসিড $CO_2$ তে জারিত হয়।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

জলীয় দ্রবণে : পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হয়ে প্রথমে ম্যাঙ্গানেট ও পরে $MnO_2$ উৎপন্ন করে

$$MnO_4 + 2H_2O + 3C = MnO_2 + 4, OH^-$$

পটাশিয়াম আয়োডাইড আয়োডেটে জারিত হয়।

$$2KMnO_4 + KI + H_2O = 2MnO_2 + KIO_3, + 2KOH$$

প্রশম বা মৃদু আম্লিক দ্রবণে : $MnO_2$ উৎপন্ন হয়।

$$MnO^-_4 + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$$

জিঙ্ক সালফেটের উপস্থিতিতে $MnSO_4$ জারিত হয়ে $MnO_2$ দেয়।

$$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

বৈশ্লেষিক রসায়নে $KMnO_4$ জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**জীবদেহে ম্যাঙ্গানিজের গুরুত্ব :**

প্রাণী ও উদ্ভিদ উভয়ের জন্যই Mn(II) প্রয়োজন। উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্য Mn(II)-র প্রয়োজন হয়। স্তন্যপায়ীদের লিভারে আরজিনেস উৎসেচক উৎপাদনের জন্য Mn(II) প্রয়োজন। এই উৎসেচক নাইট্রোজেন ঘটিত বর্জ্য পদার্থকে ইউরিয়ায় পরিণত করে।

<u>অনুশীলনী 3</u>

(1) ম্যাঙ্গানিজের প্রতিটি জারণ স্তরে একটি করে যৌগের নাম ও সংকেত লিখুন।

(2) ম্যাঙ্গানিজের কোন জারণ স্তর স্বয়ং জারণ-বিজারণ ঘটায়? উদাহরণ দিন।

(3) আম্লিক দ্রবণে $Fe^{2+}$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় করুন।

### 1.B.5.3. আয়রন

**উৎস :** প্রধান আকরিক হেমাটাইট (Haematite) $Fe_2O_3$। এর নিষ্কাশন ও সাধারণ ধর্ম আপনি আগেই জেনেছেন। এখানে বিভিন্ন জারণ স্তর এবং গুরুত্বপূর্ণ যৌগ সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

**জারণ স্তর :** প্রধান জারণ স্তর +2 এবং +3। তবে +4 ও +6 জারণ স্তরও দেখা যায়। প্রধান যৌগগুলি নীচে আলোচিত হল।

ফেরাস সালফেট (সবুজ ভিট্রিয়ল) : $FeSo_4, 7H_2O$ :

আয়রন পাইরাইটিসকে বাতাসে ফেলে রাখলে জারিত হয়ে ফেরাস সালফেট উৎপন্ন হয়। লঘু $H_2SO_4$-এর সাথে বিক্রিয়াতেও ফেরাস সালফেট উৎপন্ন হয়। লঘু $H_2SO_4$-এ আয়রন দ্রবীভূত করে দ্রবণকে গাঢ় করে ঠাণ্ডা করলে সবুজ $FeSO_4, 7H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

ধর্ম :

(1) জলে দ্রবণীয় এবং বাতাসের সংস্পর্শে সহজেই বাদামি রঙের ফেরিক সালফেটে জারিত হয়।

(2) উত্তপ্ত করলে প্রথমে কেলাস জল ত্যাগ করে সাদা অনিয়তাকার লবণে পরিণত হয়। লোহিত তপ্ত করলে ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়—যার প্রচলিত নাম—'রুজ' (Rouge)

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

(3) জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$$FeSO_4 + 2H_2O = Fe(OH)_2 \downarrow + H_2SO_4$$

(4) জলীয় দ্রবণ নাট্রিক অক্সাইড শোষণ করে বাদামি বর্ণের নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট গঠন করে

$$FeSO_4 + 5H_2O + NO = [Fe(H_2O)_5NO]SO_4$$

(5) ক্ষার ধাতুর সালফেট ও অ্যামোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে যুগ্ম-লবণ গঠন করে। $(NH_4)_2SO_4$ এবং $FeSO_4$ 1:1 অনুপাতে জলে দ্রবীভূত করলে $FeSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O$-এর হালকা নীলাভ সবুজ কেলাস পাওয়া যায়। এটি 'মোরের লবণ' (Mohr's Salt) নামে পরিচিত। মোরের লবণ $FeSO_4$-এর চেয়ে অধিক সুস্থিত। বৈশ্লেষিক রসায়নে এর ব্যবহার আছে।

ফেরিক ক্লোরাইড : $FeCl_3$ :

আয়রন চূর্ণ এক শুষ্ক ক্লোরিনের প্রবাহে উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র $FeCl_3$ উৎপন্ন হয়।

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

$FeO_3$ কে লঘু বা ঘন HCl-এ দ্রবীভূত করে কেলাসিত করলে $FeCl_3, 6H_2O$-এর হলুদ বর্ণের কেলাস পাওয়া যায়।

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$

জলীয় দ্রবণে $FeCl_3$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$$Fe_2Cl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$$

ফেরিক অক্সাইড : $Fe_2O_3$ :

যে-কোনো ফেরিক লবণের দ্রবণের মধ্যে $NH_4OH$, কস্টিক ক্ষার বা ক্ষার ধাতুর কার্বনেট যোগ করলে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের বাদামি অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$FeCl_2 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$

অধঃক্ষেপ পৃথক করে উত্তপ্ত করলে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

সবুজ ভিট্রিঅলকে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে বাণিজ্যিক উপায়ে $Fe_2O_3$ তৈরি করা হয়, ইহা প্রসাধন শিল্প ও রং শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

$$FeSO_4, 7H_2O \xrightarrow{\Delta} FeSO_4 + 7H_2O \ ; \ 2FeSO_4 \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3 \uparrow$$

ফেরিক অ্যালাম : $(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$ :

ফেরাস সালফেটের জলীয় দ্রবণকে ঘন $HNO_3$ দ্বারা জারিত করে ফেরিক সালফেটে পরিণত করা হয়। এই দ্রবণে সম আণবিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম সালফেট যোগ করে কেলাসিত করলে ফেরিক অ্যালাম-এর কেলাস পাওয়া যায়।

**ফেরাইট** : $FeO_2^-$ :

সদ্য অধঃক্ষিপ্ত ফেরিক হাইড্রক্সাইড গাঢ় কস্টিক সোডা বা পটাশ-এ দ্রবীভূত করলে ফেরাইট লবণ পাওয়া যায়।

$$Fe(OH)_3 + NaOH = NaFeO_2 + 2H_2O$$

ফেরেট : $\mathbf{FeO_4^{2-}}$ :

আয়রন চূর্ণকে পটাশিয়াম নাইট্রেট সহযোগে উত্তপ্ত করলে পটাশিয়াম ফেরেট পাওয়া যায়।

$$Fe + 2KNO_3 = K_2FeO_4 + N_2 \uparrow + O_2 \uparrow$$

এবার আপনি জানবেন আয়রনের কয়েকটি জটিল যৌগ সম্বন্ধে।

পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড : $K_4[Fe(CN)_6], 3H_2O$ :

ফেরাস সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত KCN দ্রবণ যোগ করলে পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড পাওয়া যায়।

$$FeSO_4 + 2KCN = Fe(CN)_2 \downarrow + K_2SO_4$$

$$Fe(CN)_2 + 4KCN = K_4[Fe(CN)_6]$$

ধর্ম :

(1) হলুদ রঙের কেলাসাকার পদার্থ। জলে দ্রাব্য।

(2) উন্মুক্ত বায়ুতে সুস্থিত। স্বল্প তাপে কেলাস জল ত্যাগ করে সাদা জলাকর্ষী গুঁড়ায় পরিণত হয়। উচ্চ উত্তাপে বিয়োজিত হয়।

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 4KCN + FeC_2 + N_2$$

(3) ঘন $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড নির্গত হয়।

$$K_4[Fe(CN)_6] + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO \uparrow$$

(4) কোনো ফেরিক লবণের দ্রবণে পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড যোগ প্রুশিয়ান ব্লু **(Prussion blue)**-এর গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] = KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6] \downarrow + 3KCl$$

**পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড : $K_3[F(CN)_6]$ :**

পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণকে $KMnO_4$, $H_2O_2$, $Cl_2$ প্রভৃতি জারক দ্বারা অথবা তড়িৎ রাসায়নিক পদ্ধতিতে জারিত করলে পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড পাওয়া যায়।

$$2K_4[Fe(CN)_6] + Cl_2 = 2K_3[Fe(CN)_6 + 2KCl$$

গাঢ় লাল রঙের দ্রবণটি শীতল করলে গাঢ় লাল বর্ণের কেলাস পাওয়া যায়।

ফেরাস লবণের জলীয় দ্রবণে পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড যোগ করলে গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$FeSO_4 + K_3[Fe(CN)_6] = K\ Fe[Fe(CN)_6] + K_2SO_4$$

এই অধঃক্ষেপকে বলা হয় **টার্নবুল্‌স্ ব্লু** (Turnbull's blue)

বর্তমানে প্রমাণিত যে 'প্রুশিয়ান ব্লু' ও 'টার্নবুল্‌স্ ব্লু' অভিন্ন।

**সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড : $Na_2[Fe(CN)_5NO], 2H_2O$ :**

পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণকে 50% $HNO_3$ সহযোগে ফোটানো হয়। পরে শীতল করলে $KNO_3$ কেলাসিত হয়। $KNO_3$ পৃথক করার পর দ্রবণটি $Na_2CO_3$ দ্বারা প্রশমিত করা হয়। প্রশম দ্রবণ গাঢ় করে শীতল করলে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রাইড-এর চুনীর মতো লাল কেলাস পাওয়া যায়।

$$3H_4[Fe(CN)_6] + HNO_3 = 3H_3[Fe(CN)_6] + NO + 2H_2O$$

$$[Fe(CN)_6]^{3-} + NO = [Fe(CN)_5NO]^{2-} + CN^-$$

সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড জলে ও অ্যালকোহল দ্রাব্য। ক্ষারীয় দ্রবণে সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গাঢ় বেগুনি বর্ণ দেয়।

$$Na_2[Fe(CN)_5NO] + Na_2S = Na_4\ [Fe\ (CN)_5\ NOS]$$

এই বিক্রিয়াটি $S^{2-}$ আয়নের শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়।

**অনুশীলনী 4**

(1) সবুজ ভিট্রিয়ল, ফেরিক অ্যালাম ও সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সংকেত লিখুন।

(2) ফেরাস সালফেট দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় কেলাসগুলিকে জল দিয়ে ভালো করে ধুয়ে নিতে হয় কেন?

(3) আম্লিক দ্রবণে $Fe^{2+}$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় করুন।

## 1.B.5.4 কোবাল্ট

**উৎস :** প্রধান আকরিক স্মলটাইট (Smaltite) $CoAs_2$ এবং কোবালটাইট (Cobaltite) CoAs S

**নিষ্কাশন : স্মলটাইট থেকে :**

চূর্ণ আকরিক তৈলভাসন পদ্ধতিতে গাঢ় করে তাপ জারণ করা হয়। এর পর বালি এবং চুনাপাথর মিশিয়ে ছোটো মারুত চুল্লিতে বিগলিত করা হয়। এর ফলে তিনটি স্তর পাওয়া যায় উপরের স্তরে থাকে ধাতুমল ($FeSiO_3$ A $CaSiO_3$)। মাঝের স্তরে থাকে স্পিস (Speiss-Co, Ni, Cu, Fe-এর আর্সেনাইড)। নীচের স্তর বুলিয়ন (Cu ও Ag ঘটিত যৌগ)

স্পিস কে সরিয়ে শীতল করে কঠিন করা হয়। একে চূর্ণ করে অতিরিক্ত NaCl সহযোগে বায়ুপ্রবাহে পরাবর্ত চুল্লিতে উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে আর্সেনিক $As_2O_3$ হিসাবে উদ্বায়িত হয়। ধাতুগুলি ক্লোরাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত জলে ক্লোরাইডগুলি দ্রবীভূত করা হয়।

আয়রনের ছাঁট দিয়ে কপার অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। এরপর $Ca(OH)_2$ যোগ করে আয়রনকে $Fe(OH)_3$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

পরিস্রুতের মধ্যে NaOH দ্রবণ যোগ করে Co ও Ni হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করে অক্সাইড করা হয়।

মিশ্র অক্সাইড HCl-এ দ্রবীভূত করে। এই দ্রবণে ব্লিচিং পাউডার ও চুন যোগ করা হয়। নিকেল দ্রবীভূত থাকে কিন্তু $Ca(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2CoCl_2 + 2Ca(OH)_2 + Ca(OCl)Cl + H_2O = 2Co(OH)_3 + 3CaCl_2$$

প্রাপ্ত $Co(OH)_3$ কে উত্তপ্ত করে $Co_3O_4$ পাওয়া যায়।

$Co_3O_4$ থেকে কার্বন বিজারণ বা থার্মিট পদ্ধতিতে কোবাল্ট পাওয়া যায়।

$$Co_3O_4 + 4C = 3Co + 4CO\uparrow$$
$$3Co_3O_4 + 8Al = 9Co + 4Al_2O_3$$

ধর্ম :

(1) উজ্জ্বল, সাদা, শক্ত, নমনীয়, প্রসারণশীল ধাতু। ঘনত্ব 8.7; গলনাঙ্ক 1499°C।

(2) সাধারণ উষ্ণতায় বাতাস বা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া হয় না।

তবে, লোহিত তপ্ত কোবাল্ট জলীয় বাষ্প থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

$$3Co + 4H_2O = Co_3O_4 + 4H_2$$

(3) লঘু $HNO_3$ তে সহজে এবং লঘু HCl ও লঘু $H_2SO_4$-এ ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়। ঘন বা ধূমায়মান $HNO_3$-র মধ্যে ডোবালে কোবাল্ট নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়।

ব্যবহার :

(1) শক্ত এবং ঘর্ষণে ক্ষয় হয় না এমন ধাতু-সংকর তৈরির জন্য।

(2) কাচ ও পোর্সিলেনে নীল রং করার জন্য।

(3) $^{60}Co$ $\gamma$-রশ্মি বিকিরণ করে। এটি ক্যানসারের চিকিৎসায় ব্যবহার হয়।

জারণ স্তর :

প্রধান জারণ স্তর +2 এবং +3। $Co^{3+}$ / $Co^{2+}$ যুগলের $E^0$ = 1.82V। সুতরাং $Co^{3+}$ তীব্র জারক। সাধারণ যৌগে $Co^{2+}$ সুস্থিত, কিন্তু জটিল যৌগের ক্ষেত্রে $Co^{3+}$ অধিকতর সুস্থিত।

**কোবাল্টস ক্লোরাইড : $CoCl_2$ :**

কোবাল্টাস অক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু HCl-এ দ্রবীভূত করে জলীয় দ্রবণকে কেলাসিত করলে

কোবাল্টস ক্লোরাইডের মোদক কেলাসে পাওয়া যায়। $CoCl_2$, $6H_2O$-র বর্ণ গোলাপী।

কোবাল্টস ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের বর্ণ ক্লোরাইড আয়নের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। $Cl^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব বেশি হলে দ্রবণের বর্ণ নীল—জল দিয়ে লঘু করলে বর্ণ হয় গোলাপী।

$$Co(H_2O)^{2+}_6 \underset{H_2O}{\overset{Cl^-}{\rightleftharpoons}} CoCl^{2-}_4$$

গোলাপি নীল

**কোবাল্টস নাইট্রেট : $Co(NO_3)_2$, $6H_2O$ :**

কোবাল্টাস অক্সাইড কার্বনেটকে লঘু $HNO_3$ তে দ্রবীভূত করে দ্রবণটিকে ঘন করে কেলাসিত করলে কোবাল্টাস নাইট্রেটের হালকা-বেগুনি কেলাস পাওয়া যায়। এটি জলে দ্রাব্য। উত্তপ্ত করলে প্রথমে কেলাস জল ত্যাগ করে এবং পরে $Co_2O_3$ দেয়।

**কোবাল্টিক অক্সাইড : $Co_2O_3$ :**

কোনো কোবাল্টাস লবণের দ্রবণে কস্টিক ক্ষার এবং $H_2O_2$ বা NaOCl জারক যোগ করলে $Co_2O_3$-র কালচে রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

কোবাল্ট অসংখ্য জটিল যৌগ গঠন করে। এদের মধ্যে দুটি এখানে আলোচিত হল।

**হেক্সামিন কোবাল্টি (III) ক্লোরাইড : $Co(NH_3)_6]\ Cl_3$ :**

অতিরিক্ত $NH_4OH$ ও $NH_4Cl$-এর উপস্থিতিতে $CoCl_2$-র জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে দীর্ঘক্ষণ বায়ুপ্রবাহ চালনা করার পর HCl সহযোগে আম্লিক করে শীতল করলে হেক্সামিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড-এর কমলা-হলুদ কেলাস পাওয়া যায়।

**সোডিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট বা সোডিয়াম হেক্সানাইট্রাইটো কোবাল্টেট (III) : $Na_3[Co(NO_2)_6]$ :**

কোবাল্টাস ক্লোরাইড, সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অ্যাসেটিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে বায়ুপ্রবাহ চালনা করার পর শীতল করলে হলুদ চূর্ণ রূপে $Na_3[Co(NO_2)_6]$ পাওয়া যায়।

কোনো যৌগে $K^+$ আয়নের অস্তিত্ব প্রমাণ করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়। পটাশিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কোবাল্টি নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করলে হলুদ অধঃক্ষেপ পড়ে।

<u>অনুশীলনী 5</u>

(1) পরীক্ষাগারে কোবাল্ট নাইট্রেট-এর ব্যবহার লিখুন।

(2) সোহাগা গুটি পরীক্ষায় কোবাল্ট কী রং দেয়?

(3) আম্লিক দ্রবণে $Fe^{2+}$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় করুন।

### 1.B.5.5. নিকেল

উৎস : প্রধান আকরিক

(1) পেন্টল্যানডাইড (Pentlandite) (Ni, Fe, Cu) S

(2) গার্নিরাইট (Garnierite) (Ni, Mg) $SiO_3$, $H_2O$

**নিষ্কাশন : পেন্টল্যালডাইট বা সাড্‌বারী নিকেল আকরিক থেকে :**

পাঁচটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়।

(1) **গাঢ়ীকরণ**—তৈল ভাসন পদ্ধতিতে। গাঢ় আকরিকে নিকেল থাকে 25-28%।

(2) তাপজারণ—বায়ুর উপস্থিতিতে তাপ জারণের ফল আয়রন $Fe_2O_3$-তে পরিণত হয়। সালফার $SO_2$ রূপে দূর হয়। CuS, NiS অপরিবর্তিত থাকে।

(3) **বিগলন**—তাপ জারিত আকরিক বালি, কোক ও চুনাপাথরের সঙ্গে মিশিয়ে মারুত চুল্লিতে বায়ুপ্রবাহ দ্বারা বিগলিত করা হয়। এর ফলে অবশিষ্ট FeS পরিবর্তিত হয়ে FeO গঠন করে যা বালির সঙ্গে যুক্ত হয়ে $FeSiO_3$ (ধাতুমল) গঠন করে।

গলিত পদার্থ দুটি স্তরে বিন্যস্ত হয়। নীচে থাকে অপরিবর্তিত CuS এবং NiS; একে বলে ম্যাট (Matte)। উপরে থাকে ধাতুমল, যা তুলে ফেলা হয়।

(4) **বেসেমার কনভার্টার-এ ম্যাটের জারণ**—ক্ষারকীয় আস্তরণ যুক্ত বেসেমার কন্‌ভার্টারে গলিত ম্যাট সিলিকার সঙ্গে মিশিয়ে তপ্ত বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। এই পর্যায়ে অধিকাংশ সালফার $SO_2$-তে এবং অধিকাংশ আয়রন প্রথমে FeO ও পরে $FeSiO_3$-তে পরিণত হয়। ধাতুমল $FeSiO_3$ উপরে ভেসে ওঠে—নীচে থাকে ম্যাট (25% Ni. 25% Cu, 14-17% S এবং 0.5% Fe) ধাতুমল তুলে ফেলা হয়।

(5) **ম্যাট থেকে Ni আহরণ**—এর অনেকগুলি পদ্ধতি আছে। বহুল প্রচলিত মণ্ড পদ্ধতিটি এখানে আলোচিত হবে।

এই পদ্ধতির মূল নীতি $60^0C$ উষ্ণতায় নিকেল ও কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় উদ্বায়ী কার্বনিল গঠন এবং $180^0C$ উষ্ণতায় কার্বনিলের বিয়োজন।

$$Ni + 4CO \underset{180^0C}{\overset{60^0C}{\rightleftharpoons}} Ni\ (CO)_4$$

চারটি পর্যায়ে এটি সম্পন্ন হয়।

(a) **তাপজারণ**—বহু-তল বিশিষ্ট চুল্লিতে নিয়ন্ত্রিত উষ্ণতায় তাপজারিত করা হয়। ফলে NiS ও CuS যথাক্রমে NiO এবং CuO-তে পরিণত হয়। $SO_2$ নির্গত হয়। অক্সাইড মিশ্রণ ঠাণ্ডা করে উত্তপ্ত 10% $H_2SO_4$ মেশানো হয়। CuO দ্রবীভূত হয়ে $CuSO_4$ হিসাবে অপসারিত হয়। NiO অবশেষ হিসাবে থাকে। সামান্য সালফার থাকে কার্বনিল গঠনে সহায়তা করে।

(b) **বিজারণ**—অবশেষকে 300-350°C তাপমাত্রায় ওয়াটার গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে অক্সাইড গুলি বিজারিত হয়।

$$NiO + H_2 = Ni + H_2O$$
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

(c) **উদ্‌বায়ন**—অশুদ্ধ চূর্ণ নিকেল একটি Volataliser নামক পর পর সাজানো কয়েকটি তাক যুক্ত স্তম্ভের উপর দিয়ে প্রবেশ করানো হয়। স্তম্ভের নীচের দিক থেকে পাঠানো হয় কার্বন মনোক্সাইড। স্তম্ভের তাপমাত্রা থাকে প্রায় 60°C।

ধাতুগুলির মধ্যে একমাত্র নিকেল কার্বনিল গঠন করে। উদ্বায়ী $Ni(CO)_4$ বিয়োজক স্তম্ভে প্রবেশ করে।

(d) **বিয়োজন**—একটি গোলাকার স্তম্ভের মধ্যে বিশুদ্ধ নিকেলের দানা রাখা হয়—উষ্ণতা রাখা হয় (c) **উদ্বায়ন**—অশুদ্ধ চূর্ণ নিকেল একটি Volataliser নামক পর পর সাজান কয়েকটি তাক যুক্ত স্তম্ভের উপর দিয়ে প্রবেশ করানো হয়। স্তম্ভের নীচের দিক থেকে পাঠানো হয় কার্বন মনোক্সাইড। স্তম্ভের তাপমাত্রা থাকে প্রায় 180°C। স্তম্ভটি অত্যন্ত ধীর গতিতে ঘোরানো হয়। $Ni(CO)_4$ বিয়োজিত হয়। নিকেলের দানাগুলির উপর নিকেল জমা হয়। মুক্ত কার্বন মনোক্সাইডকে পুনরায় উদ্‌বায়ন স্তম্ভে পাঠিয়ে দেওয়া হয়।

**ধর্ম :**

(1) উজ্জ্বল, সাদা, কঠিন, নমনীয় ধাতু। ঘনত্ব 8.9 গলনাঙ্ক 1452°C।

(2) সাধারণ তাপমাত্রায় উন্মুক্ত বায়ুতে ক্ষয় হয় না। জলের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে না। চূর্ণ নিকেল লোহিত তপ্ত অবস্থায় জলীয় বাষ্পকে বিয়োজিত করে।

$$Ni + H_2O = NiO + H_2^-$$

উত্তপ্ত নিকেল তার অক্সিজেনে জ্বলতে থাকে। নিকেলে মরিচা পড়ে না সেজন্য ইলেক্ট্রোপ্লেটিং-এ ব্যবহৃত হয়।

(3) কস্টিক ক্ষারক দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(4) লঘু HCl ও $H_2SO_4$ এ ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়। লঘু $HNO_3$ এবং অ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রুত দ্রবীভূত হয়। ঘন $HNO_3$-র সংস্পর্শে আয়রনের মতোই নিষ্ক্রিয় হয়।

(5) সূক্ষ্ম বিচূর্ণ নিকেল বহু পরিমাণ হাইড্রোজেন অধিশোষণ করে এবং তেলের হাইড্রোজেন সংযোগে অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।

**ব্যবহার :**

(1) অ্যালয় ইস্পাত এবং অন্যান্য ধাতু সংকর প্রস্তুতিতে উল্লেখযোগ্য সংকরগুলি নীচে দেওয়া হল।

(a) **নাইক্রোম (Nichrome)** : Ni 60, Cr 40%। এর গলনাঙ্ক অতি উচ্চ। হিটার কয়েলে ব্যবহার হয়।

(b) **জার্মান সিলভার :** Cu 25-50, Zn 25-35, Ni 20-35%। বাসনপত্র, গহনা ও গৃহসজ্জার সামগ্রী প্রস্তুতে ব্যবহার হয়।

(c) **মোনেল ধাতু** (Monel metal) : (Ni 67, Cu 30, Fe ও Mn 3%)। ইস্পাতের মতো ঘাত সহ। উচ্চ তাপমাত্রাতেও অপরিবর্তিত থাকে।

(2) হাইড্রোজেন সংযোগ বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসাবে।

(3) তড়িৎলেপন পদ্ধতিতে লোহার উপর নিকেল লেপন করা হয়।

**জারণ স্তর ঃ** প্রধান জারণ স্তর +2। +3 এবং +4 জারণ স্তরে কিছু জটিল যৌগ থাকলেও এই দুই জারণস্তরে সরল যৌগ প্রায় নেই। কার্বনিল জটিল যৌগে নিকেলের জারণ স্তর শূন্য।

**NiO : নিকেলাস অক্সাইড :** সবুজ চূর্ণ।

Ni (II)-র জলীয় দ্রবণ NaOH যোগ করলে নিকেলাস হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। হাইড্রক্সাইড কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে নিকেলাস অক্সাইড পাওয়া যায়।

**$Ni_2O_3$ : নিকেলিক অক্সাইড :** কালো গুঁড়া।

নিকেল কার্বনেট বা নাইট্রেটকে সাবধানে 300°C-তে উত্তপ্ত করলে $Ni_2O_3$ পাওয়া যায়। এটি HCl-এ দ্রবীভূত হয়ে ক্লোরিন এবং অক্সিঅ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে অক্সিজেন নির্গত করে।

$$Ni_2O_3 + 6HCl = 2NiCl_2 + 3H_2O + Cl_2$$
$$2Ni_2O_3 + 4H_2SO_4 = 4NiSO_4 + 4H_2 + O_2$$

**$NiSO_4$, $7H_2O$ : নিকেল সালফেট :** সবুজ কেলাস

NiO, $NiCO_3$ বা $Ni(OH)_2$-কে লঘু $H_2SO_4$-এ দ্রবীভূত করে দ্রবণ ঘন করে কেলাসিত করলে $NiSO_4$, $7H_2O$-র সবুজ কেলাস পাওয়া যায়।

নিকেল বহু সংখ্যক জটিল যৌগ গঠন করে। কয়েকটি নীচে আলোচিত হল।

**নিকেল টেট্রাকার্বনিল : $Ni(CO)_4$ :** এখানে নিকেলের জারণ সংখ্যা শূন্য। বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 43.2°C। বিজারিত নিকেলের সুক্ষ্ম চূর্ণের উপর দিয়ে 30°C উষ্ণতায় ও উচ্চ চাপে কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করলে উৎপন্ন হয়।

**পটাশিয়াম টেট্রাসায়ানোনিকেলেট (II) : $K_2[Ni(CN)_4]$ :**

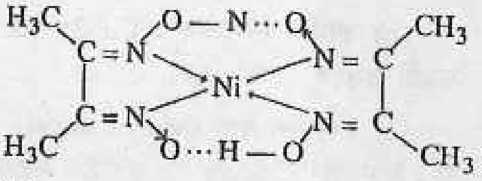
এখানে নিকেলের জারণ সংখ্যা 2। নিকেল লবণের দ্রবণে KCN যোগ করলে প্রথমে $Ni(CN)_2$-এর সবুজ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অতিরিক্ত KCN যোগ করলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়।

$$NiCl_2 + 4KCN = K_2[Ni(CN)_4] + 2KCl$$

দ্রবণ বাষ্পীভূত করলে $K_2[Ni(CN)_4]$, $H_2O$-এর উজ্জ্বল লাল কেলাস পাওয়া যায়।

**নিকেল ডাইমিথাইলগ্লায়ক্সিম :** নিকেল দ্রবণের মধ্যে ডাইমিথাইল গ্লায়ক্সিমের ইথানলীয় দ্রবণ যোগ করে অ্যামোনিয়া দিয়ে প্রশমিত করলে উজ্জ্বল লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

এই বিক্রিয়াটি নিকেল সনাক্তকরণে এবং পরিমাণ নির্ধারণে ব্যবহৃত হয়।




**অনুশীলনী 6**

(1) নিকেল ডাইমিথালগ্লায়ক্সিম যৌগের IUPAC নাম লিখুন।

(2) নিকেল ধাতুর অনুঘটক হিসাবে ব্যবহারের একটি উদাহরণ দিন।

## 1.B.5.6. কপার

**উৎস : প্রধান আকরিক**

(1) কপার পাইরাইট্স্ $Cu_2S$, $Fe_2S_3$

(2) কপার গ্ল্যান্স $Cu_2S$

(3) ম্যালাকাইট $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$

**নিষ্কাশন :** আপনি পূর্বে জেনেছেন।

**জারণ স্তর :** প্রধান জারণ স্তর +1 ও +2। জটিল যৌগে +2 পাওয়া যায় তবে সংখ্যা খুব কম।

$$\overset{2+}{Cu} \xrightarrow{+0{\cdot}15} \overset{+}{Cu} \xrightarrow{+0{\cdot}52} Cu \qquad (\overset{2+}{Cu} \xrightarrow{+0{\cdot}34} Cu)$$

উপরের ল্যাটিমার চিত্র থেকে বোঝা যায় জলীয় দ্রবণে $Cu^+$ এর স্বতঃ জারণ-বিজারণ ঘটে। কপারের ধর্ম সম্পর্কেও আপনি জেনেছেন। এখানে কয়েকটি যৌগ আলোচিত হবে।

■ **কিউপ্রাস ক্লোরাইড ঃ $CuCl$ ঃ সাদা গুঁড়ো**

কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে দিয়ে $SO_2$ চালনা করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণে $SO_2$ র তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়।

$$2\,CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2CuCl + H_2SO_4 + 2\,HCl$$

■ **কিউপ্রাস আয়োডাইড ঃ CuI**

কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে KI যোগ করলে CuI এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2\,CuSO_4 + 4\,KI = 2\,K_2SO_4 + 2\,CuI + I_2$$

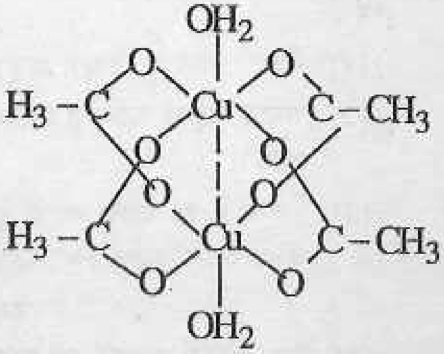
■ **কিউপ্রাস থায়োসায়ানেট ঃ CuSCN**

কপার সালফেট দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট যোগ করলে কিউপ্রাস থায়োসায়ানেট এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2\,CuSO_4 + SO_2 + 2\,NH_4SCN + 2H_2O = 2\,CuSCN \downarrow + (NH_4)_2SO_4 + 2\,H_2SO_4$$

■ কপার অ্যাসিটেট ঃ $Cu_2(CH_3COO)_4, 2H_2O$ ঃ

কপার অক্সাইডকে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে কেলাসিত করলে নীলাভ সবুজ কেলাস পাওয়া যায়। কপার বহু সংখ্যক জটিল যৌগ গঠন করে। এর মধ্যে উল্লেখযোগ্য কয়েকটি আলোচিত হল।



■ পটাশিয়াম টেট্রাসায়ানোকিউপ্রেট (I) : $K_3[Cu(CN)_4]$ ঃ

কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে KCN যোগ করলে কিউপ্রাস সায়ানাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়—সায়ানোজেন গ্যাস মুক্ত হয়। অতিরিক্ত KCNএ CuCn দ্রবীভূত হয়ে $K_3[Cu(CN)_4]$ উৎপন্ন করে।

$$2\,CuSO_4 + 4\,KCN = 2\,CuCN + (CN)_2 + 2\,K_2SO_4$$

$$CuCn + 3\,KCN = K_3[Cu(CN)_4]$$

■ টেট্রামিন কপার (II) সালফেট : $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ঃ

কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে $NH_4OH$ যোগ করলে প্রথমে $CuSO_4, Cu(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত $NH_4OH$ এ অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$2\,CuSO_4 + 2\,NH_4OH = CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,NH_4OH = 2\,[Cu(NH_3)_4]SO_4 + H_2O$$

■ **জীবদেহে কপারের গুরুত্ব ঃ** জীবদেহে কপার একটি প্রয়োজনীয় ধাতু। পূর্ণবয়স্ক মানুষের দেহে প্রায় 100 mg কপার থাকে। প্রতিদিন 4–5 mg কপার খাদ্যে থাকা দরকার। এর অভাবে লিভারে উপস্থিত আয়রন ব্যবহার করা যায় না।

অতিরিক্ত কপার কিন্তু ক্ষতিকর। দীর্ঘদিন ধরে কপার অতিরিক্ত পরিমাণে গ্রহণ করলে উইলসন ব্যাধি (Wilson's disease) দেখা দেয়। এর ফলে লিভার, কিড্‌নি ও মস্তিষ্ক ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

অনুশীলনী — 7

(1) $CuSO_4, 5H_2O$ কে উত্তপ্ত করলে কি ঘটে লিখুন। এরূপ বিক্রিয়ার কারণ আলোচনা করুন।

(2) কিউপ্রাস থায়োসায়ানেট কিভাবে পাওয়া যায়?

### 1.B.5.7. জিঙ্ক

উৎস : প্রধান আকরিক জিঙ্ক ব্লেন্ড ZnS।

নিষ্কাশন : আপনি আগেই জেনেছেন—এখানে আলোচিত হল না।

জারণ স্তর : জিঙ্ক d-ব্লক মৌল হলেও সন্ধিগত মৌল নয়। এর যোজ্যতা 2।

ধর্ম :

[1] নীলাভ সাদা ও উজ্জ্বল ধাতু। গলনাঙ্ক 419.6°C। তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

[2] অনার্দ্র বায়ুতে অবিকৃত থাকে, আর্দ্র বায়ুতে ধাতুটির উপর ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে।

[3] বিশুদ্ধ জিঙ্ক জলের সঙ্গে ক্রিয়া করে না। কিন্তু Zn/Cu যুগ্ম সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং ফুটন্ত অবস্থায় দ্রুত জলকে বিয়োজিত করে। লোহিত তপ্ত জিঙ্ক জলীয় বাষ্পকে বিয়োজিত করে।

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2$$

[4] লঘু $H_2SO_4$ ও HCl এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত হয়। ঘন $H_2SO_4$ এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় $SO_2$ উৎপন্ন হয়। $HNO_3$-র সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব ও উষ্ণতার ওপর নির্ভর করে।

| | |
|---|---|
| অতিলঘু ও শীতল | $4\,Zn + 10\,HNO_3 = 4\,Zn(NO_3)_2 + 3\,H_2O + NH_4NO_3$ |
| অতিলঘু ও উষ্ণ | $4\,Zn + 10\,HNO_3 = 4\,Zn\,(NO_3)_2 + 5\,H_2O + N_2O$ |
| নাতি গাঢ় | $3\,Zn + 8\,HNO_3 = 3\,Zn\,(NO_3)_2 + 4\,H_2O + 2NO$ |
| গাঢ় | $Zn + 4\,HNO_3 = Zn\,(NO_3)_2 + 2\,H_2O + 2\,NO_2$ |

[5] উত্তপ্ত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

$$Zn + 2\,NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$

[6] তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণিতে Zn এর স্থান উপরের দিকে। সেজন্য Zn লেড, কপার, সিলভার, গোল্ড প্রভৃতি ধাতুকে তাদের লবণের দ্রবণ থেকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$$

## ব্যবহার

উল্লেখযোগ্য ব্যবহারগুলি হল—

[1] বৈদ্যুতিক কোষের তড়িৎদ্বার রূপে।

[2] দস্তা লেপনে (Galvanisation) রূপে।

[3] সাদা রং প্রস্তুতিতে।

[4] ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে।

উল্লেখযোগ্য ধাতু সংকরগুলি হল—

[i] পিতল (Brass) Zn 30-33 ; Cu 67 – 70%

[ii] জার্মান সিলভার Cu 55 ; Zn 23 ; Ni 22%

■ প্রধান যৌগ :

● **জিঙ্ক অক্সাইড ঃ ZnO :** ধাতব জিঙ্ককে বায়ু প্রবাহে জারিত করে অথবা নাইট্রেট বা কার্বনেট লবণকে উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়।

$$2\,Zn + O_2 = 2\,ZnO$$

$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2$$

$$2\,Zn(NO_3)_2 = 2\,ZnO + 4\,NO_2 + O_2$$

এটি সাদা গুঁড়া। উত্তপ্ত করলে হলুদ হয়—শীতল করলে আবার সাদা হয়। ZnO উভয়ধর্মী অক্সাইড, অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েই দ্রাব্য।

$$ZnO + 2\,HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

$$ZnO + 2\,NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

● **জিঙ্ক সালফাইড ঃ ZnS :** প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। যে কোন জিঙ্ক লবণের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যুক্ত দ্রবণে $H_2S$ চালনা করলে সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$ZnCl_2 + H_2S = ZnS + 2HCl$$

● **জিঙ্ক সালফেট ঃ $ZnSO_4$ :** ধাতব জিঙ্ক বা ZnO বা $Zn(OH)_2$ বা $ZnCO_3$ কে লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করলে $ZnSO_4$ পাওয়া যায়। কেলাসিত করলে $ZnSO_4$, $7\,H_2O$ কেলাসিত হয়। একে বলা হয় **সাদা ভিট্রিয়ল** (White Vitriol)।

জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড যোগ করলে জিঙ্ক সালফাইড ও বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$ZnSO_4 + BaS = ZnS + BaSO_4$$

ZnS ও $BaSO_4$ এর সম-আণবিক মিশ্রণ লিথোপোন (Lithopone) নামে পরিচিত। সাদা রং হিসাবে এটি ব্যবহৃত হয়।

**জটিল যৌগ ঃ** জটিল যৌগের সংখ্যা কম। উল্লেখযোগ্য কয়েকটি যৌগ হ'ল।

$[Zn\,X_4]^{2-}$ (X = Cl, Br, I) $[Zn\,(NH_3)_4]^{2+}$

$[Zn\,(en)_2]^{2+}$ (en = ইথিলিন ডাইঅ্যামিন) $[Zn\,(CN)_4]^{2-}$

**মানবদেহে Zn এর প্রভাব ঃ** পূর্ণবয়স্ক মানুষের দেহে প্রায় দুই গ্রাম জিঙ্ক থাকে। d-ব্লক মৌলের মধ্যে আয়রন (4g) এর পরেই এর স্থান। বিভিন্ন উৎসেচকের মধ্যে Zn থাকে। জীবদেহে মুক্ত মূলক কমানোর জন্য Zn ব্যবহার হয়।

অতিমাত্রায় জিঙ্ক শরীরে গেলে পেটব্যথা, বমি, হজমের গণ্ডগোল, শ্বাসকষ্ট, মাথাব্যথা, এমনকি মৃত্যুও হতে পারে। একে বলে 'জিঙ্ক বাষ্প ব্যাধি' (Zink fume fever)। জিঙ্ক বিগলন কারখানার শ্রমিকদের মধ্যে এই রোগ দেখা যায়।

## 1B. 6 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি জেনেছেন d-ব্লক মৌল বলতে কী বোঝায়—কতগুলি এবং কোন মৌলগুলি এই ব্লকের অন্তর্গত। 'সন্ধিগত মৌল' শব্দটির অর্থও আপনি জেনেছেন। 12 শ্রেণির মৌলগুলি d-ব্লক মৌল কিন্তু সন্ধিগত মৌল নয়।

সন্ধিগত মৌলগুলির সাধারণ বৈশিষ্ট্য আলোচিত হয়েছে। সন্ধিগত মৌলগুলি যে বিভিন্ন জারণস্তরে যৌগ গঠন করে, এদের অনেক যৌগ রঙিন এবং এদের জটিল যৌগ গঠনের প্রবণতা যে খুব বেশি তাও জেনেছেন। এর কারণগুলিও যথাসম্ভব ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

কয়েকটি গুরুত্বপুর্ণ মৌল সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। Cr, Mn, Fe, CO, Ni, Cu এবং Zn এই ধাতুগুলির উৎস সম্পর্কে আলোচনা হয়েছে।

মানবজীবনে d-ব্লক মৌলগুলির যথেষ্ট প্রভাব আছে। খুব সংক্ষেপে এগুলি আলোচিত হয়েছে।

## 1B. 7 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

[1] (a) d-ব্লক মৌল বলতে কী বোঝেন?

(d) d-ব্লক মৌল ও সন্ধিগত মৌল কি একই? আপনার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দিন।

(c) প্রতিনিধি মূলক মৌলের অধিকাংশ যৌগ বর্ণহীন কিন্তু সন্ধিগত মৌলের অধিকাংশেরই বর্ণ থাকে। কারণ লিখুন।

(d) $Cu^{2+}$ এর যৌগগুলি রঙিন কিন্তু $Cr^{+}$ এর যৌগগুলি বর্ণহীন কেন?

(e) সন্ধিগত মৌলের অনেক যৌগ পরা চুম্বকীয় কেন?

[2] (a) ক্রোমাইট আকরিক থেকে ক্রোমিয়াম নিষ্কাশন বর্ণনা করুন। বিভিন্ন পর্যায়ে বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ লিখুন।

(b) জারক হিসাবে $K_2Cr_2O_7$ এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করুন।

(c) $Na_2Cr_2O_7$ কে প্রাইমারি স্টান্ডার্ড হিসাবে গণ্য করা হয় না কেন?

[3] (a) $K_2MnO_4$ এর দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড যোগ করলে বর্ণ পরিবর্তন হয় কেন? এটি কোন ধরনের বিক্রিয়া?

(b) পাইরোলুসাইট থেকে কীভাবে $KMnO_4$ তৈরি করবেন?

(c) $KMnO_4$ প্রাথমিক প্রামান্য বস্তু (Primary Standard) নয় কেন?

(d) ম্যাঙ্গানিজের সম্ভাব্য জারণস্তরগুলি এবং প্রত্যেক জারণ স্তরে একটি যৌগের নাম ও সংকেত লিখুন।

(e) ম্যাঙ্গানিজের অক্সাইডগুলির মধ্যে সবচেয়ে আম্লিক কোনটি?

[4] (a) আয়রনের সমস্ত জারণ স্তর এবং প্রত্যেক জারণ স্তরে একটি করে যৌগের নাম ও সংকেত লিখুন।

(b) ফেরাস সালফেট কেলাসের উপর বাদামি আস্তরণ পড়ে কেন?

(c) ফেরিক ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করে রেখে দিলে দ্রবণ ঘোলা হয়ে যায় কেন? এই দ্রবণকে স্বচ্ছ করতে হলে কী করতে হবে?

(d) মোরের লবণ কী? জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় এর তুল্যাঙ্ক ভার কত?

(e) সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড কীভাবে প্রস্তুত হয়। এর একটি ব্যবহার লিখুন।

(f) ফেরিক অ্যালাম কাকে বলে? কীভাবে তৈরি করা হয়? এর একটি ব্যবহার লিখুন।

(g) পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড এবং পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড এর IUPAC নাম লিখুন।

[5] (a) কোবাল্ট এর জারণ স্তরগুলি এবং প্রত্যেক জারণ স্তরে একটি যৌগের নাম ও সংকেত লিখুন।

(b) সাধারণ যৌগে কোবাল্ট এর সবচেয়ে সুস্থিত জারণ স্তর কোন্‌টি? জটিল যৌগের ক্ষেত্রে কোনটি?

(c) কোবাল্ট ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের বর্ণ কী? এই দ্রবণে ঘন HCl যোগ করলে কী হয়—এক্ষেত্রে কী ধরনের পরিবর্তন ঘটে?

(d) সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট কীভাবে তৈরি করা হয়? এর একটি ব্যবহার লিখুন।

[6] (a) মণ্ড পদ্ধতিতে Ni নিষ্কাশনের সময় আকরিকের প্রায় সমস্ত আয়রন দূর করা হয় কেন?

(b) শূন্য জারণ স্তরে Fe, Co ও Ni এর একটি করে যৌগের নাম ও সংকেত লিখুন।

(c) জলীয় দ্রবণে Ni কীভাবে শনাক্ত করা হয়?

[7] (a) কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে KI যোগ করলে কী ঘটে বিক্রিয়া সহ লিখুন।

(b) কপারের সঙ্গে লঘু $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় না কেন?

(c) টীকা লিখুন : মোনেল মেটাল, লিথোপোন।

(d) $Cu^+$ এর যৌগগুলি সাদা, $Cu^{2+}$ এর যৌগগুলি সাধারণত রঙিন—কারণ লিখুন।

[8] একটি কমলা বর্ণের যৌগ A কে উত্তপ্ত করলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সহ বিয়োজনের ফলে একটি সবুজ বর্ণের যৌগ B, একটি বর্ণহীন গ্যাস C ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। B কে সোডিয়াম পারক্সাইড সহ উত্তপ্ত হলে হলুদ অবশেষ D পাওয়া যায়। C র জলীয় দ্রবণে অ্যাসেটিক অ্যাসিড যোগ করলে কমলা বর্ণের E উৎপন্ন হয়। E এর অ্যাসেটিক অ্যাসিড যুক্ত দ্রবণে লেড অ্যাসিটেট যুক্ত করলে F এর হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। C গ্যাসটি উত্তপ্ত ম্যাগনেশিয়ামে শোষিত হয়ে G দেয়। G জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। A থেকে G শনাক্ত করুন। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[9] একটি কালো বর্ণের গুঁড়া A ঘন HCl সহ উত্তপ্ত করলে সবুজ বর্ণের গ্যাস B নির্গত হয়। A কে NaOH ও $NaNO_3$ সহ উত্তপ্ত করলে C র সবুজ গলিত অবশেষ পাওয়া যায়। C র জলীয় দ্রবণে ধীরে ধীরে লঘু $HNO_3$ যোগ করলে D এর লাল বেগুনি দ্রবণ উৎপন্ন হয় এবং সোদক A অধঃক্ষিপ্ত হয়। B গ্যাসটি স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল করে। A থেকে D শনাক্ত করুন। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[10] একটি বর্ণহীন কেলাস A কে $K_2Cr_2O_7$ ও ঘন $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করলে গাঢ় লাল বর্ণের গ্যাস B নির্গত হয়। B কে লঘু NaOH দ্রবণে চালনা করলে C এর হলুদ দ্রবণ পাওয়া যায়। C এর দ্রবণ অ্যাসেটিক অ্যাসিড সহযোগে আম্লিক করে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ করলে D এর হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। A বস্তুটি শিখা পরীক্ষায় স্বর্ণালী হলুদ শিখা দেয়। A থেকে D সনাক্ত করুন। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলি লিখুন।

[11] হ্যাঁ বা না উত্তর দিন ঃ

(a) সন্ধিগত মৌলের যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)d^{1-9}\ ns^2$–এর ব্যতিক্রম আছে কী?

(b) কপারের ইলেকট্রন-বিন্যাস [ Ar ] $3d^9 4s^2$।

(c) সমস্ত জটিল যৌগই পরাচুম্বকীয়।

(d) অধিকাংশ সন্ধিগত মৌল অনুঘটক রূপে কাজ করে।

(e) কপার ও জিঙ্ক উভয়েই লঘু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

[12] শূন্যস্থান পূর্ণ করুন ঃ

(a) সন্ধিগত মৌলগুলির আয়নে ________ বেশি এবং ব্যাসার্ধ কম হওয়ার জন্য ________ যৌগ গঠনের প্রবণতা দেখা যায়।

(b) অনেক জটিল যৌগগুলির ______ কক্ষকে ______ ইলেকট্রন থাকার জন্য এরা পরাচুম্বকীয় হয়।

(c) $Cu^{2+}$ এর যৌগগুলির _______ কিন্তু $Cu^+$ এর যৌগগুলি _______।

(d) $K_2Cr_2O_7$ একটি ______ প্রামাণ্য বস্তু কিন্তু $KMnO_4$ _______।

(e) Mn এর অক্সাইড গুলির মধ্যে সবচেয়ে আম্লিক _______ এবং সবচেয়ে ক্ষারীয় _______।

## 4A.9.11. উত্তরমালা

**অনুশীলনী—1**

[1] পাঠ্যাংশ দেখে লিখুন।

[2] $MnO_2$ : অক্সিজেন প্রস্তুতিতে।

Fe : হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনে

Ni : বনস্পতি উৎপাদনে

**অনুশীলনী—2**

A $(NH_4)_2Cr_2O_7$ — $(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$

B $Cr_2O_3$ — $Cr_2O_3 + 8\ NaOH + 6\ NaNO_3 = 4\ Na_2CrO_4 + 6\ NaNO_2 + 4H_2O$

C $N_2$

D $Na_2CrO_4$ — $2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$

E $Mg_3N_2$ — $3\ Mg + N_2 = Mg_3N_2$

F $NH_3$ — $Mg_3N_2 + 6\ H_2O = 3\ Mg\ (OH)_2 + 2\ NH_3$

**অনুশীলনী—3**

[1]

| জারণ স্তর | 0 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| যৌগ | $Mn_2(CO)_{10}$ | $MnSO_4$ | $Mn_2O_3$ | $MnO_2$ | $K_2MnO_4$ | $KMnO_4$ |

[2] জারণ: $+6 \longrightarrow +7$; বিজারণ: $+6 \longrightarrow +4$

$$+6,\ 3\,K_2MnO_4 + 3\,H_2SO_4 = 2\,HMnO_4 + MnO_2 + 2\,K_2SO_4 + 2H_2O$$

(HMnO₄-এ +7, MnO₂-এ +4)

[3] জারকের আংশিক বিক্রিয়া $MnO_4^- + 8H^+ + 5e = \overset{2+}{Mn} + 4H_2O$

সুতরাং, তুল্যাঙ্কভার = সংকেত ওজন/5

**অনুশীলনী—4**

[1] পাঠ্যাংশে আছে।

[2] ফেরাস সালফেট বাতাসে জারিত হয়। ফলে উপরে ফেরিক লবণের আস্তরণ পড়ে। এটি দূর করার জন্য পাঠ্যাংশে আলোচনা আছে।

**অনুশীলনী—5**

[1] কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা।

[2] ঘন নীল।

**অনুশীলনী—6**

[1] বিস্‌ডাইমিথাইল গ্লায়ক্সিমেটোনিকেল (II)

[2] হাইড্রোজেন সংযোগ বিক্রিয়া।

**অনুশীলনী—7**

[1] উন্মুক্ত বাতাসে বা অল্প উষ্ণতায় দুটি জলের অণু ত্যাগ করে হালকা নীল বর্ণের $CuSO_4$, $3H_2O$ দেয়। 110°C তাপমাত্রায় আরও দুটি জলের অণু মুক্ত হয় (এরা H-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত) এবং নীলাভ সাদা $CuSO_4$, $H_2O$ পাওয়া যায়। 260°C তাপমাত্রায় বর্ণহীন চূর্ণ হিসাবে অনার্দ্র $CuSO_4$ পাওয়া যায়। 650°C এর চেয়ে বেশি উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়ে কালো CuO গঠন করে।

$$2\,CuSO_4 = 2\,CuO + 2\,SO_2 + O_2$$

[2] পাঠ্যাংশে দেখুন।

## 4A.9.11 প্রান্তিক উত্তরমালা

[1] (a) ও (b) পাঠ্যাংশে দেখুন।

(c) s ও p-ব্লক মৌলগুলির ক্ষেত্রে নিম্নশক্তি স্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে ইলেকট্রন উন্নীত করার জন্য প্রচুর উদ্দীপন শক্তি প্রয়োজন। শোষিত আলোক অতি বেগুনি অঞ্চলের। সেজন্য যৌগগুলি বর্ণহীন। d-ব্লক মৌলগুলির ক্ষেত্রে ইলেকট্রনগুলি এক d কক্ষক থেকে অন্য d কক্ষকে যায়। এই দুই শক্তিস্তরের শক্তি-পার্থক্য খুব কম। সুতরাং d - d সংক্রমণের জন্য শোষিত আলোক রশ্মি দৃশ্য অঞ্চলের হয়। এই কারণে d-ব্লক মৌলগুলির অধিকাংশ যৌগ রঙিন।

(d) সংকেত ঃ $Cu^{2+}$ $d^9$ $Cu^+$ $d^{10}$

(e) অযুগ্ম ইলেকট্রনের জন্য ঃ $Fe^{3+}$ $d^5$

| √ | √ | √ | √ | √ |
|---|---|---|---|---|

[2] (a) পাঠ্যাংশ দেখুন।

(b) আংশিক সমীকরণ ঃ $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightleftharpoons 2\overset{3+}{Cr} + 7H_2O$

সুতরাং তুল্যাঙ্কভাবে = সংকেত ওজন/6

(c) $Na_2Cr_2O_7$ জলাকর্ষী।

[3] (a) ও (b) পাঠ্যাংশে দেখুন।

(c) কারণ ঃ (ক) সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না।

(খ) জলীয় দ্রবণে সুস্থিত নয়।

(d) অনুশীলনী 3 দেখুন।

(e) $Mn_2O_7$

[4] (a)

| জারণস্তর | 0 | +2 | +3 | +6 |
|---|---|---|---|---|
| যৌগ সংকেত | $F3(CO)_5$ | $FeSO_4$ | $FeCl_3$ | $Na_2FeO_4$ |
| নাম | আয়রন পেন্টাকার্বনিল | ফেরাস সালফেট | ফেরিক ক্লোরইড | সোডিয়াম ফেরেট |

(b) পাঠ্যক্রম দেখুন।

(c) আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে $FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$ দ্রবণে সামান্য লঘু HCl যোগ করলে দ্রবণ স্বচ্ছ হয়।

(d) $(NH_4)_2SO_4$, $FeSO_4$, $6H_2O$

আংশিক বিক্রিয়া $Fe^{2+} - 3 \rightarrow Fe^{3+}$

সুতরাং তুল্যাঙ্কভার = সংকেত ওজন।

(e) পাঠ্যাংশ দেখুন।

(f) রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক (Mordant) হিসাবে ব্যবহার হয়।

(g) $K_4[Fe(CN)_6]$ পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানোফেরেট (II)

$K_3[Fe(CN)_6]$ পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানোফেরেট (II)

[5] (a) জারণ স্তর + 2 $CoCl_2$ কোবাল্টাস ক্লোরাইড

জারণ স্তর + 3 $CoCl_3$ কোবাল্টাস ক্লোরাইড

(b) সাধারণ যৌগে +2 ; জটিল যৌগে +3।

(c) জলীয় দ্রবণ হালকা গোলাপি। HCl যোগে ঘন নীল।

$[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4HCl = [CoCl_4]^{-2} + 4H^+$

(d) পাঠ্যাংশ দেখুন।

[6] (a) আয়রন ও উদ্বায়ী $Fe(CO)_5$ উৎপন্ন করে।

(b) $Fe(CO)_5$ আয়রন পেন্টাকার্বনিল।

$Co_2(CO)_8$ ডাইকোবাল্ট অক্টাকার্বনিল।

$Ni(CO)_4$ নিকেল টেট্রাকার্বনিল।

(c) পাঠ্যাংশ দেখুন।

[7] (a) $2\ CuSO_4 + 4\ KI = 2\ CuI\downarrow + 2K_2SO_4 + I_2$

সাদা

$$KI + I_2 = KI_3$$

বাদামি

(b) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণিতে Cu এর স্থান হাইড্রোজেনের নীচে।

(c) পাঠ্যাংশ দেখুন।

(d) $Cu^{+}$ যৌগগুলি $d^{10}$ সুতরাং d–d সংক্রমণ হয় না।

$Cu^{2+}$ যৌগগুলি $d^9$ সুতরাং d–d সংক্রমণ সম্ভব।

এই সংকেত অবলম্বনে লিখুন।

[8] (A) $(NH_4)_2Cr_2O_7$ অনুশীলনী (2) এর উত্তর দেখুন

(B) $Cr_2O_3$ $K_2CrO_4 + Pb(CH_3COO)_2$

(C) $N_2$ $= PbCrO_4 + 2\ CH_3COOK$

(D) $Na_2CrO_4$

(E) $Na_2Cr_2O_7$

(F) $PbCrO_4$

(G) $Mg_3N_2$

[9] A $MnO_2$ $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

B $Cl_2$ $2\ MnO_2 + 4\ NaOH + 2\ NaNO_3$

$= 2\ Na_2MnO_4 + 2\ NaNO_2 + 2H_2O$

C $Na_2MnO_4$

D $HMnO_4$ $3\ Na_2MnO_4 + 3H_2SO_4 = 2\ HMnO_4 + MnO_2 + 3\ Na_2SO_4 + 2H_2O$

[10] A NaCl $4\ NaCl + K_2Cr_2O_7 + 6\ H_2SO_4$

$= 2CrO_2Cl_2 + 2\ KHSO_4 + 4\ NaHSO_4 + 3H_2O$

B $CrO_2Cl_2$ ক্রোমিল ক্লোরাইড

C $Na_2CrO_4$ $CrO_2Cl_2 + 4\ NaOH = Na_2CrO_4 + 2\ NaCl + 2H_2O$

D $PbCrO_4$ $Na_2CrO_4 + Pb(CH_3COO)_2 = PbCrO_4 + 2\ CH_3COONa$

[11] (a) হ্যাঁ (b) না (c) না (d) হ্যাঁ (e) না।

[12] (a) আধান, জটিল

(b) d, অযুগ্ম

(c) রঙিন, বর্ণহীন

(d) প্রাথমিক, নহে

(e) $Mn_2O_7$, MnO

# একক 2A □ 13 শ্রেণির মৌলসমূহ

গঠন


2.1.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.1.2 অবস্থিতি নিষ্কাশন ও ব্যবহার

2.1.3 মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

2.1.3.1 ভৌত ধর্মাবলি

2.1.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলি

2.1.4 যৌগসমূহ

হাইড্রাইড, হ্যালাইডসমূহ, অক্সাইড ও অক্সি অ্যাসিডসমূহ, জটিল যৌগসমূহ, জৈব ধাতব যৌগসমূহ

2.1.5 বোরন রসায়নের বৈশিষ্ট্যসমূহ যৌগসমূহ

2.1.6 অ্যালুমিনিয়ামের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ

2.1.7 সারাংশ

2.1.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

2.1.9 উত্তরমালা


## 2.1.1 প্রস্তাবনা

বর্তমান এককে আপনারা 13 শ্রেণীর মৌলসমূহ (অর্থাৎ বোরন (B), অ্যালুমিনিয়াম (Al), গ্যালিয়াম (Ga), ইন্ডিয়াম (In), থ্যালিয়াম (Tl)-র সম্বন্ধে আলোচনা করবেন। মৌল সমূহের মধ্যে বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম প্রকৃতিতে যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া যায়। কিন্তু অন্য মৌল তিনটি (Ga, In, Il) প্রকৃতিতে অতি সামান্য। বর্তমান পরিচ্ছেদে শুধু বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম নিয়ে আলোচনা হবে। বোরন অ্যালুমিনিয়াম পর্যায় সারণী 13 শ্রেণীর আদর্শ মৌল। তা সত্ত্বেও, বোরনের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম ও উহার সগোত্র মৌল গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম ও থ্যালিয়ামের ধর্মের সাদৃশ্য খুবই কম। বোরনের ধর্মাবলী পরবর্তী 14 শ্রেণীর মৌল সিলিকনের ধর্মের সঙ্গে অধিকতর সদৃশ্য (কর্ণ সম্পর্কের জন্য) আছে। বোরন একটি অধাতু, অন্য সমশ্রেণীকগুলি ধাতব। বোরনের মূল প্রকৃতি অধাতুর ন্যায়; কিন্তু ইহার মধ্যে ধাতব মৌলের কিছু ধর্মও বর্তমান। অ্যালুমিনিয়াম ধাতব প্রকৃতির।

বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম এই দুটি মৌলেরই সর্ববহিঃস্থ স্তরে মোট তিনটি ইলেকট্রন আছে ($s^2p^2$), $s^2p^1$ ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য এই তিনটি ইলেকট্রনের প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় আয়নন বিভব থাকে। বোরন মৌলের ক্ষেত্র এই তিনটি আয়নন বিভবের সমষ্টি এত বেশি যে $B^{3+}$ ত্রিযোজী ক্যাটায়ন হবার সম্ভাবনা খুবই কম।

উদ্দেশ্য ঃ

বর্তমান এককটি পড়ে আপনারা নিম্নলিখিত বিষয়ে জানতে পারবেন

- 13 শ্রেণীর মৌলসমূহের অবস্থিতি, নিষ্কাশন ও ব্যবহার।
- 13 শ্রেণীর মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ।
- ভৌত ধর্মাবলি ও রাসায়নিক ধর্মাবলি।
- ন্যূন-ইলেকট্রন যৌগসমূহের আচরণ
- মৌলগুলির হাইড্রাইড, হ্যালাইড, অক্সাইড ও অক্সো অ্যাসিড সমূহের ধর্ম ও গঠন
- বোরনের রসায়ন বৈচিত্র
- জটিল যৌগ ও জৈব ধাতব যৌগের গঠন ইত্যাদিও জানতে পারবেন।

## 2.1.2 অবস্থিতি, নিষ্কাশন ও ব্যবহার

এই শ্রেণীর মৌলগুলি যথেষ্ট সক্রিয়। তাই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না।

ভূ-পৃষ্ঠের অধিকাংশ স্থানের মৃত্তিকাতে এবং সমুদ্রজলে অত্যল্প পরিমাণে বোরন পাওয়া যায়।

কালিফোর্নিয়ার ক্রেমার (Kramer) অঞ্চলে বোরেটরূপে যে খনিজ পাওয়া যায় তাহহি পৃথিবীর বোরনের বেশীর ভাগ চাহিদা মেটায়।

বোরনের খনিজের মধ্যে (ক) বোরাক্স বা সোহাগা $Na_2B_4O_7$ (খ) কারনাইট $Na_2B_4O_7$. $4H_2O$ (গ) কোলম্যানাইট $Ca_2B_6O_{11}$. $5H_2O$ (ঘ) ইউলেক্সাইট $Na_2Ca_2(B_4O_7)_2$ $18H_2O$ (ঙ) বোরোসাইট $MgCl_2$. $2Mg_3B_8O_{15}$ উল্লেখযোগ্য।

ভারতবর্ষ ও শ্রীলঙ্কায় প্রাকৃতিক সোহাগা পাওয়া যায়। ইউলেক্সাইট চিলিতে পাওয়া যায়। ধাতুসমূহের মধ্যে প্রকৃতিতে অ্যালুমিনিয়ামের প্রাচুর্য তৃতীয় সর্বাধিক (8.13%)।

খনিজগুলি হল ঃ

(ক) ফেল্‌স্পার ($K_2O$. $Al_2O_3$. $6SiO_2$)

চীনামাটি $Al_2O_3$ ; $2SiO_2$ ; $2H_2O$

(খ) বক্সাইট $Al_2O_3$ ; $2H_2O$

এবং ডিবসাইট $Al_2O_3$ ; $3H_2O$

(গ) ক্রায়োলাইট $Na_3AlF_6$

ভারতবর্ষের বিহার, উড়িষ্যা, অন্ধ্রপ্রদেশ, রাজস্থান, গুজরাট, মধ্যপ্রদেশে প্রচুর পরিমাণে বক্সাইট আকরিক বর্তমান।

বোরন প্রস্তুতি ঃ

অনিয়তাকার ও কেলাসাকার — এই দুইটি বিভিন্ন রূপভেদে বোরন পাওয়া যায়।

অনিয়তাকার (amorphous) বোরন প্রস্তুতি ঃ বোরন ট্রাই-অক্সাইড বা পটাশিয়াম ফ্লুয়োবোরেট যৌগকে ধাতব সোয়াম বা ম্যাগনেশিয়াম দ্বারা বিজারিত করলে বাদামী বর্ণের চুর্ণের আকারে অনিয়তাকার বোরন পাওয়া যায়। প্রাপ্তমৌল 95-98% শুদ্ধ। উৎপন্ন পদার্থ প্রথমে লঘু HCl এবং পরে HF অ্যাসিড দ্বারা ফুটিয়ে পরিশোধিত করা হয়। সবশেষে K or Na দ্বারা বিক্রিয়া করিয়ে শুদ্ধ বোরন পাওয়া যায়।

$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO$$

$$KBF_4 + 3K = B + 4KF$$

$$B_2O_3 + 6Na = 2B + 3Na_2O$$

$B_2O_3$ পাওয়া যায় ঃ

$$Na_2B_4O_7, 10H_2O \xrightarrow{\text{লঘু } HCl/H_2SO_4} \underset{\text{অর্থো বোরিক অ্যাসিড}}{H_3BO_3} \xrightarrow[\text{অবস্থায়}]{\text{লাল তপ্ত}} B_2O_3.$$

কেলাসাকার (Crystalline) বোরন প্রস্তুতি

$BCl_3$ বা $BBr_3$ বাষ্পকে প্রায় 1200°C তাপমাত্রায় টাংস্টেন বা ট্যান্টালাম তার কুণ্ডলীর সংস্পর্শে তাপ বিয়োজিত করলে কালো কঠিন কেলাসাকার বোরন প্রস্তুত হয়। ইহা হলে ভ্যান আরকেল ও দ্যাবয়ের পদ্ধতি।

$$\text{(i) } 2\,BCl_3 \xrightarrow[\text{(1200oC) W / Ta (1473K)}]{\text{লোহিত তপ্ত}} \underset{\text{কালো, কঠিন, নিয়তাকার}}{2B + 3Cl_2}$$

$$\text{(ii) } 2BCl_3 + 3H_2 \xrightarrow[W/Ta]{(1473K)} 2B + 6HCl \text{ (হ্যাক্স্পিল পদ্ধতি)}$$

অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন ঃ

অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক হল বক্সাইট $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$. এর থেকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করে এবং সেই অ্যালুমিনিয়াম থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

(1) বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনা প্রস্তুতির পদ্ধতিসমূহ

তাপ জারিত বক্সাইটকে 80 পাউন্ড চাপ এবং 150°C উষ্ণতায় গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে 2 থেকে 8 ঘণ্টা ফোটানো হয়। এই প্রক্রিয়ায় অ্যালুমিনা দ্রবীভূত হয়ে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে। আয়রন অক্সাইড অদ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই ক্ষারীয় দ্রবণকে ফিল্টার করা হয় ঠান্ডা পরিস্রুতের সঙ্গে সদ্য : অধঃক্ষিপ্ত সোদক অ্যালুমিনা মিশিয়ে 20-25°C উষ্ণতায় আলোড়িত করা হয়। এর ফলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ফিল্টার করে পৃথক করে 1000 – 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

$$2\,NaAlO_2 + 4H_2O = 2Al(OH)_3 + 2NaOH$$

$$2Al(OH)_3 \;\square\; 1\,Al_2O_3 + 3H_2O$$

(খ) হলের পদ্ধতি ঃ উত্তম রূপে চূর্ণ বক্সাইটের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট ($Na_2CO_3$) মিশিয়ে ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করে 80°C তাপমাত্রায় জলদ্বারা অপক্ষালন (Extraet) করা হয়। ইহাতে $NaAlO_2$ জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়; পরে পরিস্রুত সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণে $CO_2$ গ্যাস চালিত করলে $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এবং অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ কে ছেঁকে নিয়ে 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে $Al_2O_3$ পাওয়া যাবে—

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2\uparrow$$

$$2NaAlO_2 + 3H_2O + CO_2 = 2Al(OH)_3\downarrow + Na_2CO_3$$

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3 + 3H_2O$$

সারপেক পদ্ধতি : এই পদ্ধতি বর্তমানে অচল। চূর্ণীকৃত আকরিক কোক চূর্ণের সহিত মিশিয়ে 1800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়।

AlN-কে কস্টিক সোডা দ্রবণসহ ফুটালে $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং শুষ্ক অধঃক্ষেপকে তাপ প্রয়োগে (1100°C) $Al_2O_3$ উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 2CO$$

$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$$

**(2) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ :**

(ক) 20 ভাগ বিশুদ্ধ $Al_2O_3$, 60 ভাগ ক্রায়োলাইট ও 20 ভাগ ফ্লুয়োস্পারের ($CaF_2$) মিশ্রণকে 950°C তড়িৎ বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়ামকে নিষ্কাশিত করা হয়।

তড়িদ্বারের বিক্রিয়া ঃ

$$AlF_3, 3NaF = Al^{3+} + 3Na^+ + 6F^-$$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Al^{3+}\ 3e \rightarrow Al$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $6F^- - e \rightarrow 3F_2$

$$Al_2O_3 + 3F_2 = 2AlF_3 + 3[O]$$

$$3[O] + 3[O] = 3O_2$$

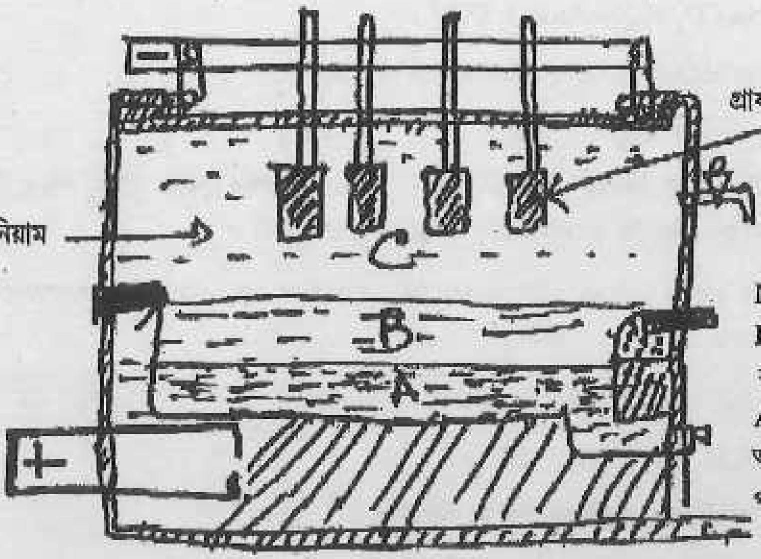
ধাতুর সংগ্রহ ঃ তড়িৎ কোষের মেঝেতে গলিত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম জমা হয় এবং নির্গম পথ দিয়ে তরল অবস্থায় বাহিরে জমা হয়।

**(3) অ্যালুমিনিয়ামের পরিশোধন (Refining) :**

এই অবিশুদ্ধ ধাতুকে হুপের পদ্ধতিতে (Hoop's prooose) পরিশোধিত করে অতি উচ্চ-মানের অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করতে হয়।

একটি চতুষ্কোণ লোহার পাত্রে এই প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। এই পাত্রের ভিতরের গাত্রে পুরু কার্বনের আস্তরণ আছে। এই পাত্রে তিনটি গলিত পাত্রের স্তর পাওয়া যায়।

তলদেশের প্রথমস্তরে (A) থাকে গলিত অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম, মধ্যবর্তী স্তরে (B) থাকে ক্রায়োলাইট, অ্যালুমিনিয়াম।




অক্সাইড ও বেরিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণের একটি গলিত স্তর (ক্রায়োলাইট + $Al_2O_3$ + $BaF_2$) সর্বোপরি স্তরে (C) থাকে। গলিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম এই স্তরে নিমজ্জিত থাকে কতগুলি মোটা কার্বন দন্ত। ইহা ক্যাথোডের কাজ করে।

তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে সর্বনিম্নস্তরে অ্যালুমিনিয়া আয়ন বিমুক্ত হয় এবং সন্নিহিত B স্তরে দ্রবীভূত হয়ে সমপরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম বিমুক্ত করে এবং উপরের স্তরে গিয়ে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

## 2.1.2 ব্যবহার

বোরন :

(1) নিয়তাকার বোরন ট্রানজিসটারে ব্যবহৃত হয়।

(2) ফেরো-বোরন সংকর (Ferro-boron) বিশেষ ধরনের ইস্পাত প্রস্তুতিতে কাজে লাগে।

(3) বোরন নিউট্রন শোষক—তাই পারমাণবিক চুল্লীতে আবরক ও নিয়ন্ত্রক দণ্ডরূপে ব্যবহৃত হয়।

(4) বোরনের বহুবিধ যৌগ (বোরিক অ্যাসিড বোরাক্স) এনামেল শিল্পে, খাদ্য দ্রব্যকে অনেকদিন অবিকৃত রাখতে, চর্মশিল্পে এবং বহু প্রয়োজনীয় কার্যে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম ঃ

(1) Al ও তার ধাতু সংকর উড়োজাহাজ, মোটর গাড়ি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(2) ইলেকট্রিকের তার প্রস্তুতিতে, থার্মিট পদ্ধতিতে Cr ও Mn ধাতুর নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

$$Fe_2O_3 + 2Al \xrightarrow{3000^\circ C} Al_2O_3 + 2Fe$$

(3) Al চূর্ণ রঙ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

## 2.1.3 মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

### 2.1.3.1 ভৌত ধর্ম :

| ধর্ম | বোরন | অ্যালুমিনিয়াম |
|---|---|---|
| পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক | 5 | 13 |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | $1s^2 2s^2 2p^1$ | [Ne] $3s^2 3p^1$ |
| যোজ্যতা | 3 | 3 |
| গলনাঙ্ক | $2300^\circ C$ | $659.8^\circ C$ |
| অপরাধর্মিতা (পাউলিং) | 2.0 | 1.5 |
| আয়নন বিভব (I) $KJ\ mol^{-1}$ | 800 | 577 |

বোরনের গলনাঙ্ক অতি উচ্চ ($2300^\circ C$); কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম অনেক কম ($659.8^\circ C$)

বোরন তাপ ও তড়িৎ পরিবহনে অক্ষম। কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী।

বোরনের দুইটি রূপভেদ আছে, কিন্তু Al-এর কোনও রূপভেদ নাই।

দেখুন B $\rightarrow$ Al-এ আকার বৃদ্ধির জন্য (I)-এর মান কমছে।

### 2.1.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী

বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম এই দুইটি মৌলের ক্ষুদ্র পারমাণবিক আয়তন এবং এদের উচ্চ আধান (+3) থেকে স্পষ্ট বুঝা যায় যে এদের যৌগগুলি সমযোজী হইবার সম্ভাবনা প্রবল। ফ্যাজাঁনর সূত্র অনুযায়ী—ছোট আকার ও উচ্চ (+3) আধান সমযোজী বন্ধের পক্ষে।

বোরন HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না কিন্তু Al সহজেই HCl-এ দ্রবীভূত হয়ে $AlCl_3$ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। বোরন ক্ষারের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না কিন্তু কঠিন অবস্থায় ক্ষারসহ বিগলিত করলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

## 2.1.4 বোরনের যৌগসমূহ

বোরন হাইড্রাইড প্রস্তুতি ঃ

একটি পাত্রে 10% HCI দ্রবণ 323K তাপমাত্রায় রেখে এর ভিতর দিয়া $H_2$ গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। এই অ্যাসিড দ্রবণে $Mg_3N_2$ টুকরো যোগ করলে হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গো বিভিন্ন বোরনের মিশ্রণ নির্গত হয়। এই মিশ্রণকে তরল বায়ু দ্বারা শীতল করলে, হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য গ্যাসগুলি তরলিত হয়ে যায়।

এই তরলকে উপর্যপরি বহুবার আংশিক পাতনের সাহায্যে বোরনসমূহকে পৃথক করা হয়। এই পদ্ধতিতে $B_4H_{10}$ উৎপন্ন হয়।

ট্রাই ক্লোরাইট ইথারীয় যুত যৌগকে $LiAlH_4$ বা $NaBH_4$ দ্বারা বিজারিত করলে অধিক মাত্রায় ডাই বোরন পাওয়া যায়।

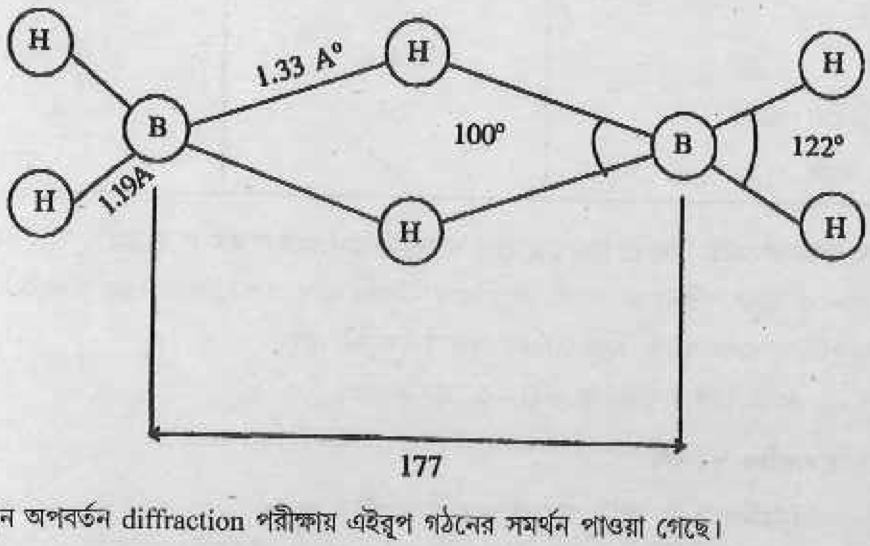
$$4BCl_3 + 3LiAlH_4 = 3LiCl + 3AlCl_3 + 2B_2H_6$$

বোরনের শ্রেণীবিভাগ

(i) $BnH_{n+4}$ যথা $B_2H_6$, $B_5H_9$ ইত্যাদি

(ii) $B_nH_{n+6}$ যথা $B_4H_{10}$, $B_5H_{11}$ ইত্যাদি।

গঠন : হাইড্রোজেন সেতুবিন্যাস গঠন




ইলেকট্রন অপবর্তন diffraction পরীক্ষায় এইরূপ গঠনের সমর্থন পাওয়া গেছে।

অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড [$AlH_3$] :

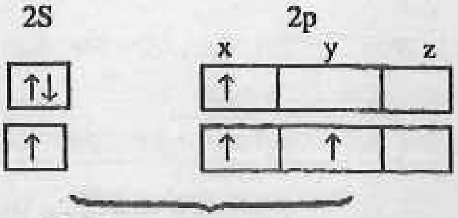
লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের ইথারীয় দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশিয়ে মিশ্রণটিকে কিছুক্ষণ রেখে দিলে সাদা বর্ণের অনিয়তাকার পলিমারিক অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরে ছেঁকে শুষ্ক করা হয়। ইহা স্বাভাবিক তাপমাত্রায় স্থায়ী। 423K° তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে ইহা বিয়োজিত হয়।

দ্রবণের হ্যালাইড যৌগ : 4টি হ্যালাইড ($M^{III} \times 3$; X = F, Cl, Br, I) জানা আছে। যথা— $BF_3$, $BCl_3$, $BBr_3$, $BI_3$.

$BX_3$ (F, Cl, Br, I) অণুর গঠন সামতলিক সুষম ত্রিভুজাকার।

ভূমিস্তরে B-পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস

উত্তেজিত অবস্থায় B-পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস




তিনটি X পরমাণুর সঙ্গে 6–বন্ধনে
সামতলিক সুষম ত্রিভুজ গঠন করে

$sp^2$-সংকরায়ন

$BF_3$ এবং $BCl_3$ সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় $BBr_3$ উদ্বায়ী তরল অথচ $BI_3$ কঠিন পদার্থ

প্রস্তুতি : $B_2O_3 + 3CaF_2 + 3H_2SO_4 = 2BF_3 + 3CaSO_4$

$B_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2BCl_3 + 6CO$ (500°C)

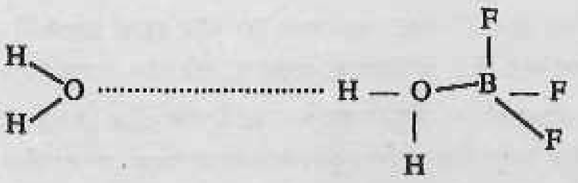
$NaBH_4 + I_2 \rightarrow BI_3$

$BCl_3$ এবং $BBr_3$ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

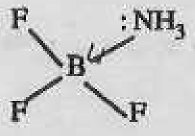
$$BCl_3 + 3H_2O \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{} B(OH)_3 + 3HCl$$

$$BF_3 .2H_2O \xrightarrow{\Delta} H_3O^+ + [BF_3OH]^-$$

গঠন :



বোরনের খালি 2p কক্ষকটি $NH_3$ / $Me_3N$-এর মত দাতা অনুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোট গ্রহণ করে চতুস্তলকীয় অনু গঠন করে।



π বন্ধীভবনের পরিমাণ X পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সঙ্গে ($BF_3 \rightarrow BI_3$) ক্রমশ হ্রাস পায়। কারণ পর্যাপ্ত উপর্যুপাতন ঘটে না। লুইস অ্যাসিডের ক্রম হল নিম্নরূপ

$$BF_3 < BCl_3 < BBr_3 < BI_3$$

অক্সাইড :

13 শ্রেণীর মৌলগুলি $M_2O_3$ যৌগ গঠন করে। যথা— $B_2O_3$, $Al_2O_3$

$B_2O_3$-বোরন ট্রাই অক্সাইড :

বোরিক অ্যাসিডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে বর্ণহীন ভঙ্গুর ও কাচের ন্যায় বোরন ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$H_3BO_3 \xrightarrow{100^{\circ}C} HBO_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{লাল-তপ্ত অবস্থায়}} B_2O_3$$

$B_2O_3$ জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে প্রথমে মেটাবরিক অ্যাসিড, $HBO_2$ পরে অর্থোবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে—

$$B_2O_3 + H_2O = 2HBO_2$$
$$HBO_2 + H_2O = H_3BO_3$$

বোরিক অ্যাসিডসমূহ

মেটাবোরিক অ্যাসিড ($HBO_2$)

অর্থবোরিক অ্যাসিড ($H_3BO_3$)

পাইরোবোরিক অ্যাসিড ($H_2B_4O_7$)

মেটাবোরিক অ্যাসিড ($HBO_2$) ও অর্থোবোরিক অ্যাসিড ($H_3BO_3$) মুক্ত অবস্থায় স্থায়ী কিন্তু পাইরোবোরিক অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় স্থায়ী নয়, অথচ ইহার ধাতব লবণ বোরাক্স বা সোডিয়াম টেট্রাবোরেট স্থায়ী যৌগ। বোরিক অ্যাসিড অতিমৃদু অ্যাসিড ($K_a = 6 \times 10^{-10}$) [pka = 9.2] এই কারণে ক্ষার ধাতুর বোরেট লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ করে।

অর্থোবোরিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে $H^+$ ও $H_2BO_3^-$ আয়ন উৎপন্ন করে। ফলে মৃদু এক ক্ষারীয় অ্যাসিড রূপে আচরণ করে।

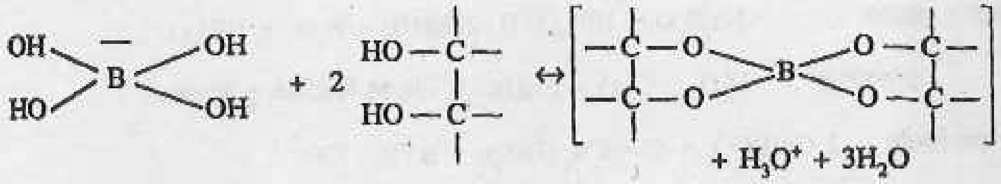
$$H_3BO_3 \;\square\; H^+ + H_2BO_3^-$$

বোরিক অ্যাসিড $H^+$ প্রদানকারী অ্যাসিড নয়। এটি $OH^-$-এর থেকে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণকারী লুইস অ্যাসিড। দ্রবণে এক ক্ষারকীয় অ্যাসিড হিসাবে আচরণ করে। ইহা মিথাইল অরেঞ্জের রং পরিবর্তন করতে পারে না।

গ্লিসারিন (বা যে কোন পলি হাইড্রক্সি অ্যালকোহল) ফ্লোরিক অ্যাসিড এর উপস্থিতিতে চিলেট যৌগ উৎপন্ন করে যা প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া $H^+$ উৎপন্ন করে অর্থাৎ তীব্র অ্যাসিড রূপে কাজ করে। ফলে ফেনলথ্যালিনের (নির্দেশক) উপস্থিতিতে NaOH দিয়ে অনুমাপন করা যায়।

বিক্রিয়া ঃ

$$\begin{array}{l} \quad\;\; OH \\ \quad\;\;\; | \\ HO - B + :OH_2 \;\square\; B(OH)_4^- + H^+ \;\; [\,K = 6 \times 10^{-10}\,] \\ \quad\;\;\; | \\ \quad\;\; OH \end{array}$$



বোরিক অ্যাসিডের ব্যবাহর

(1) ঔষধ শিল্পে

(2) কাঁচ ও গ্লেজ্ তৈরিতে

(3) বিরঞ্জক হিসাবে কাপড় কাচা গুঁড়োয় ব্যবহৃত হয়।

বোরাক্স : (i) (সোডিয়াম পাইরোবোরেট / টেট্রাবোরেট ডেকাহাইড্রেট। চূর্ণীকৃত কোল ম্যানাইট থেকে $Na_2CO_3$ দ্রবণসহ যোগে উত্তপ্ত করলে বোরাক্স পাওয়া যায়। ফিল্টার করে পরিস্রুতকে গাঢ় করলে বোরাক্স কেলাস পাওয়া যায়।

$$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = 2CaCO_3 \downarrow + Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2$$

$$4NaBO_2 + CO_2 = Na_2CO_3 + Na_2B_4O_7$$

$H_3BO_3$ কে $Na_2CO_3$ / NaOH সহযোগে ফুটিয়েও বোরাক্স পাওয়া যায়।

$$4H_3BO_3 + 2NaOH = Na_2B_4O_7 + 7H_2O$$

বোরাক্সের ব্যবহার ও সোহাগাগুটি পরীক্ষা (Borax-bead test) আসুন আমরা সোহাগা গুটি পরীক্ষা ও তার তত্ত্বটি আলোচনা করি।

প্ল্যাটিনামের তারের মাথায় একটি লুপ প্রস্তুত করে গরম অবস্থায় বোরাক্স চূর্ণে রাখলে ঐ বোরাক্স লুপ বা বেষ্টনী সংলগ্ন হয়। দীপশিখায় গুটিতে পরিণত হয়। এই গুটিটাকে লবণে স্পর্শ করিয়ে পর্যায় ক্রমে দীপশিখার জারক ও বিজারক শিখায় ধরা হয় বোরাক্স গুটির বিভিন্ন বিশিষ্ট বর্ণ এই সকল ধাতব মেটা বোরেট বা অর্থোবোরেটের জন্যই।

$$Na_2B_4O_4, 10H_2O \xrightarrow{\Delta} Na_2B_4O_7 \xrightarrow{\Delta} 2NaBO_2 + B_2O_3$$

(সোহাগা খই) (সোহাগা গুটি)

| | গুটির রঙ | | | |
|---|---|---|---|---|
| মূলক | জারক শিখা | | বিজারক শিখা | |
| | উত্তপ্ত অবস্থায় | শীতল অবস্থায় | উত্তপ্ত অবস্থায় | শীতল অবস্থায় |
| কপার | সবুজ | আসমানী | — — | অস্বচ্ছ লাল |
| ম্যাঙ্গানিজ | — — | অ্যামেথিস্ট | — — | বর্ণহীন |
| নিকেল | — — | বাদামী | — — | অস্বচ্ছ ধূসর |

বিক্রিয়া : বোরাক্স $Na_2B_4O_7, 10H_2O$ □ $2NaBO_2 + B_2O_3 + 10H_2O$

জারকশিখা $B_2O_3 + CuO = Cu(BO_2)_2$ নীলবর্ণ কিউপ্রিক মেটাবোরেট

বিজারক শিখায় : $2\,Cu(BO_2)_2 + C = Cu_2\,(BO_2)_2 + B_2O_3 + CO$

কিউপ্রিক মেটাবোরেট বর্ণহীন

$Cu_2(BO_2)_2 + C = 2Cu + B_2O_3 + CO$

কিউপ্রাস মেটাবোরেট লালবর্ণ

## 2.1.5 অ্যালুমিনিয়াম হ্যালাইড

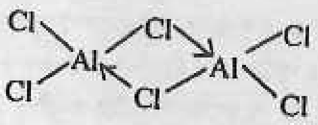
অ্যালুমিনিয়ামের চারটি হ্যালাইড জানা আছে

$Al_2O_3 + 6HX \xrightarrow{100K} 2AlX_3\ (X = F, Cl)$

$2M + 3X_2 \xrightarrow{\Delta} 2MX\ [\ M = Al, Ga\ X = Cl, Br, I\ ]$

অ্যালুমিনিয়াম ট্রাইহ্যালাইড দ্বিযৌগিক

$AlCl_3$, $AlBr_3$ ইত্যাদি যৌগ অপর অণুর হ্যালোজেন পরমাণু থেকে ইলেকট্রন জোট গ্রহণ করে। অষ্টক পূর্তি ঘটায়। দ্বিযৌগিকতার কারণ ইহাই।




অ্যালুমিনিয়াম ট্রাই হ্যালাইডে মৌলের বৃহত্তর আকারের জন্য $\pi$ প্রদানজনিত পশ্চাদ্‌বন্ধীকরণ সম্ভব নয়।

অ্যালুমিনা বা অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ($Al_2O_3$)

বর্ণহীন কেলাসাকার কোরাণ্ডাম ও অস্বচ্ছ এমারী এবং চুনীপান্না, নীলা হ'ল অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর দহনে বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম লবণের তাপবিয়োজনে $Al_2O_3$ উৎপন্ন হয়।

$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2$

অ্যালুমিনা 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।

$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2$

$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$

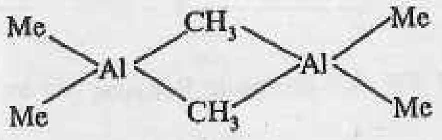
## 2.1.6 বোরন ও অ্যালুমিনিয়ামের জৈব ধাতব যৌগ

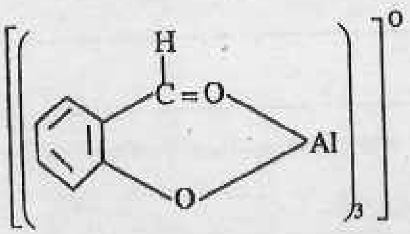
$2BF_3 + 6MeMgI \rightarrow 2BMe_3 + 3MgI_2 + 3MgF_2$

$AlCl_3 + 3MeMgI \rightarrow AlMe_3$

$2Al + 3R_2Hg = 2R_3Al$ বা $([R_3Al]_2) + 3Hg$

Al-অ্যালকিন একটু অস্বাভাবিক কারণ এরা দ্বি যৌগের গঠন করে—

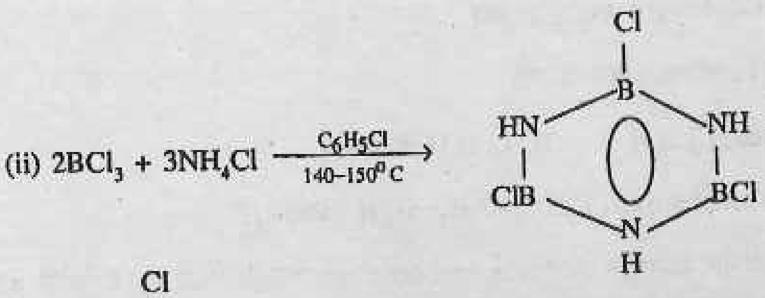


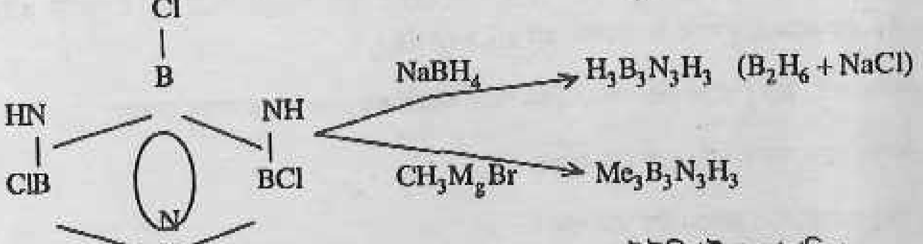




স্যালিসাইল অ্যালডিহাডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের অষ্টতলকীয় স্যালিসিল অ্যালডিহাইডের যৌগ গঠন করি।

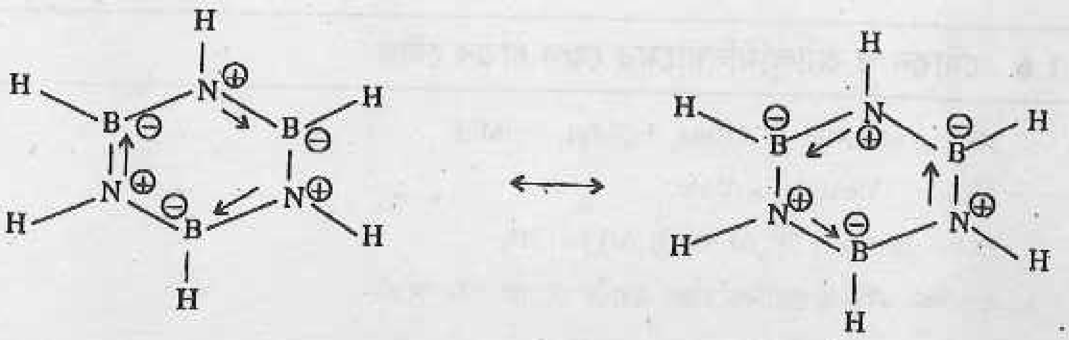
বোরন রসায়নের বৈশিষ্টপূর্ণ যৌগসমূহ বোরাজিন $(HB - NH)_3$

প্রস্তুতি ঃ (i) $3B_2H_6 + 2NH_3 \xrightarrow[\Delta]{180^0} 2\ B_3N_3H_6 + 12H_2$




B-ট্রাইমিথাইল বোরাজিন



বেঞ্জিনের সঙ্গে ভৌত ধর্ম ও আকৃতির সাদৃশ্য থাকার জন্য একে Inorganic Benzene বলা হয়।

## 2.1.7 সারাংশ

আসুন, আমরা শ্রেণী 13র মৌলগুলির সম্বন্ধে যে ধারণা পাওয়া গেল তার একটা সারাংশে তৈরি করি।

বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম পর্যায় সারণীর 13 শ্রেণীর আদর্শ মৌল।

বোরনের মূল প্রকৃতি অধাতুর ন্যায় কিন্তু এর মধ্যে ধাতব মৌলের কিছু ধর্মও বর্তমান। অপর পক্ষে অ্যালুমিনিয়াম সম্পূর্ণরূপে কাজ করে।

B ও Al-এর ক্ষুদ্র পারমাণবিক আয়তন এবং তাদের আয়নের উচ্চ আধান (+3) ফাঁজা (Fajan) সূত্র অনুযায়ী এদের যৌগগুলির সমযোজী হবার সম্ভাবনা।

$B_2O_3$ মৃদু অ্যাসিডধর্মী পক্ষান্তরে $Al_2O_3$ উভধর্মী

বোরন হাইডাইড দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

নিডো বোরেন (Nido) (i) $B_nH_n + y$ ($B_2H_6$, $B_5H_9$ ইত্যাদি)।

আরাচনো বোরেন (Arachno) (ii) $B_nH_{n+6}$ ($B_9H_{15}$, $B_{10}H_{16}$ ইত্যাদি)।

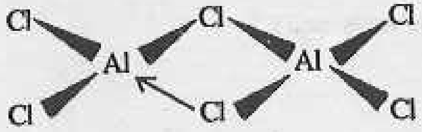
বোরন হাইডাইডসমূহ ন্যূন ইলেকট্রন যৌগ (electron deficient) অ্যালুমিনিয়াম ন্যূন ইলেকট্রন হাইড্রাইড গঠন করে তবুও Al-এর একমাত্র সুস্থির দ্বি মৌলিক হাইড্রাইড $(AlH_3)_n$

$BH_3$ জানা নেই, $BX_3$ যৌগগুলি এক যৌগিক আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হয়। $p\pi - p\pi$ বন্ধন দেখায়।

$BX_3$ অণুর গঠন সামতলিক সুষম ত্রিভুজাকার।

$BCl_3$ অণুর ডাইপোল মোমেন্টের মান শূন্য।

অ্যালুমিনিয়াম ট্রাই হ্যালাইড দ্বি যৌগিক




বোরনের তিনটি অক্সো অ্যাসিড আছে।

অর্থো, মেটা ও পাইরো বোরিক অ্যাসিড।

বোরন নাইট্রাইড (BN) কে অজৈব গ্রাফাইট এবং বোরন কার্বাইড ($B_4C$) বুলেট প্রুফ পোষাক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড স্থায়ী ও উভধর্মী।

বোরন ও অ্যালুমিনিয়ামের অনেক যুত যৌগ ও চিলেট জানা আছে।

অ্যালুমিনিয়ামের বিশিষ্ট যৌগ হল অ্যালাম $M_2SO_4 . R_2''(SO_4)_3 . 24H_2O$

Al অ্যালকিল ($R_3Al$) অনুঘটন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (জিগলার অনুঘটক)

## 2.1.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) বোরন অক্সাইড থেকে বোরন কিভাবে প্রস্তুত করবেন?

(2) কোলম্যানাইট থেকে কিভাবে বোরাক্স পাওয়া যাবে?

(3) বোরাক্স থেকে বোরিক অ্যাসিড বিক্রিয়ার শর্তাবলী বিবৃত করুন। সমীকরণ দিন।

(4) $BF_3$-এর প্রস্তুতি, ধর্ম, গঠন ও ব্যবহার লিখুন।

(5) অজৈব গ্রাফাইট কি? বুলেট প্রুফ তন্তু কীভাবে তৈরি হয়?

(6) অজৈব বেঞ্জিন কাকে বলে?

(7) বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় — ব্যাখ্যা করুন।

(8) বেরিক অ্যাসিডকে সরাসরি ক্ষারের সঙ্গে টাইট্রেশন করা যায় না — ব্যাখ্যা করুন।

(9) $Al(OH)_3$ উভধর্মী ব্যাখ্যা করুন।

(10) অ্যালুমিনার তড়িদ্‌বিশ্লেষণ কালে 'অ্যানোড প্রভাব' বলতে কি বোঝেন?

(11) অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ক্রায়োলাইট এবং ফ্লুয়োস্পার কেন ব্যবহৃত হয়?

(12) কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা যায় না।

(13) অ্যালুমিনিয়ামের বিজারণ ধর্মের উদাহরণ দিন।

(14) বোরন ও অ্যালুমিনিয়ামের একটি তুলনামূলক আলোচনা করুন।

(15) বোরন ও সিলিকনের কর্ণ-সম্পর্ক সম্বন্ধে আলোচনা করুন।

(16) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে A, B, C, D পদার্থগুলিকে সনাক্ত করুন।

বক্সাইট কাঠ কয়লা + ক্লোরিন → + Co

$A + H_2O$ □ $B + HCl$

$B + H_2SO_4$ □ $C + H_2O$

$B + NaOH$ □ $D + H_2O$

(17) পরিত্যক্ত অ্যালুমিনিয়াম ছিবড়া থেকে কিভাবে অনার্দ্র AlCl3 প্রস্তুত করবেন?

(18) পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণকে একত্রে কেলাসিত করলে কি ঘটে সনাক্ত করুন।

## 2.1.9 উত্তরমালা

(1) $B_2O_3$ বা পটাশিয়াম ফ্লুয়োবোরেট যৌগকে ধাতব সোডিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা বিজারিত করলে বাদামী বর্ণের চূর্ণরূপে বোরন উৎপন্ন হয়। অতঃপর প্রথমে লঘু HCl এবং পরে HF অ্যাসিড দ্বারা ফোটালে বিশুদ্ধ বোরন (98.3%) পাওয়া যায়।

$B_2O_3 + 7Na = 2B + 3Na_2O$

$KBF_4 + 3K = B + 4KF$

(2) চূর্ণ কোলম্যানাইট ($Ca_2B_6O_{11}5H_2O$) খনিজকে $Na_2CO_3$ দ্রবণসহ ফুটালে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2 + 2CaCO_3$

এই অধঃক্ষেপ পরিস্রাবণ করে পরিস্রুত দ্রবণকে গাঢ় করলে বোরাক্স কেলাসিত হয়।

কেলাস পৃথক করার পর মাতৃদ্রবণে সোডিয়াম মেটাবোরেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই দ্রবণে $CO_2$ গ্যাস পরিচালিত করে আরও বোরাক্স পাওয়া যায়।

(3) সোডিয়াম টেট্রাবোরেট ডেকাহাইড্রেটকে গাঢ় HCl দ্বারা অম্লায়িত করলে সাদা বোরিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফুটন্ত জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত করে এই অধঃক্ষেপ থেকে বিশুদ্ধ বোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$

(4) প্রস্তুতি : $2H_3BO_3 + CaF_2 + 3H_2SO_4$ □ $3CaSO_4 + 2BF_3 + 6H_2O$

ধর্ম : $4BF_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HBF_4$

$BF_3$ সবর্গীয় যৌগ $F_3B \leftarrow O(C_2H_5)_2$

ব্যবহার : $BF_3$ ও $HNO_3$-র মিশ্রণ তীব্র শক্তিশালী নাইট্রেটিং দ্রব্য।

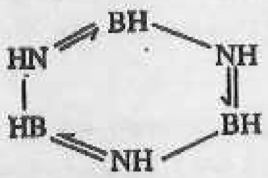
গঠন : সমতলীয় ত্রিকোণাকৃতি, $Sp^2$ সংকরায়ন বর্তমান < FBF বন্ধন কোণের মাপ হল 120°.

(5) 1.5 এর অংশ দেখুন।

(6) ডাই বোরেন ও অ্যামোনিয়ার তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বোরাজোল $B_3N_3H_6$ উৎপন্ন হয়।

$$3(B_2H_6 \,.\, 2NH_3) \xrightarrow{200^0C} 2B_3N_3H_6 + 12H_2$$

এটি বেঞ্জিনের ন্যায় বর্ণহীন, অ্যারেমেটিক গন্ধ বিশিষ্ট তরল পদার্থ ও একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক, এটি সামতালিক ষড়ভুজ সংবৃত্তাকার গঠন বিশিষ্ট যৌগ এবং ষড়ভুজের ছয়টি কৌণিক বিন্দুতে বোরন ও নাইট্রোজেন পরমাণু পর্যায়ক্রমে অবস্থিত।




বোরাজোল

(7) জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হয়ে বোরাক্স তীব্র ক্ষার NaOh ও মৃদু অম্ল $H_3BO_3$ উৎপন্ন করে।

$Na_2B_4O_7 + 7H_2O$ □ $2NaOH + 4H_3BO_3$

$H_3BO_3$ মৃদু অম্ল হওয়ায় এটি সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয়ে স্বল্প সংখ্যক H' আয়ন উৎপন্ন করে অপরপক্ষে NaOH তীব্র ক্ষার হওয়ায় অধিক পরিমাণে $OH^-$ দ্রবণে উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে $OH^-$ এর আধিক্য ঘটায়। এই কারণে বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।

(8) 1.4.3 পাঠ্যাংশ দেখুন।

(9) $Al(OH)_3$ অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

অ্যালুমিনিয়ামের মৃদু তড়িৎ ধনাত্মকতা $Al(OH)_3$-এর উভধর্মী হওয়ার জন্য দায়ী

$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$

$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$

(10) অ্যালুমিনার তড়িদ্ বিশ্লেষণ 5-6 ভোল্টে সম্পন্ন করা হয়। তড়িদ্ বিশ্লেষণের ফলে অ্যালুমিনার পরিমাণ কমে গেলে, বর্তনীর রোধ বেড়ে যায় এবং ভোল্টেজ 40-60 পর্যন্ত হয়। এই ঘটনাকে অ্যানোড প্রভাব বলে। রোধ বেড়ে গেলে তড়িদ্ বিশ্লেষণের পাত্রের সঙ্গে সংযুক্ত একটি বালব উজ্জ্বলভাবে জ্বলে ওঠে। সাধারণতঃ এই বালবটি ক্ষীণভাবে জ্বলে।

(11) (i) অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক 2290K এই উষ্ণতায় অ্যালুমিনা ভাস্বর হয়ে ওঠে। এই উষ্ণতায় তড়িৎ বিশ্লেষণ খুবই ব্যয়সাপেক্ষ।

(ii) ফ্লুয়োস্পার তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য মিশ্রণের গলনাঙ্ক হ্রাস করতে (1173K-1223K) এবং মিশ্রণের তরলতা বৃদ্ধি করতে সাহায্য করে—

(iii) গলিত ক্রায়োলাইট অ্যালুমিনার দ্রবক হিসাবে কাজ করে।

(iv) অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণ ক্রায়োলাইটের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।

(12) তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে অ্যালুমিনিয়ামের অবস্থান হাইড্রোজেনের অনেক উপরে। সুতরাং মৌলটি তড়িৎ ধনাত্মক এবং অক্সিজেনের প্রতি প্রবল আসক্তি। $Al_2O_3$ অত্যন্ত স্থায়ী প্রকৃতির যৌগ হওয়ায় এবং উচ্চ উষ্ণতায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতব অ্যালুমিনিয়ামের পরিবর্তে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন করে।

$2Al_2O_3 + 9C = Al_4C_3 + 6CO\uparrow$

(13) অধিক উষ্ণতায় $Fe_2O_3$ অথবা $Cr_2O_3$ কে বিজারিত করে ধাতুতে পরিণত করে।

$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe^{o}$ + তাপ

$Cr_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Cr^{o}$ + তাপ

এই বিক্রিয়ায় প্রচণ্ড তাপ উদ্ভূত হয়। ফলে উৎপন্ন ধাতুটি বিগলিত হয়ে যায়। এটিকে গোল্ড স্মিটের থার্মিট পদ্ধতি বলে (Goldschmidt's thermit Process) এই পদ্ধতিতে ভাঙ্গা রেল লাইন, কড়ি বরগা প্রভৃতি মেরামত করা হয়।

(14) (i) B-এর গলনাংক অত্যন্ত বেশি (2180°C) B-এর ইলেকট্রন সংখ্যা কক্ষক সংখ্যার প্রেক্ষিতে কম। বহুরূপগুলির গঠন বৈচিত্র্য ও বন্ধন প্রকৃতি এই উঁচু গলনাংকের কারণ। বোরনের সব কটি বহুরূপেই কেলাসাকার অইকোসাহেড্রাল। পক্ষান্তরে অ্যালুমিনিয়ামের কেলাস ঘন সংঘবদ্ধ (Closed Packed) এবং গলনাংক 660°C.

(ii) $BCl_3$ গ্যাস কিন্তু $AlCl_3$ কঠিন পদার্থ $BCl_3$-এর যৌগিক (monomer) পক্ষান্তরে $AlCl_3$ দ্বি যৌগিক।

(15) যদিও বোরন পর্যায় সারণীর ত্রয়োদশ শ্রেণীর এবং সিলিকন চতুর্দশ শ্রেণীর মৌল। ও কর্ণ সম্পর্কের প্রভাবে এদের মধ্যে ধর্মাবলীর সাদৃশ্য দেখা যায়। উভয় মৌলই অধাতু এবং এরা তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। মৌল দুইটির উভয়েরই রূপভেদ বর্তমান। এবং উভয়ের এই রূপভেদ গুলি সদৃশ প্রকৃতির। কেলাসাকার বোরন ও সিলিকনের কাঠিন্য একই রকম। বোরন ও সিলিকনের হাইড্রাইড যৌগ সমূহ উদ্বায়ী ও স্বতঃ দাহ্য এবং সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

(16) $A = AlCl_3$ (অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড)

$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$ (অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড) (B)

$Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$ (অ্যালুমিনিয়াম সালফেট) (C)

$Al(OH)_3 + NaOH$ □ $NaAlO_2 + 2H_2O$ ( সোডিয়াম অ্যালুমিনেট) (D)

(17) একটি দহন নলে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের উপর দিয়ে শুষ্ক $Cl_2$ বা HCl গ্যাস পাঠালে উদ্বায়ী $AlCl_3$ উৎপন্ন হয়। দহন নলের শেষ প্রান্তে রাখা একটি বোতলে ঐ $AlCl_3$ বাষ্প ঠাণ্ডা হয়ে কঠিনাকারে জমা হয়।

$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$

$2Al + 6HCl = 2\ AlCl_3 + 3H_2$

(18) পটাশিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণকে একত্রে কেলাসিত করলে পটাস অ্যালাম, $K_2SO_4$, $Al_2\ (SO_4)_3$, $24H_2$ কেলাসিত হয়।

# একক 2A ☐ 14-শ্রেণির মৌলসমূহ

গঠন


2.2.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.2.2 অবস্থিতি নিষ্কাশন ও ব্যবহার

2.2.2.1 অবস্থিতি

2.2.2.2 নিষ্কাশন

2.2.2.3 ব্যবহার

2.2.3 মৌলসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

2.2.3.1 বহুরূপতা

2.2.3.2 ভৌতধর্মাবলী

2.2.3.3 রাসায়নিক ধর্মাবলী (ক) জারণ সংখ্যা, (খ) অন্তর্বর্তীভবন (গ) যৌগসমূহ
(1) হাইড্রাইড (2) হ্যালাইড (3) অক্সাইড ও অক্সো অ্যাসিডসমূহ

2.2.4 কার্বন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগসমূহ

2.2.5 সিলিকন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপুর্ণ যৌগসমূহ

2.2.6 কার্বন ও সিলিকনের জটিল যৌগসমূহ

2.2.7 সারাংশ

2.2.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

2.2.9 উত্তরমালা


## 2.2.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

14 শ্রেণীতে কার্বন (C), সিলিকন (Si), জার্সেনিয়াম (Ge), টিন (Sn) ও লেড (Pb) আছে।

কার্বন ও সিলিকন অধাতু, জার্সেনিয়াম (Ge) ধাতু কল্প সদৃশ এবং Sn ও Pb মৃদু পরাতড়িৎধর্মী ধাতু। বর্তমান পরিচ্ছেদে আমরা কার্বন ও সিলিকন সম্বন্ধে আলোচনা করব। আলোচনা শেষে আপনারা জানতে পারবেন

কার্বন পরিবারের (14 শ্রেণীর) সদস্যদের অবস্থিতি, নিষ্কাশন, ব্যবহার।

মৌলগুলির বহুরূপতা

ধাতব ও অধাতব প্রকৃতি

পরমাণু শৃঙ্খল বা পরমাণুবলয় সৃষ্টির ক্ষমতা।

যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস ও রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি।

মৌলসমূহের হ্যালাইড, হাইড্রাইড, অক্সাইড ও অক্সো অ্যাসিডের পরিচয়।

মৌলসমূহের জটিল যৌগ ও গুচ্ছ যৌগ।

**2.2.1 অবস্থিতি**

প্রকৃতিতে কার্বনের দুটি সমস্থানিক প্রধান। যথা $C^{12}$ (98.89%) এবং $C^{13}$ (1.11%), কার্বনের $C^{14}$ সমস্থানিক অতি অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। প্রাণী ও উদ্ভিদ এই উভয় দেহের মূল উপাদান হল কার্বন। সিলিকন—শিলা ও খনিজে থাকে।

ধাতব কার্বনেট রূপে কার্বন ভূত্বকে অবস্থান করে। উদাহরণ স্বরূপ চুনা পাথর ($CaCO_3$), ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) ডলোমাইট ($CaCO_3$, $MgCO_3$) ইত্যাদি খনিজ বা আকরিকের নাম উল্লেখযোগ্য।

সিলিকন ভূপৃষ্ঠে বিভিন্নরূপে পাওয়া যায়।

সিলিকা ($SiO_2$) এবং নানা ধাতুর সিলিকেট (যথা $CaSiO_3$) রূপে এটি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ফেলস্পার (Felspar, $K AlSi_3O_8$)

কেওলিনাইট (Kaolinite : $H_2Al_2Si_2O_9$)

অভ্র $KH_2Al_3$ $(SiO_4)_3$, অ্যাসবেস্টস [Asbestos, $Mg_3Ca(SiO)_4$] ইত্যাদির মধ্যে সিলিকন সিলিকারূপে অবস্থান করে।

**ব্যবহার ঃ**

**2.2.2 নিষ্কাশন ঃ**

কার্বন বেশ কয়েকটি ভিন্নভিন্ন রূপে পৃথিবীতে অবস্থান করে। এদের দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

যথা — (1) কেলাসাকার (2) অনিয়তাকার

কেলাসাকার ঃ (i) হীরক

(ii) গ্রাফাইট

অনিয়তাকার ঃ (i) অঙ্গার

(ii) প্রাণিজ কার্বন

(iii) কোক, কয়লা, গ্যাসকার্বন, ভুষাকালি ইত্যাদি।

হীরক খনিতে পাওয়া যায়। গ্রাফাইট শ্রীলঙ্কা, আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্র, সাইবেরিয়া প্রভৃতি স্থানে পাওয়া যায়। সিলিকাকে C বা $CaC_2$ সহযোগে তড়িৎ চুল্লীতে বিজারিত করলে বাণিজ্যিক সিলিকন পাওয়া যায়। অতি বিশুদ্ধ সিলিকন তৈরি করা হয় মণ্ডল-বিশুদ্ধকরণ (Zone refining) পদ্ধতিতে।

**2.2.3 ব্যবহার ঃ** (ক) কার্বন— পালিশের কাজে এবং কাঁচ কাটতে ব্যবহৃত হয়।

গ্রাফাইট — স্টীল প্রস্তুতিতে

কোক — ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(খ) অতি বিশুদ্ধ সিলিকন অর্ধপরিবাহী শিল্পে ব্যবহৃত হয়, কম্প্যুটার চিপ তৈরিতেও অতি বিশুদ্ধ Si লাগে।

## 2.3. মৌল সমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

2.3.1 বহুরূপতা : সব সমস্থানিকগুলি বহুরূপতা দেখায়। কিন্তু কার্বনের মধ্যে এই ধর্ম অনন্য।

কার্বনের বহুরূপতা ঃ

কার্বন

অনিয়তাকার

(ক) অঙ্গার (CharCoal)

(খ) প্রাণিজ অঙ্গার (animal charcoal)

(গ) অন্যান্য প্রকার অঙ্গার

(i) ভুষাকালি (Lampblack)

(ii) গ্যাস কার্বন (Gas carbon)

(iii) কোক (Coke)

(iv) কয়লা (Coal)

কেলাসাকার বা নিয়তাকার

(i) হীরক

(ii) গ্রাফাইট (Graphite)

(iii) ফুলারিন

ফুলারিনের গঠনাকৃতিতে 60টি কার্বন পরমাণু বর্তমান। গঠনাকৃতি প্রায় গোলাকার অণুটি 20টি ষড়ভুজাকৃতি বেঞ্জিন বলয় এবং 12টি পঞ্চভুজাকৃতি বলয় দ্বারা গঠিত।

**2.3.2 ভৌত ধর্মাবলী ঃ**

| ধর্ম | কার্বন (C) | সিলিকন (Si) | টিন (Sn) | লেড (Pb) |
|---|---|---|---|---|
| পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক | 6 | 14 | 50 | 82 |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | [He] $2s^2 2p^2$ | [Ne] $3s^2 3p^2$ | $5s^2 5p^2$ | $6s^2 6p^2$ |
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (পিকো মি) | 77 | 117 | 141 | 154 |
| অপরাধর্মিতা (পাউলিং) | 2.5 | 1.8 | 1.7 | 1.55 |
| গলনাঙ্ক K | 3823 | 1683 | 504 | 600 |

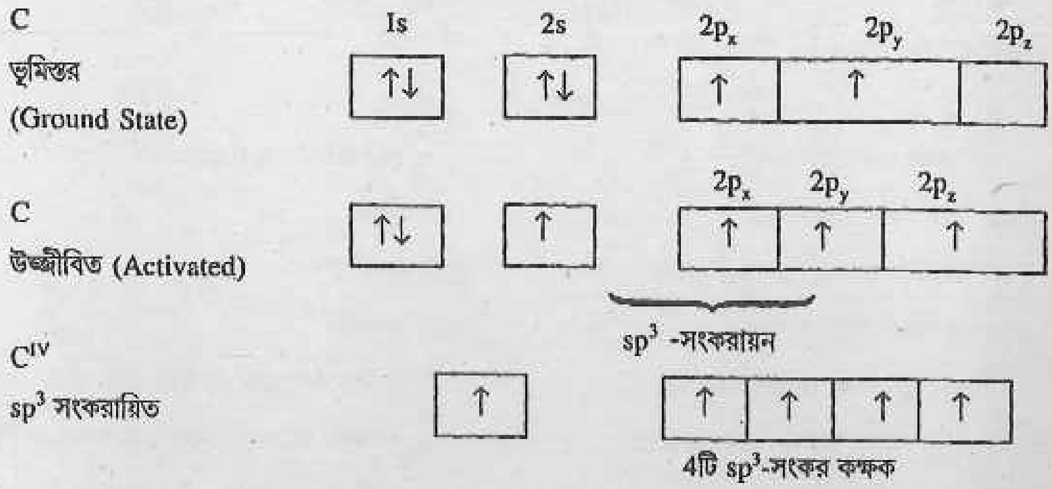
কার্বন একটি অধাতু; সিলিকনও তাই তবে এর তড়িৎ ও অন্যান্য ধর্ম অর্ধ-ধাতব। কার্বন একটি অপরাধর্মী মৌল বা পূর্ণ অধাতু। সিলিকনের টিন, লেড এবং অপরাধর্মিতা কার্বনের অপেক্ষা কম টিন ও লেড ধাতবধর্মী।

**2.3.3.** রাসায়নিক ধর্মাবলী ঃ

(ক) জারণ সংখ্যা ঃ

14 শ্রেণীর মৌলরা +2 +4 জারণ সংখ্যা দেখায় চারটি ইলেকট্রন জোড় গঠনের সাহায্যে চারিটি সমযোগী বন্ধন সৃষ্টি করে অষ্টক পূর্ণ করা এদের পক্ষে সম্ভব হইতে পারে।

কার্বন পরমাণুর উদাহরণ নিয়ে চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হল :




কার্বনের একটি 2s ও তিনটি $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ কক্ষক পরস্পরের মধ্যে শক্তি আদান-প্রদান করে সর্বতোভাবে সদৃশ চারটি $sp^3$ সঙ্কর কক্ষক গঠন করে। এই চারটি সঙ্কর কক্ষকের প্রতিটিতে একটি করে অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে, তা অন্য পরমাণুর যোজতাকক্ষের চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রনের সঙ্গে জোড় বেঁধে চারটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে।

টিন ও সীসা দ্বিযোজী রূপে অবস্থান করে। কারণ ns কক্ষের ইলেকট্রন দুটি জোড়বদ্ধভাবে নিষ্ক্রিয় অবস্থায় থাকে। এই ইলেকট্রন জোড়টিকে নিষ্ক্রিয় জোড় (inert pair) বলা হয়।

(খ) অন্তর্বর্ধীভবন (Catenation) পরমাণু শৃঙ্খল বা পরমাণু বলয় সৃষ্টির ক্ষমতা ঃ

ক্ষুদ্র আকার ও উঁচু বন্ধনশক্তির জন্য কার্বনের ক্ষেত্রে এই ধর্ম খুবই প্রকট। Si ও Ge-এর কম। এবং টিন ও ডেল এই প্রবণতা আরও কমে যায়।

কার্বনের পরমাণুগুলি একে অপরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে দীর্ঘ-শৃঙ্খল এবং বলয় (Long chain and Rings) সৃষ্টি করতে পারে।

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে 14 শ্রেণীর মৌলগুলির ক্যাটিনেশানের প্রবণতা দ্রুত বিলুপ্ত হয়।

14 শ্রেণীর মৌলের যৌগসমূহ :

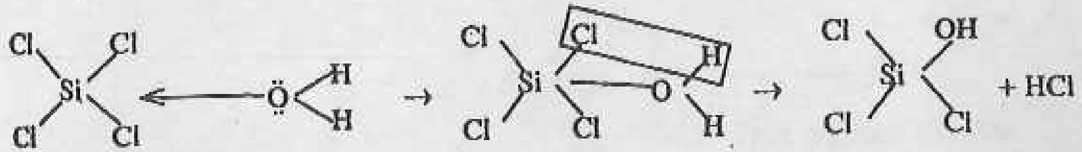
(i) হাইড্রাইডসমূহ :

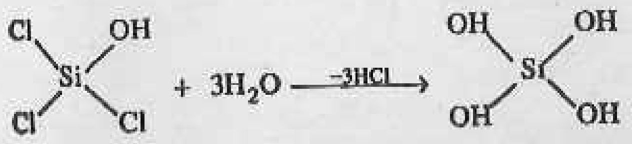
কার্বন ও সিলিকন গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। কার্বনের হাইড্রাইডগুলির স্থায়িত্ব খুব বেশি। সিলিকনের

হাইড্রাইডগুলি তুলনামূলক ভাবে অনেক বেশি অস্থায়ী কার্বনের হাইড্রাইড হল অ্যালকেন ($C_nH_{2n}+2$), অ্যালকিন ($C_nH_{2n}$), অ্যালকাইন ($C_nH_{2n}-2$) অ্যারোমেটিক ও অ্যালিসাইক্লিক যৌগসমূহ।

সিলিকনের হাইড্রাইড হইল সিলেন। $Si_n H_{2n+2}$। কার্বনের তুলনায় এদের স্থায়িত্ব কম।

(2) হ্যালাইড : $XCl_4$ ধরনের হ্যালাইড গঠন করে। এই হ্যালাইডগুলি উদ্বায়ী তরল ও সমযোজী যৌগ। $CCl_4$ খুব স্থায়ী যৌগ। কিন্তু $SiCl_4$ দ্রুত আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।





অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড

কার্বনের s এবং p-কক্ষক আছে। d কক্ষক নাই সুতরাং এর সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা চার এবং d কক্ষক না থাকার জন্য কোর্ডিনেশন সংখ্যা (সর্বগাঙ্ক) বৃদ্ধি করিতে পারে না। অপরপক্ষে সিলিকনের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা ছয় হওয়ায় এবং ইহার যোজ্যতা কক্ষে খালি d কক্ষগুলি প্রয়োজনে ব্যবহার করতে পারে। অর্থাৎ সিলিকন তার অষ্টক-সম্প্রসারিত করে 6 জোড়া ইলেকট্রন নিজের যোজ্যতা কক্ষে স্থান দিতে পারে।

**(3) অক্সাইড ও অক্সো অ্যাসিড**

**কার্বন মনোক্সাইড**

(i) $HCOOH \xrightarrow[-H_2O]{Conc.\ H_2SO_4} CO;$

(ii) $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} \xrightarrow[-H_2O]{H_2SO_4} CO + CO_2$ $\xrightarrow{\text{গাঢ় NaOH দ্রবণ}}$ CO

CO নীল শিখায় জ্বলে। কার্বন মনোক্সাইড $I_2O_5$ দ্রবণকে $I_2$ তে বিজারিত করে। এবং উদ্ভূত $I_2$ কে $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দিয়ে অনুমাপিত করা হয়।

$$I_2O_5 + 5CO \rightarrow I_2 + 5CO_2$$

$$2I_2 + 2Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + 4NaI$$

CO রক্তের হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কাঠোক্সিহিমোগ্লোসি জটিল যৌগ গঠন করে। শিল্পক্ষেত্রে CO গুরুত্বপূর্ণ জ্বালানী রূপে ব্যবহৃত হয়। যথা ঃ

1. ওয়াটার গ্যাস ($H_2$ – 48% ; CO – 42% ; $N_2$ – 6%)

2. প্রডিউসার গ্যাস ($H_2$ – 6% ; $CH_4$ – 8% ; CO - 20%)

3. কোল গ্যাস ($H_2$ – 50%, $CH_4$ – 30 – 50%, CO – 5 – 10%)

গঠন ঃ CO-এর বন্ধ প্রকৃতি নিম্নরূপ :

$$:C::\ddot{O}$$

সংস্পন্দন

$$:C::\ddot{O}: \leftrightarrow :\bar{C}:::\overset{+}{O}: \leftrightarrow :\overset{+}{C}:\ddot{\underset{..}{O}}:$$

কার্বন ডাই অক্সাইড ($CO_2$)

$$CO + 2H_2O \xrightarrow[\text{Ni অনুঘটক}]{\text{1170K, 30 বায়ু মণ্ডলীয় চাপে}} CO_2 + H_2$$

(i) $2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$

$CO_2$ বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস জলে দ্রবণীয়।

ব্যবহার ঃ (i) সোডা ওয়াটার, লিমোনেট ইত্যাদি পানীয় প্রস্তুতিতে $CO_2$ ব্যবহৃত হয়।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেট, ইউরিয়া, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার হয়।

(iii) শীতলীকরণের কাজে কঠিন $CO_2$ বা কার্ডিস (Cardice) ব্যবহৃত হয়।

গঠন ঃ $:O..::C::\ddot{O}: \quad \bar{}\,:\ddot{\underset{..}{O}}:C:::\overset{+}{O}: \quad :\overset{+}{O}:::C:\ddot{\underset{..}{O}}:\,\bar{}$

$$(O=C=O) \longleftrightarrow (\bar{O}-C\equiv\overset{+}{O}) \longleftrightarrow (\bar{O}\equiv C-O^-)$$

সংস্পন্দন

কার্বন সাব অক্সাইড সমূহ ঃ

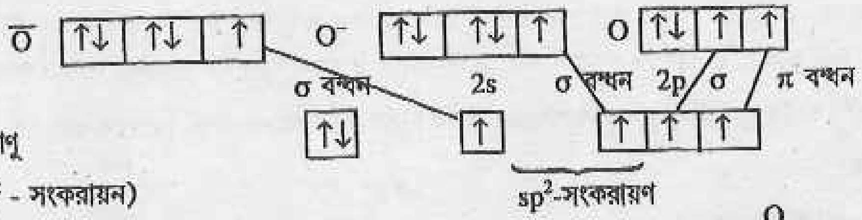
কার্বন সাব অক্সাইড $C_3O_2$ একটি বিশ্রী গন্ধযুক্ত গ্যাস স্ফুটনাংক 279K ম্যালনিক অ্যাসিডের নিরুদনের মাধ্যমে এটি পাওয়া যায়।

$$HOOC\ CH_2 \,.\, COOH \xrightarrow[P_4O_{10}]{425K} 2O = C = C = C = O$$

কার্বনেট বাই কার্বনেট ও পেরোক্সো কার্বনেট

কার্বনেট আয়ন $CO_3^{2-}$ সামতলিক

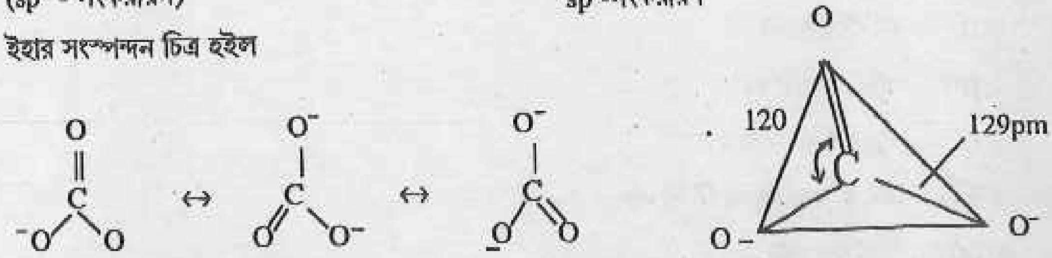
| C | 1s | 2s | $2p_x$ | $2p_y$ | $2p_z$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ভূমিস্তর | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ | |
| উজ্জীবিত | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |




পরমাণু

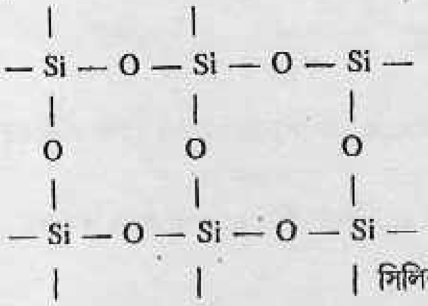
($sp^2$ - সংকরায়ন)

ইহার সংস্পন্দন চিত্র হইল




## সিলিকন ডাই অক্সাইড $SiO_2$

কার্বনের মত একটি সিলিকন পরমাণু অন্য কোন সিলিকা $CO_2$-এর মত একক অণু (discrete modulc) রূপে থাকে না। সিলিকন পরমাণুগুলি অক্সিজেন পরমাণুর দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে আবদ্ধ হয়ে একটি ত্রিমাত্রিক বিশাল অণু গঠন করে। $SiO_2$-এ সিলিকন অক্সিজেনের সঙ্গে দ্বিবন্ধ গঠন করতে পারে না, কারণ সিলিকন ও অক্সিজেনের আকৃতির পার্থক্য। এই পার্থক্য হেতু $p\pi - p\pi$ অভিলেপন বস্তু ঘটে না, সেজন্য $O = Si = O$ অণুর অস্তিত্ব নাই। অণু $O = C = O$ এর ক্ষেত্রে দুইটি $\pi$-বন্ধ বর্তমান এবং কার্বন ও অক্সিজেনের মধ্যে $p\pi - p\pi$ অভিলেপন অত্যন্ত দৃঢ় হয়।




সিলিকা

সেইজন্য $CO_2$ গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে এবং $SiO_2$ কঠিন পদার্থরূপে থাকে এবং ইহার গলনাঙ্ক খুবই বেশি।

সিলিকা আম্লিক, ক্ষারের সঙ্গে বিগলনে প্রশাসন বিক্রিয়ার ফলে সিলিকেট উৎপন্ন করে $SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$

### সিলিসিক অ্যাসিড ও সিলিকেটসমূহ

মেটাসিলিসিক অ্যাসিড

সোডিয়াম সিলিকেটের ঘন জলীয় দ্রবণকে HCl দ্বারা আম্লিক করে এটি প্রস্তুত করা হয় সাদা থকথকে অধঃক্ষেপটিকে ছেঁকে এবং জলদ্বারা ধুয়ে 80% অ্যালকোহলের সাহায্যে অনার্দ্র করা হয়। $Na_2SiO_3 + 2HCl = 2H_2SiO_3 + 2NaCl$ এটি সাদা অনিয়তাকার চূর্ণ এবং মৃদু অম্ল। অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড—

$SiF_4 + 4H_2O = H_4SiO_4 + 4HF$

$SiF_4$ গ্যাস জলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরে অধঃক্ষেপটি ঝাঁকিয়ে নিয়ে জল ও ইথার দ্বারা ধুয়ে ব্লটিং কাগজে শুকালে সাদা চূর্ণের আকারে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

সাধারণতঃ সিলিকেটের মুল গঠনাকৃতির বিশেষত্বের উপর নির্ভর করে তাদের শ্রেণী বিভাগে করা হয়।

শ্রেণী বিভাগ ঃ

(i) অর্থোসিলিকেট

(ii) পাইরোসিলিকেট

(iii) সংবৃত্তাকার সিলিকেট

(iv) চেন বা শৃঙ্খলাকৃতি সিলিকেট

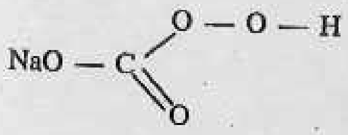
(v) শীট সিলিকেট

(vi) ত্রিমাত্রিক সিলিকেট

**2.4 কার্বন রসায়নের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিষয়সমূহ**

**পারক্সো কার্বনেটসমূহ :**

সোডিয়াম হাইড্রোপার ক্লাইড পারক্সোকার্বনেট পাওয়া যায়। ক্লোপার হাইড্রেট : $NaOOH.\frac{1}{2}H_2O_2$-এর সঙ্গে $CO_2$-র বিক্রিয়ায় পারকোর্বোনেট পাওয়া যায়।

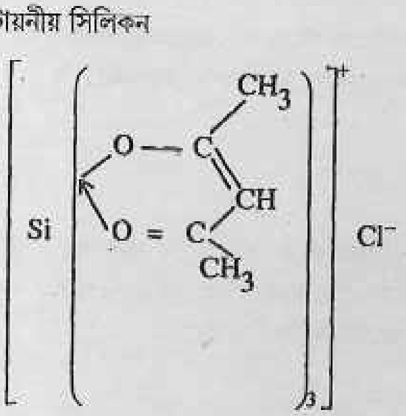


**কার্বাইডসমূহ :** কার্বন অপেক্ষা অধিকতর পরাধর্মী কোন মৌলের সঙ্গে কার্বনেট দ্বি-মৌলিক যৌগকে কার্বাইড বলা হয়। কার্বাইড তিন শ্রেণীর :

(i) আয়নিক অথবা লাবনিক কার্বাইড (ii) সমযোজী কার্বাইড এবং (iii) ইন্টারস্টিসিয়াল বা ধাতব কার্বাইড।

**2.5 সিলিকন রসায়নের বিশিষ্ট বিষয়সমূহ**

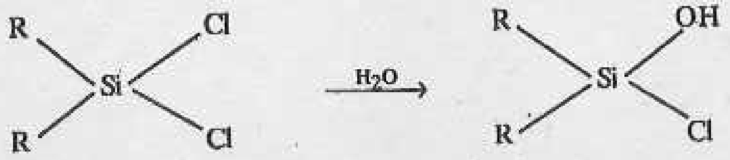
ক্যাটায়নীয় সিলিকন

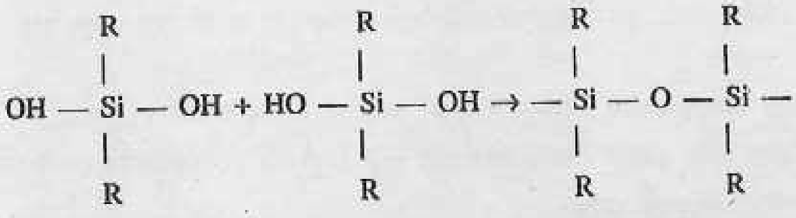


$CHCl_3$ দ্রবণে $SiCl_4$ ও অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন মেলালেই এই যৌগটি পাওয়া যায়।

সিলিকনসমূহ ঃ সিলিকন অক্সিজেন সিলিকন (—Si — O — Si—) বন্ধযুক্ত এক শ্রেণীর জৈব সিলিকন বহু যৌগিক পদার্থ সমূহের নাম সিলিকন।

প্রস্তুতি ঃ




সিলিকনের ব্যবহার ঃ এটি একটি অজৈব রাবার। রকেট পেন্ট হিসাবে জল বিকর্ষী আচ্ছাদন প্রস্তুতিতে, অন্তরক (Insulator) ব্যবহৃত হয়।

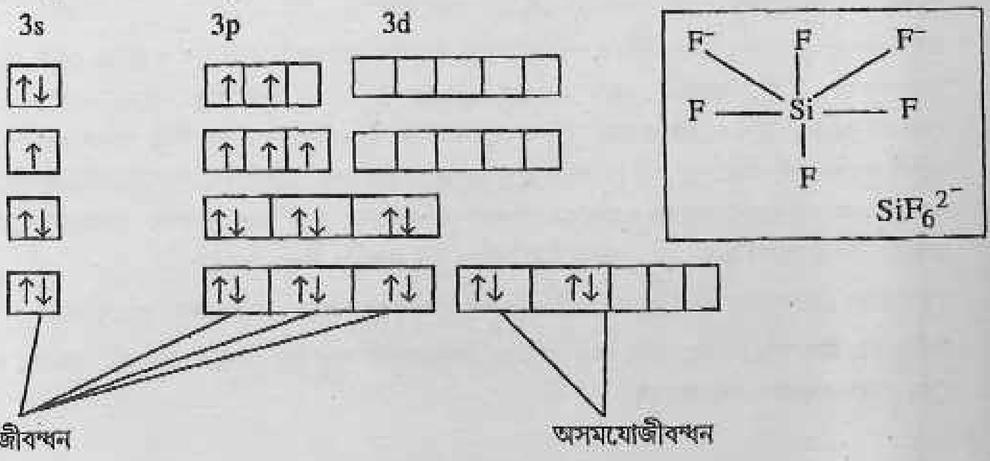
**2.2.6 জটিল যৌগসমূহ**

জটীল যৌগ গঠনের প্রবণতা বৃদ্ধি পায় (i) উচ্চআধান (ii) ছোট আকার (iii) উপযুক্ত শক্তি সমন্বিত খালি কক্ষের উপস্থিতি।

d কক্ষকের উপস্থিতি এবং প্রাপ্তব্যতার দরুন সিলিকন সর্বগাঙ্ক 4 থেকে 6-এ বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে কার্বনের d কক্ষক না থাকার জন্য এবং সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4 হওয়ায় সর্বগাঙ্ক 4 থেকে 6 বৃদ্ধি করতে পারে না। সেইজন্য সিলিকন $[SiF_6]^{2}$ উৎপন্ন করে কিন্তু $[CF_6]^{2}$ উৎপন্ন করে না।

$$SiO_2 + 6HF \rightarrow 2H^+ + [SiF_6]^{-2} + 2H_2O$$

$$SiF_4 + 2F^- \rightarrow [SiF_6]^{2-}$$



$[SiF_6]^{2-}$ জটিল যৌগটি জল ও ক্ষারে সুস্থির, গুচ্ছ যৌগ : পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে 14 শ্রেণীর মৌলগুলির বহু পরমাণুক (Polyatomic) গুচ্ছ যৌগ গঠনের প্রবণতা দেখা দেয়।

যথা $[Na(\text{ক্রিপ্ট})]_2^{+}[Sn_5]^{2-}$ ইত্যাদি

$[Na_4\ en_5Ge_9]$

## 2.2.7 সারাংশ

বর্তমান এককে 14 শ্রেণীর অর্থাৎ কার্বন পরিবারের মৌলগুলির সম্বন্ধে যা যা জানলাম আসুন তার সংক্ষিপ্তসার মনে করার চেষ্টা করি।

কার্বন পরিবারের সদস্যগুলি হইল— কার্বন সিলিকন, জার্মেনিয়াম, টিন ও লেড।

ধাতব কার্বনেটরূপে কার্বন ভূত্বকে অবস্থান করে প্রাণী ও উদ্ভিদের এই উভয়ের দেহের মূল উপাদান কার্বন।

কার্বন ও সিলিকনের বহুরূপতা আছে।

14 শ্রেণীর মৌলগুলির সমযোজী ব্যাসার্ধ।

13 শ্রেণীর মৌলগুলির সমযোজী ব্যাসার্ধ। অপেক্ষা কম

যথা C = 77 pm B = 85 pm

Si = 118 pm Al = 143 pm

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ও ভার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই শ্রেণীর সদস্য মৌলগুলির গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ক্রমশঃ হ্রাস পায় এবং ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।

অন্য সমস্থানিকগুলির তুলনায় কার্বন বেশি অপরাতড়িৎ ধর্মী। কার্বন অধাতব। ধাতব ধর্ম ক্রমে নিচের দিকে বাড়ছে।

14 শ্রেণীর মৌলরা +2 ও +4 জরণ সংখ্যা দেখায় পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে এই শ্রেণীর সদস্য মৌলগুলির +2 জারণ সংখ্যার স্থায়িত্ব বাড়ে।

নিষ্ক্রিয় জোটের প্রভাব (inert pair effect) হলে এর কারণ।

ক্যাটিনেশন : পরমাণু বলয় সৃষ্টির ক্ষমতা কার্বন পরমাণু সিলিকন পরমাণুর তুলনায় বেশি কারণ এটি ক্ষুদ্রাকার। C — C বন্ধনশক্তির মান (348 KJ / mole), Si — Si বন্ধন শক্তির মানের (180KJ / Mole) তুলনায় অনেক বেশি কার্বন পরমাণু দুটি কক্ষকের অভিলেপন সিলিকন পরমাণুর অভিলেপনের তুলনায় যথেষ্ট বেশি। এই কারণে C — C বন্ধন যথেষ্ট বেশী। এই কারণে C — C বন্ধন যথেষ্ট শক্তিশালী এবং ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রদর্শন করে। শৃঙ্খলায়ন প্রবণতা সিলিকনের মধ্যে অল্প পরিমাণ বিদ্যমান। পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই শ্রেণীর মৌলগুলির এই প্রবণতা বিলুপ্ত হয়।

14 শ্রেণীর মৌলগুলির অক্সাইড, হাইড্রাইড ও অক্সোঅ্যাসিড সম্বন্ধে আমরা জানতে পেরেছি।

সিলিকেট, কাঁচ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে সিলিকাজেল সম্বন্ধেও জানতে পেরেছি, তাছাড়া জটিল ও গুচ্ছ যৌগের কথাও বলা হয়েছে।

### 2.2.8 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

(1) কার্বন ও সিলিকন হাইড্রাইডের তুলনামূলক আলোচনা করুন।

(2) CO বিষাক্ত, $CO_2$ নয় ব্যাখ্যা করুন।

(3) $N(CH_3)_3$-এর ক্ষারকীয় ধর্ম আছে;
কিন্তু $N(SiH_3)_3$-এর নেই — ব্যাখ্যা করুন।

(4) CO ও $CO_2$-র বন্ধন প্রকৃতি ও গঠন আলোচনা করুন।

(5) বিক্রিয়া দিয়ে দেখান যে $CO_2$ ও $SiO_2$ আম্লিক অক্সাইড কিন্তু $SnO_2$ উভধর্মী ব্যাখ্যা করুন।

(6) $CCl_4$ আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হয় না কিন্তু $SiCl_4$ হয়— ব্যাখ্যা করুন।

(7) কাঁচ কী? এদের প্রস্তুতি বর্ণনা করুন।

(8) $SiO_2$ উচ্চ গলনাংক বিশিষ্ট কঠিন কিন্তু $CO_2$ গ্যাস— ব্যাখ্যা করুন।

(9) সিলিকা জেল-এর প্রস্তুতি ও ব্যবহার লিখুন।

(10) কার্বনের অক্সাইডগুলির তুলনা করুন।

(11) CO কে কিভাবে অক্সালিক COOH অ্যাসিডে পরিণত করবেন
|
COOH

(12) অক্সালিক অ্যাসিড থেকে বিশুদ্ধ CO প্রস্তুতি বর্ণনা করুন।

### 2.2.9 উত্তরমালা

(1) কার্বনের হাইড্রাইডগুলির স্থায়িত্ব (Stability) অত্যন্ত বেশী। সিলিকনের হাইড্রাইডগুলি তুলনামূলকভাবে অস্থায়ী।

কার্বন 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 অ্যঅলি সাইক্লিক্ যৌগসমূহ সিলিকনের অল্প সংখ্যক সম্পৃক্ত হাইড্রাইড গঠন করে। $SiH_{2n+}2$ , অ্যালকেনের ক্ষেত্রে হ্যালোজেন দিয়ে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন হয়। কিন্তু সিলেনের ক্ষেত্রে এটি ঘটে অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে খুবই সীমিতভাবে।

(2) বাতাসের কার্বন মনোক্সাইড রক্তের হিমোগ্লোবিনের সাথে বিক্রিয়া করে স্থায়ী কার্বক্সি হিমোগ্লোবিন যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগ গঠনের জন্য হিমোগ্লোবিন তার অক্সিজেন পরিবহন ক্ষমতা হারায় ফলে প্রশ্বাসের কাজে ব্যবহৃত রক্তের কার্যকারিতা ধীরে ধীরে নষ্ট হয়ে যায়। $CO_2$ হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে এরূপ কোন যুত যৌগ গঠন করে না। $CO_2$ গ্যাসে কার্বনের যোজ্যতা সম্পৃক্ত থাকায় যুত যৌগ গঠন করে না।

(3) ট্রাই মিথাইল অ্যামিনের $(CH_3)_3N$-গঠন হল পিরামিডীয় ও ট্রাই সিলাইল অ্যামিন $(SiH_3)_3$-গঠন হল সামতলিক ত্রিকোণাকার।

$-CH_3$ সঙ্গে বন্ধ

$(CH_3)_3$ N-এর ইলেকট্রন বিন্যাস 2S 2p

↑↓ ↑ ↑ ↑

নিঃসঙ্গ জোট $Sp^3$-সংকরায়ন

$(SiH_3)_3$N-এর ইলেকট্রন বিন্যাস

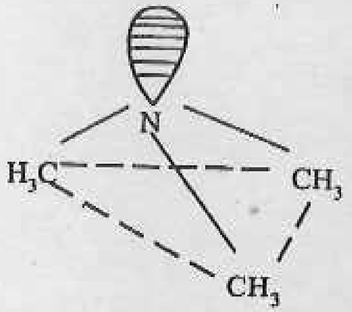
↑ ↑ ↑ ↑↓

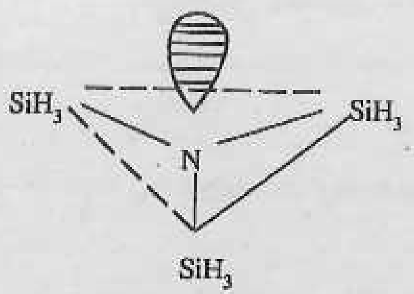
$P_z$ কক্ষকে নিঃসঙ্গ জোট

$Sp^2$ — সংকরায়ন

$SiH_3$-র সঙ্গে বন্ধ

$(SiH_3)_3$ N-এ N-এর pz কক্ষকের নিঃসঙ্গ জোট সিলিকনের খালি d-কক্ষকের সঙ্গে π বন্ধ গঠন করে। এই ধরনের π বন্ধকে pH – dπ বন্ধ বলে।




ট্রাইসিলাইল অ্যামিন

যেহেতু নিঃসঙ্গ জোট প্রদান অণুর মধ্যে ঘটে, ইহাকে আভ্যন্তরীণ p বন্ধীভবন বলে।

pH – dπ বন্ধ গঠনের জন্য N – Si বন্ধন হ্রস্বতর হয়ে পড়ে। N-পরমাণুতে নিঃসঙ্গ জোট না থাকার জন্য $(SiH_3)_3$N-এর ক্ষারকীয় ধর্ম নাই।

(4) CO-এর বন্ধন প্রকৃতি নিম্নরূপ

: C ⋮ O: বা C≡O

সংস্পন্দন : $:\overset{+}{\ddot{O}}:\ddot{\underset{..}{O}}:^{-}$ ↔ $:C::\ddot{O}:$ ↔ $:\bar{C}:::\overset{+}{\ddot{O}}:$ ↔ $C \overset{\leftarrow}{=} O$

I II III IV

$CO_2$ এর বন্ধ প্রকৃতি হলে— এর তিনটি সংস্পন্দিত আকৃতি হল নিম্নরূপ :—

$$:\ddot{O} :: C :: \ddot{O}: \leftrightarrow :\ddot{O}: C ::: \overset{+}{O}: \leftrightarrow :\overset{+}{O} ::: C :\ddot{O}:$$

$$O = C = O \leftrightarrow \bar{O} - C \equiv \overset{+}{O} \leftrightarrow \overset{+}{O} \equiv C - \bar{O}$$

সংস্পন্দিত আকৃতি

(5) $CO_2$ আম্লিক অক্সাইড, ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ তৈরি করে। সিলিকা আম্লিক, ক্ষারের সঙ্গে বিগলনে সিলিকেট উৎপন্ন হয়

$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$

$SnO_2$ তরলায়িত অ্যাসিড বা ক্ষার এর সঙ্গে তেমন কোন বিক্রিয়া করে না। কিন্তু ঘন $H_2SO_4$-এ দ্রবীভূত হয়। ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে স্ট্যানেট্ উৎপন্ন করে।

$SnO_2 + 2NaOH = Na_2SnO_3 + H_2O$

$SnO_2$-র আম্লিক ধর্ম প্রধান।

(6) 2.3.3 অংশ দেখুন (রাসায়নিক ধর্মাবলী হ্যালাইড কাঁচের প্রধান উপাদান হল সিলিকা।

(7) সিলিকা বা কোয়ার্টজের সঙ্গে $CaCO_3$ এবং $Na_2CO_3$ বা $K_2CO_3$-এর মিশ্রণকে সম্পূর্ণ রূপে গলিয়ে এবং পরে শীতল করলে যে স্বচ্ছ বা প্রায় স্বচ্ছ, অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়, তাকে কাচ বলে

$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$

কাচের শ্রেণী বিভাগ উপাদানগুলির অনুপাত ও বিভিন্নতার উপর নির্ভর করে কাচকে পাঁচটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়

(i) নরম কাচ বা সোডা কাচ

(ii) শক্ত কাচ বা বোহেমিয়ান কাচ

(iii) সীসা কাচ বা ফ্লিন্ট কাচ

(iv) ক্রাউন কাচ

(v) বোরো সিলিকেট কাচ

(8) 2.3.3 অংশ দেখুন (রাসায়নিক ধর্মাবলী অক্সাইড)

(9) সিলিকাজেল ঃ সোডিয়াম সিলিকেটের একটি ন জলীয় দ্রবণের মধ্যে কোন খনিজ অ্যাসিড যোগ করলে জেলির মত থক্‌থকে সিলিসিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়। এই জেলি পদার্থটিকে 300° উষ্ণতায় বা বায়ু শূন্য অবস্থায় উত্তপ্ত করলে একটি শক্ত ও স্বচ্ছ বা প্রায় স্বচ্ছ পাওয়া যায়। ইহাতে 14% সিলিকা বর্তমান। এবং 5-6% জল থাকে। ইহা সিলিকা জেল ($SiO_2$, $nH_2O$) নামে পরিচিত।

ব্যবহার ঃ অত্যন্ত জলাকর্ষী হওয়ায় ইহা গ্যাস নিয়ন্ত্রনে ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলিয়াম শিল্পে অনুঘটক হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে।

(10) কার্বন বিভিন্ন অবস্থায় অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একাধিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। যেমন কার্বন মনোক্সাইড (CO), কার্বন ডাই অক্সাইড ($CO_2$) ও কার্বন সাব অক্সাইড ($C_3O_2$) মনোক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড এবং অপ্রচুর বায়ুতে কার্বনের দহনের ফলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2C + O_2 = 2CO$, এটি গন্ধহীন, অত্যন্ত বিষাক্ত, নিজে দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নয়।

$CO_2$ একটি আম্লিক গ্যাস, এটি কার্বনের দহনের ফলে উৎপন্ন হয়। এটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস এবং কোন বিষ ক্রিয়া নাই।

(11) $CO + NaOH \xrightarrow[\text{উচ্চ চাপে}]{200^0 C} HCOONa \xrightarrow{360^0-370^0}$

$$\begin{array}{l} COONa \\ | \\ COONa + H_2 \\ \downarrow Ca(OH)_2 \\ \left(\begin{array}{l} COO \\ | \\ COO \end{array}\right) Ca \\ \downarrow \text{লঘু } H_2SO_4 \\ COOH \\ | \qquad + CaSO_4 \downarrow \\ COOH \end{array}$$

অক্সালিক অ্যাসিড

$$(12) \begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + \underset{\text{ঘন}}{(H_2SO_4)} \underset{\Delta}{\overset{60^0}{=}} CO + CO_2 + (H_2O + H_2SO_4)$$

অক্সালিক অ্যাসিডের কেলাস ও ঘন $H_2SO_4$ এর মিশ্রণকে 60°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই অক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত মিশ্রণকে কস্টিক পটাস পূর্ণ বোতলের মধ্যে দিয়ে পাঠালে $CO_2$ শোষিত হয় এবং CO বাহির হয় যা জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

# একক 2A □ 15-শ্রেণির মৌলসমূহ

গঠন

2.3.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.3.2 অবস্থিতি নিষ্কাশন ও ব্যবহার

2.3.2.1 অবস্থিতি

2.3.2.2 নিষ্কাশন / প্রস্তুতি

2.3.2.3 ব্যবহার

2.3.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ

2.3.3.1 ভৌতধর্মাবলী

2.3.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী

2.3.4 যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও পর্যাবৃত্তি

2.3.4.1 হাইড্রাইড সমূহ

2.3.4.2 হ্যালহিড সমূহ

2.3.4.3 অক্সাইড ও অক্সোঅ্যাসিডসমূহ

2.3.5 নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণ

2.3.6 নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ ও ফসফেট ঘটিত সার

2.3.7 অজৈব রাবার

2.3.8 অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন এবং নাইট্রোজেনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগ

2.3.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

## 2.3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

আসুন এবার আমরা পর্যায় সারণীর 15 শ্রেণীর মৌলগুলির সম্বন্ধে আলোচনা করি।

এই শ্রেণীর সবকটি মৌলই p-ব্লকের অন্তর্ভুক্ত নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ—এই পাঁচটি মৌল নিয়ে 15 শ্রেণীটি গঠিত। এদেরকে নাইট্রোজেন পরিবারও বলা হয়।

এই পাঁচটি মৌলের মধ্যে কেবলমাত্র ফসফরাসই প্রকৃতিতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রকৃতিতে অবস্থিতির পরিমাণে P — 0.118%, N — $5 \times 10^{-3}$%

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এদের গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলির পর্যাবৃত্তি দেখা যায়।

নাইট্রোজেন আদর্শ অধাতু ফসফরাস অধাতু আর্সেনিক অধাতু কিন্তু ধাতব ধর্ম অনেকটাই বর্তমান। এই কারণেই আর্সেনিককে ধাতুকল্প বা মেটালয়েড বলে। অ্যান্টিমনি ধাতু কিন্তু এর মধ্যে অধাতব ধর্মও বর্তমান। সেই জন্য অ্যান্টিমনিকেও ধাতুকল্প বলে। বিসমাথ আদর্শ ধাতু।

**উদ্দেশ্য ঃ**

15 শ্রেণীভূক্ত মৌলসমূহের অবস্থিতি, নিষ্কাশন / প্রস্তুতি ও ব্যবহার সম্বন্ধে জানবেন।

ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক ধারণা পাবেন।

মৌলসমূহের প্রধান প্রধান যৌগের তুলনামূলক আলোচনা করতে পারবেন।

নাইট্রোজেন চক্র কি? এবং কীভাবে নাইট্রোজেন নাইট্রেট ভারসাম্য রক্ষিত হয় তার সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণ।

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি জানতে পারবেন।

অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন জানতে পারবেন।

ফসফরাস ঘটিত সার সম্বন্ধে ধারণা পাবেন।

অজৈব রাবার সম্বন্ধে সম্যক ধারণা পাবেন।

ইত্যাদি।

**2.3.2 অবস্থিতি :** নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই উদ্ভিদ ও জীবদেহের কলার গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। প্রোটিন ও ডি-অক্সি রাইবো নিউক্লিক অ্যাসিড (D.N.A)-এর মধ্যে এরা আছে। ক্যালসিয়াম ফসফেট রূপে অস্থি ও দাঁতের মধ্যে ফসফরাস বিদ্যমান।

**2.3.3 নিষ্কাশন প্রস্তুতি :**

নাইট্রোজেন : নাইট্রোজেন যুক্ত কোন জৈব যৌগ এবং CuO-এর মিশ্রণকে 600° - 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বা উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়ে $NH_3$ গ্যাস প্রবাহিত করলে $N_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3H_2O + 3Cu$$

বায়ু থেকে নাইট্রোজেন সংগ্রহের পদ্ধতি বায়ুকে বিশুদ্ধ করে বারবার সংনমিত করে $2 \times 10^4$ কিলো পাস্কাল চাপ। প্রয়োগ করে দ্রুত প্রসারিত করলে বায়ু তরলে পরিণত হয় (জুল-কেলভিন প্রভাব)। এই তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করলে উদ্বায়ী নাইট্রোজেন (77K) প্রথমে বাহির হয়ে আসে।

**ফসফরাস :** রাসায়নিক ভাবে সক্রিয় হওয়ার জন্য ফসফরাস কখনও প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। প্রধানতঃ ফসফেট আকরিক রূপে পাওয়া যায় যথা :

ফ্লুওর অ্যাপাটাইট $3\ Ca_3\ (PO_4)_2,\ CaF_2$

ফস্‌ফোরাইট $Ca_3\ (PO_4)_2$

ক্লোর অ্যাপাটাইট $3Ca_3(PO_4)_2,\ CaCl_2$

ফসফেট আকরিক চূর্ণকে বালি, কোকের সঙ্গে মিশিয়ে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1800K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফসফরাস পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার প্রথম স্তরে ক্যালসিয়াম ফসফেট সিলিকার (বালি) সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম

সিলিকেট এবং ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে। পরে অনুদ্বায়ী $P_2O_5$

কোক দ্বারা বিজারিত হয়ে ফসফরাসে পরিণত হয়।

$$3\,Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 \rightarrow 6CaSiO_3 + P_4O_{10}$$

$$P_4O_{10} + 10C \rightarrow P_4 + 10CO$$

অস্থিভস্ম থেকেও ফসফরাস পাওয়া যায়

$$Ca_3\,(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3CaSO_4 + 2H_2PO_4$$

$$H_3PO_4 \xrightarrow{\Delta} HPO_3\,;\; 4HPO_3 + 12C = P_4 + 2H_2 + 12CO.$$

ব্যবহার ঃ নাইট্রোজেন প্রধানতঃ হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। তরল নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়। জীববিদ্যার বিভিন্ন নমুনা সংরক্ষণে প্রক্রিয়াকৃত খাদ্য এবং ঔষধাদি সংরক্ষণে ও ইলেকট্রিক বালব্-এ নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

লাল ফসফরাস দিয়াশালাই, বাজি, আগুনে বোমা (incendiary bombs)

ফসফর ব্রোঞ্জ ও (Phosphor bronze), ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

**2.3.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্য সমূহ :**

**2.3..3.1 ভৌত ধর্মাবলী : 15 শ্রেণীর মৌলগুলি সাধারণ বৈশিষ্ট্য**

| | N | P | As | Sb | Bi |
|---|---|---|---|---|---|
| পারমাণবিক সংখ্যা | 7 | 15 | 33 | 51 | 83 |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | $[He]2s^2 2p^3$, | $[Ne]\,3s^2 3p^3$, | $[Ar]3d^{10}\,4s^2 4p^3$, | $[Kr]\,4d^{10}5s^2 5p^3$, | $[Xe]\,4f^{14}5d^{10}6s^2 6p^3$ |
| সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm পি. এম.) | 150 | 180 | 200 | 220 | |
| যোজ্যতা | [−3, +1, +2, +3, +4, +5] | [−3, +1, +3, +4, +5] | [−3, + 3, + 5] | [−3, + 4, + 5] | |
| অপরাধর্মিতা (পাউলিংস্কেলে) | 3 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.7 |

ভৌতধর্ম ঃ এই শ্রেণীর প্রথম মৌল নাইট্রোজেন একটি গ্যাস। দ্বিতীয় মৌল ফসফরাস কঠিনাকার কিন্তু অল্প তাপমাত্রায় (317K) গলে যায়।

As, Sb, Bi কঠিন এবং এরা অধিকতর তাপমাত্রায় বিগলিত হয়।

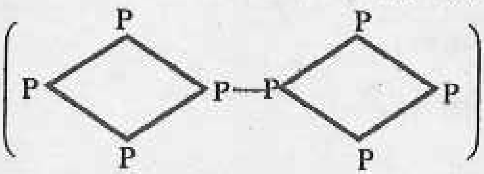
বহুরূপতা ঃ 15 শ্রেণীর মৌল সমূহের একাধিক রূপভেদ একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য।

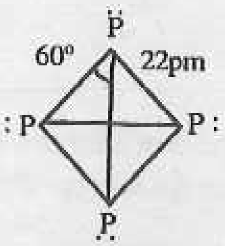
বিস্মাথ ছাড়া বাকী চারটি মৌলই বিভিন্ন রূপভেদে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। কঠিন অবস্থায় নাইট্রোজেন আলফা ($\alpha$ কিউবিক কেলাস) এবং বিটা ($\beta$ হেক্সাগোনাল) কেলাস রূপভেদে পাওয়া যায়।

ফসফরাসের তিনটি প্রধান রূপভেদ আছে।

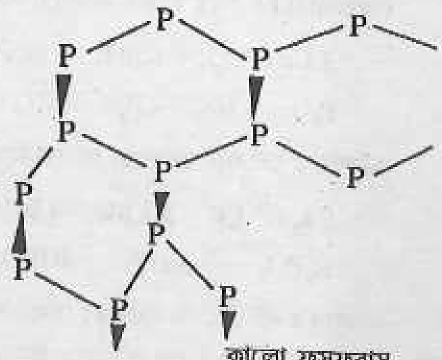
যথা সাদা ফসফরাস, লাল ফসফরাস ও কালো ফসফরাস, এদের গঠনাকৃতি হলে নিম্নরূপ—

লাল ফসফরাস



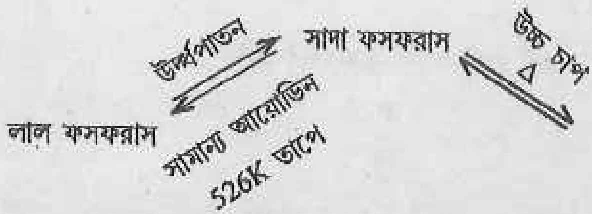



সাদা ফসফরাস



কালো ফসফরাস

রূপান্তর




পারমাণবিক আয়তন ও পারমাণবিক ব্যাসার্দ্ধ

এই শ্রেণীর মৌলগুলির পারমাণবিক আয়তন ও পারমাণবিক (সমযোজী) ব্যাসার্দ্ধ পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি ঃ ঋণাত্মক ও ধনাত্মক জারণস্তর ঃ

15 শ্রেণীর মৌলগুলির যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^3$. এই পাঁচটি ইলেকট্রনের মধ্যে ns কক্ষকের দুইটি ইলেকট্রন জোড় বদ্ধ অবস্থায় থাকে এবং np তিনটি ইলেকট্রন, $np_x$, $np_y$, $np_z$ কক্ষকে এককভাবে অবস্থান করে। ইহাদের যোজ্যতা কক্ষের 'অষ্টক' পূর্ণ করার জন্য অর্থাৎ পরের নিষ্ক্রিয়মৌলের ইলেকট্রন সংখ্যা লাভ করার জন্য আরও তিনটি ইলেকট্রন প্রয়োজন। 15 শ্রেণীটি পর্যায় সারণীর দক্ষিণ প্রান্তে অবস্থিত নিষ্ক্রিয় মৌলগুলির কাছাকাছি থাকায় ইহাদের ইলেকট্রন বর্জন অপেক্ষা গ্রহনের প্রবণতা বেশী। ফলে অধিকাংশ যৌগের মধ্যে ঋনাত্ম জারণস্তর থাকে। ধাতব নাইট্রাইড অথবা $RH_3$ ধরনের হাইড্রাইডের মধ্যে নাইট্রোজেন হইতে বিসমাথ পর্যন্ত সকল মৌলেই –3 জারণ স্তর আছে।

$RH_3$ ধরনের হাইড্রাইডগুলির স্থায়িত্ব $NH_3$ হইতে $BHiH_3$-এর দিকে হ্রাস পায়। কারণ নাইট্রোজেন হইতে বিসমাথের দিকে অপরাধর্মিতা (পারমাণবিক বৃদ্ধির ফলে) হ্রাস পায় এবং মৌলগুলির –3 জারণ স্তরের স্থায়িত্ব ও হ্রাস পায়। ধনাত্মক জারণ সংখ্যার উদ্ভবের কারণ হল অপরাধর্মিতার পার্থক্য।

15 শ্রেণীর মৌলগুলির যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস, $nS^2np^3$। এটা থেকে স্পষ্টই বোঝা যায় যে মৌলগুলির সম্ভাব্য ধনাত্মক জারণস্তর হবে +3 এবং +5 p-ইলেকট্রন এবং S-3p-উভয় জাতীয় ইলেকট্রনের অংশগ্রহণে +3 এবং +5 জারণ স্তরের উদ্ভব ঘটে +3 জারণ স্তরে অবস্থিতির সময় এদের তিনটি p ইলেকট্রনই রাসায়নিক বন্ধনে অংশগ্রহণ করে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে S ইলেকট্রনের নিষ্ক্রিয় থাকার প্রবণতা (নিষ্ক্রিয় জোট প্রভাব) বাড়ে। তখন কেবলমাত্র p ইলেকট্রনের ব্যবহারের ফলে +3 জারণ সংখ্যার আধিক্য দেখা যায়।

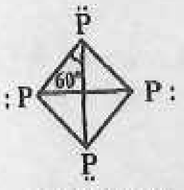
**বন্ধন শক্তি ও পরমাণুকতা ঃ**

নাইট্রোজেন সাধারণত তাপমাত্রায় গ্যাসীয় এবং অনু দ্বি-পরমাণুক, গঠন $N \equiv N$।

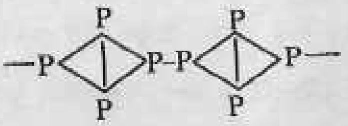
$N \equiv N$ বন্ধের বন্ধন শক্তি 946 জুল মোল$^{-1}$ ; অন্যদিকে $P \equiv P$ বন্ধ দুর্বল এবং এর মান 490 কি জুল মোল$^{-1}$ তাই ফসফরাস গ্যাসীয় অবস্থায় চতুর্পরমাণুক।

### 2.3.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী

$N \equiv N$ বন্ধ শক্তির আধিক্যের জন্য সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয়, সাদা ফসফরাস খুবই সক্রিয়। কিন্তু লাল ও কালো ফসফরাস শ্বেত ফসফরাস অপেক্ষা অনেক নিষ্ক্রিয়। ফসফরাস গ্যাসীয় ও তরল অবস্থায় বিচ্ছিন্ন চতুস্তলকীয়। $P_4$ অণু হিসেবে থাকে। সাদা ফসফরাস কঠিন অবস্থায়ও তাই।



সাদা ফসফরাস



লাল ফসফরাস

$P_4$ অণুর আন্তপারমাণবিক কোন 60° হওয়ার জন্য এর বিকৃতি (Strain) ঘটে, ইহহি রাসায়নিক সক্রিয়তার কারণ। লাল ফসফরাসের চতুস্তলকীয় $P_4$ এককগুলি শৃংখলের আকারে পরস্পর যুক্ত থাকে। ফলে, $P_4$-এককগুলি শৃংখলের আকারে পরস্পর যুক্ত থাকে। ফলে, $P_4$-এককগুলির মধ্যে বিকৃতি তুলনামূলকভাবে সাদা ফস্‌ফরাসের $P_4$-এককগুলি অপেক্ষা কম হওয়ায় লাল ফসফরাসের রাসায়নিক সক্রিয়তা সাদা ফসফরাসের অপেক্ষা অনেক কম। কালো ফসফরাসের P-পরমাণুগুলি বিকার বিহীন সুষম ষড়ভুজের ছয়টি কৌণিক বিন্দুতে থেকে বৃহৎ শৃঙ্খলাকারে বিন্যস্ত।

অন্যান্য পদার্থের সঙ্গে রাসায়নিক সক্রিয়তার ক্রম এইরূপ :

সাদা > লাল > কালো

### 2.3.4 হাইড্রাইডসমূহ ঃ

যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও পর্যাবৃত্তি নাইট্রোজেন শ্রেণীর সকল মৌলই $RH_3$ সংকেতের গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এই হাইড্রাইডগুলির কয়েকটি প্রধান ধর্মের ক্রম পরিবর্তন নিম্নে দেওয়া হল। 15 শ্রেণীর মৌলসমূহের উদ্বায়ী হাইড্রাইড সুপরিচিত। N-এর 5টি হাইড্রাইড আছে যথা $N_3H$, $N_2H_4$, $NH_3$, $N_4H_4$, $N_5H_5$, P-এর $PH_3$ (ফস্‌ফিন) $P_2H_4$ ও $(PH_2)$ x এই তিনটি হাইড্রাইড আছে।

$NH_3$, $PH_3$, $AsH_3$, $SbH_3$, $BiH_3$ এরকম।

(ক) আয়নীয় প্রকৃতি → বৃদ্ধি পায়

(খ) বিজারণ ক্ষমতা → বৃদ্ধি পায়

(গ) আম্লিক প্রকৃতি → বৃদ্ধি পায়

(ঘ) তাপ স্থায়িত্ব → বৃদ্ধি পায়

(ঙ) হাইড্রোজেন বন্ধন → বৃদ্ধি পায়

(চ) রাসায়নিক স্থায়িত্ব → বৃদ্ধি পায়

(ছ) বন্ধন কোণের ক্রম → বৃদ্ধি পায়

এই হাইড্রাইডগুলির মধ্যে মূল মৌলটির জারণ সংখ্যা –3 ; এই হাইড্রাইডগুলি মূলতঃ সমযোজী যৌগ হলেও এদের মধ্যে কিছু পরিমাণ তড়িৎযোজী প্রকৃতি বর্তমান থাকে।

ট্রাই-হাইড্রাইডের গঠন চতুস্তলকীয়, একটি শীর্ষে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোট থাকে।

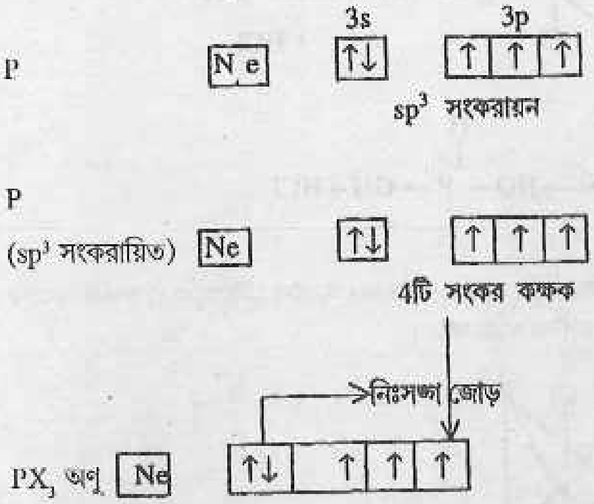
অ্যামোনিয়া একটি মাঝারী শক্তির ক্ষারকীয় যৌগ এবং ইহা তীব্র ও মৃদু –এই উভয় ধরনের অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ গঠন করতে পারে। $NH_3$-র তুলনায় $PH_3$ (ফসফিন) এর ক্ষারকীয়তা অনেক কম। এটি কেবলমাত্র তীব্র অ্যাসিডগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে $PH_4x$ জাতীয় ফসফোনিয়াম হ্যালহিড গঠন করে।

(x = Cl, Br, I) যেহেতু নিঃসঙ্গ জোট ও বন্ধ জোটের বিকর্ষণ দুটি বন্ধ জোটের বিকর্ষণ ছাড়িয়ে যায়, চতুস্তলকের সুষম আকৃতি বিকৃত হয়ে পড়ে। কেন্দ্রীয়মৌলের অপরাধর্মিতা যত কমে, বন্ধ জোট ততই কেন্দ্রীয় পরমাণু থেকে দূরে সরে যায়। নিঃসঙ্গ জোটও তত বেশি বিকৃতি ঘটায়। ফলে বন্ধন কোণের ক্রম হয়—

< HNH > < HPH > HAsH
106° 45′ 94° 91.48°

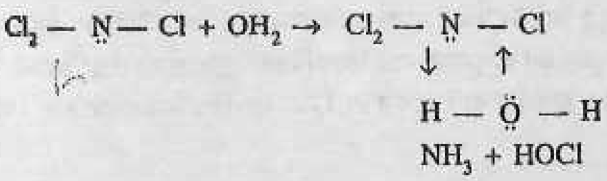
**2.3.4.2** হ্যালাইড সমূহ 15 শ্রেণীর মৌলগুলি দুই প্রকার হ্যালাইড গঠন করে। ট্রাই হ্যালাইড ($RX_3$) এবং পেন্টা-হ্যালাইড ($RX_5$)। N-এর $NF_3$ $3NCl_3$ এবং P-এর $PF_3$, $PCl_3$ $PBr_3$,, $PI_3$ ও $PF_5$, $PCl_5$ এবং $PBr_5$-এর অস্তিত্ব জানা আছে।

$NF_3$ সুস্থির এবং $NCl_3$ বিস্ফোরক উদ্বায়ী তরল। হাইড্রাইডগুলির মত এই ট্রাইহ্যালাইডগুলিও মূলতঃ সমযোজী প্রকৃতির যৌগ। ট্রাই হ্যালাইডগুলি আকৃতিতে পিরামিডের মত। $PX_3$ অণুর গঠন ও আকৃতি দেখানো হল।




বিন্দুসহ যোগে অঙ্কিত তীর চিহ্নগুলি হ্যালোজেন পরমাণুসমূহ কর্তৃক প্রদত্ত ইলেকট্রন নির্দেশ করা হল।

$NF_3$ অণুটির মধ্যে নাইট্রোজেন বা ফ্লুরিন পরমাণুর d কক্ষক নাই। সেইজন্য $NF_3$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না। কিন্তু $NCl_3$ তে ক্লোরিন পরমাণুর খালি d কক্ষকের সহযোগিতায় $H_2O$ অণু নিম্নলিখিত বন্ধন সৃষ্টি করে এবং আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

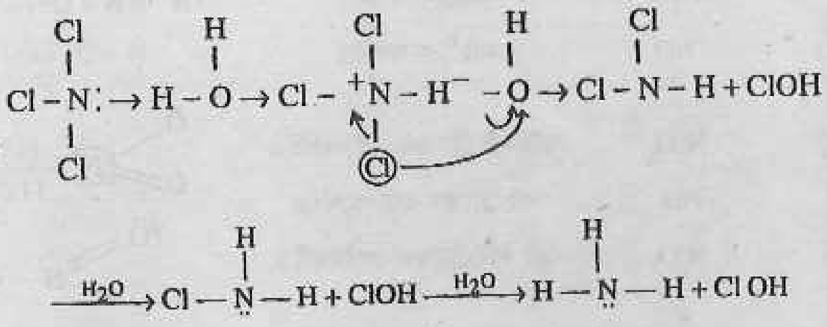


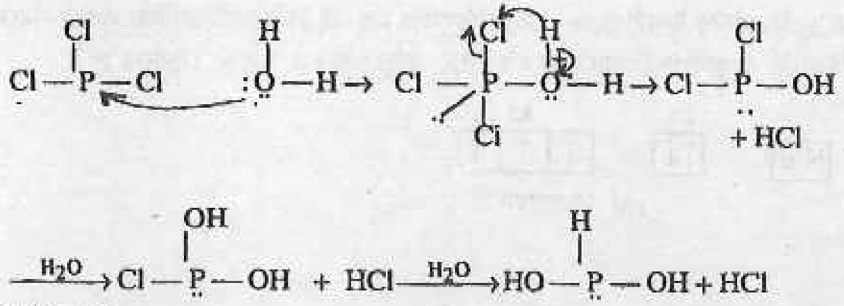
$NX_3$ ছাড়া অন্য ট্রাইহ্যালাইডের দ্রুত আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে এবং সংশ্লিষ্ট মৌলের অক্সো-অ্যাসিড অক্সোহ্যালাইড পাওয়া যায়।

$NCl_3 + 3H_2O \rightarrow NH_3 + 3HOCl$

$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HCl$

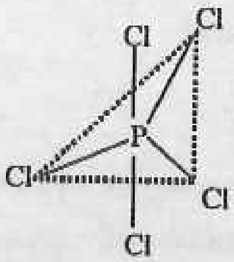
$NCl_3$ ও $PCl_3$-এর বিভিন্ন ধরনের আর্দ্র বিশ্লেষণের কারণ হল, N পরমাণুতে d কক্ষকের অনুপস্থিতি হেতু ইলেকট্রন গ্রহণের অসমর্থতা।





পেন্টাহ্যালাইড সমূহ :

15 শ্রেণীর প্রথম মৌল নাইট্রোজেন পেন্টাহ্যালাইড গঠন করতে পারে না। অন্যান্য মৌলগুলি d কক্ষক ব্যবহার করে পাঁচটি $Sp^3d$ সংকর কক্ষক সৃষ্টির মাধ্যমে পেন্টা হ্যালাইড গঠন করে।



$PCl_5$-ট্রাই গোনাল বাই পিরামিড

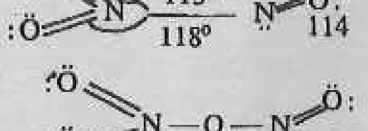
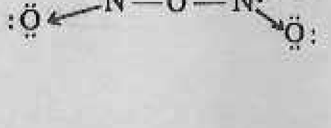
**$PCl_5$ পাওয়া যায় কিন্তু $PH_5$ পাওয়া যায় না :**

$PCl_5$-এর কেন্দ্রীয় পরমাণু P, উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি বিশিষ্ট Cl-এর সঙ্গে বন্ধন গঠন করে। এই যৌগে 'P' এর জারণ সংখ্যা সর্বাধিক। P পরমাণু থেকে ক্রমাগত σ-বন্ধন জোড়ের অপসারণ ঘটে ফলে বিকর্ষণ হ্রাস পায়। 'Cl' আয়ন 'P' এর 3d কক্ষকটিকে অধিকমাত্রায় ব্যবহার করে যা H দ্বারা সম্ভব নয়। আবার $PCl_5$-এ এফেক্টিভ নিউক্লিয়ার চার্জ বেড়ে যাওয়ায় d কক্ষকের ব্যাসার্ধের সংকোচন ঘটে।

$PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$

**2.3.4.3 অক্সাইড ও অক্সো অ্যাসিডসমূহ :**

নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহ :

| জারণস্তর | সংকেত | নাম | গঠন |
|---|---|---|---|
| +1 | $N_2O$ | নাইট্রাস অক্সাইড | $:\ddot{N}^- = \overset{+}{N} = \ddot{O}: \leftrightarrow :N \equiv \overset{+}{N} - \ddot{\underset{..}{O}}:^-$ |
| +2 | NO | নাইট্রিক অক্সাইড | $:\dot{N} = \ddot{O}: \leftrightarrow :\ddot{N}^- = \dot{O}:^+$ |
| +3 | $N_2O_3$ | ডাই নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড |  |
| +4 | $NO_2$ | নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড | |
| +5 | $N_2O_5$ | ডাই নাইট্রোজেন পেন্টাক্সাইড |  |

প্রস্তুতি : (a) $NH_4NO_3 \xrightarrow{455K-525K} N_2O + 2H_2O$

(b) $3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

(c) $2Cu(NO3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2CuO + 4NO_2 + O_2$

(d) $2H_2O + 2HNO_3 + As_2O_3 \xrightarrow{\Delta} 2H_3ASO_4 + N_2O_3$

(e) $4HNO_3 + P_4O_{10} \xrightarrow[distilling]{\Delta} 43HPO_3 + 2N_2O_5$

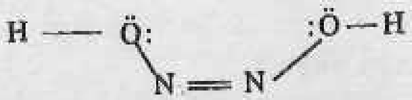
ফসফরাসের অক্সাইডসমূহ

| P-এর জারণস্তর | | নাম | সংকেত | মন্তব্য |
|---|---|---|---|---|
| +3 | ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড | $P_2O_3$ | সাদা কেলাস, রসুনের গন্ধ যুক্ত | |
| +4 | ফসফরাস টেট্রাক্সাইড | $P_2O_4$ | | |
| +5 | ফসফরাস পেন্টাক্সাইড | $P_2O_5$ | সাদা-কঠিন | |

নাইট্রোজেনের অক্সোঅ্যাসিডসমূহ :

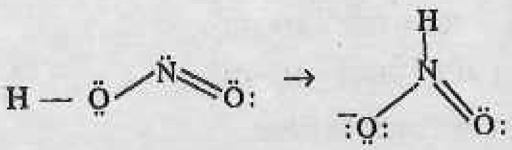
আনবিক সংকেত ও নাম — গঠন সংকেত

$H_2N_2O_2$
হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড

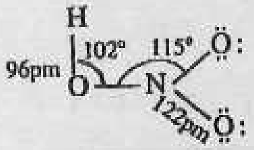


$HNO_2$

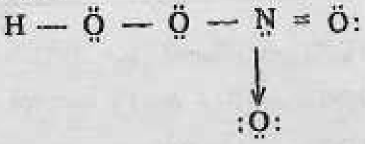
নাইট্রাস অ্যাসিড



নাইট্রিক অ্যাসিড $NO_3$




পারনাইট্রিক অ্যাসিড



নাইট্রিক অ্যাসিড ($HNO_3$) : নাইট্রোজেনের অক্সো অ্যাসিড সমূহের মধ্যে এটিই সর্বপ্রধান $HNO_3$ অ্যাসিড পরীক্ষাগারে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়।

$NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + HNO_3$

নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড এবং একটি শক্তিশালী জারক পদার্থে যখন $HNO_3$ (16N) একটি শক্তিশালী জারক।

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর বিন্যাস অনুযায়ী ধাতুগুলিকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়।

(১) কম সক্রিয় ধাতু যথা, Cu, Ag, Hg, Bi

(২) অতি সক্রিয় ধাতু যথা, Pb, Zn, Sn, Fe

(৩) বরধাতু যথা, Au এবং Pt, Rh, Ir

কম সক্রিয় ধাতুর সঙ্গে $HNO_3$-এর বিক্রিয়া

$$2HNO_3 \rightarrow H_2O + 2NO_2 + [O] \text{ — (1)}$$

$$Cu + 2HNO_3 + [O] \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O \text{ — (2)}$$

$$Cu + 4HNO_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

অতি সক্রিয় ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

$$[\ 2HNO_3 \rightarrow H_2O + 2NO_2 + O\ ] \times 2 \quad \text{— (1)}$$

$$Sn + 2[O] + H_2O \rightarrow H_2SnO_3 \text{ —— (2)}$$

$$Sn + 4HNO_3 \rightarrow H_2\ SnO_3 + 4NO_2 + H_2O$$

Au, Pt, Rh, Ir মত বা ধাতুর নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে আক্রান্ত হয় না। তবে এগুলি গাঢ় $HNO_3$ ও গাঢ় HCl-এর (1.3) মিশ্রণে (অম্লরাজ) দ্রবীভূত হয়।

$$HNO_3 + 3HCl = 2H_2O + 2Cl + NOCl \text{ (ন্যাসেন্ট ক্লোরিন)}$$

$$Au + 3Cl + HCl + HAuCl_4$$

$$Pt + 4Cl + 2HCl = H_2PtCl_4$$

ধাতুর সঙ্গে লঘু $HNO_3$ এর বিক্রিয়া

$$2HNO_2 \rightarrow H_2O + 2NO + 30$$

$$+\ [Cu + 2HNO_3 + [O] \rightarrow Cu\ (NO_3)_2, + H2O\ ] \times 3$$

---

$$3Cu + 8HNO_2 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$6Hg + 8HNO_3 \rightarrow 3Hg_2\ (NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$3Ag + 4HNO_3 \rightarrow 3AgNO_3 + 2H_2O + NO$$

অতি লঘু $HNO_3$-এর (1–2%) সঙ্গে Mn ও Mg বিক্রিয়া করে $H_2$ উৎপন্ন করে

$$Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2\uparrow$$

$$Mn + 2HNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + H_2\uparrow$$

ধাতুকল্প ও অধাতুর সঙ্গে $HNO_3$-এর বিক্রিয়া

$$2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + H_2O + O \times 2$$

$$C + 2O + H_2 \rightarrow H_2CO_3$$

+ ——————————————

$$C + 4HNO_3 \rightarrow H_2CO_3 + 4NO_2 + H_2O$$

$$S + 6HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 2H_2O + 6NO_2$$

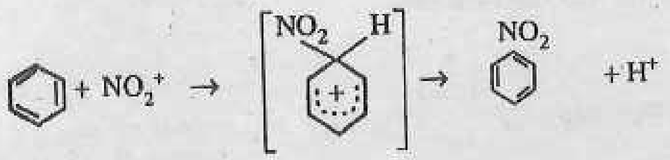
$$P_4 + 20HNO_3 \rightarrow 4H_3PO_4 + 4H_2O + 20NO_2$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 18[O] \rightarrow 6(COOH)_2 + 5H_2O$$

চিনি অক্সালিক অ্যাসিড

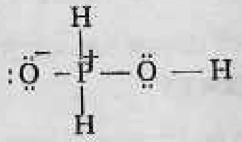
$$2HNO_3 \rightarrow NO_2^+ + NO_3^- + H_2O$$



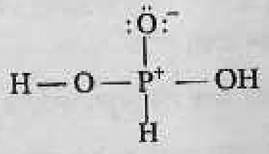
ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে $HNO_3$ অ্যাসিড নাইট্রেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়।

**P-এর অক্সো-অ্যাসিডসমূহ**

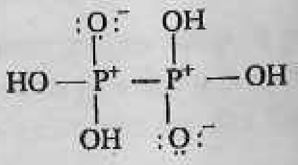
(1) $H_3PO_2$ হাইপো ফসফরাস অ্যাসিড



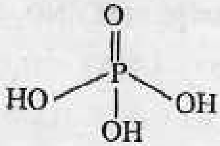
(2) $H_3PO_3$ ফসফরাস অ্যাসিড



(3) $H_4P_2O_6$ হাইপো ফসফরিক অ্যাসিড

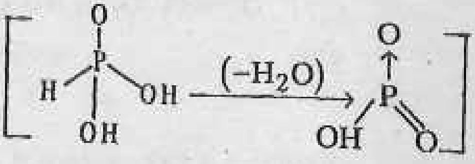


(4) $H_3PO_4$ অর্থো ফসফরিক অ্যাসিড



(5) $HPO_3$ মেটা ফসফরিক অ্যাসিড

ফসফরাস অ্যাসিড বিজারণ ধর্মী। ফসফরাস অ্যাসিডের জারণ সংখ্যা +3 এই সংখ্যা ফসফরাসের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা +5 এবং সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা −3 এর মধ্যে অবস্থিত। ফসফরাস 2টি ইলেকট্রন ছেড়ে দিয়ে জারণ সংখ্যা বাড়াতে পারে। এই কারণে ফসফরাস অ্যাসিড বিজারণ ধর্মী। ফসফরাস অ্যাসিড থেকে জল অপসারিত হয়ে মেটা ফসফরিস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অধিকন্তু অক্সি অ্যাসিডগুলিতে ফসফরাসের কোর্ডিনেশন সংখ্যা হয় চার কিন্তু $HPO_2$ তে কোর্ডিনেশন সংখ্যা তিন। এই কারণে $HPO_2$ প্রস্তুত করা যায় না।



**2.3.5 নাইট্রোজেনের ব্যতিক্রান্ত আচরণ :**

পর্যায় সারণীর অন্য সব শ্রেণীর প্রথম সদস্যের মত নাইট্রোজেন তার অন্য সমশ্রেণীকের চেয়ে অন্য রকম আচরণ করে। এই ব্যতিক্রান্ত আচরণের জন্য নিম্নলিখিত কারণগুলি দর্শান হল—

(১) ছোট আকার।

(২) যোজ্যতা কক্ষকে d ইলেকট্রনের অনুপস্থিতি

(৩) $N \equiv N$ বন্ধন শক্তির উঁচু মান

(৪) শ্রেণীর অন্যান্য সদস্যদের মধ্যে সর্বাধিক অপরাধার্মিতা।

(৫) বহু-বন্ধ গঠনের প্রবণতা ইত্যাদি।

**2.3.6 নাইট্রোজেন চক্র, নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ ও অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিডের এর শিল্পোৎপাদন নাইট্রোজেন চক্র :**

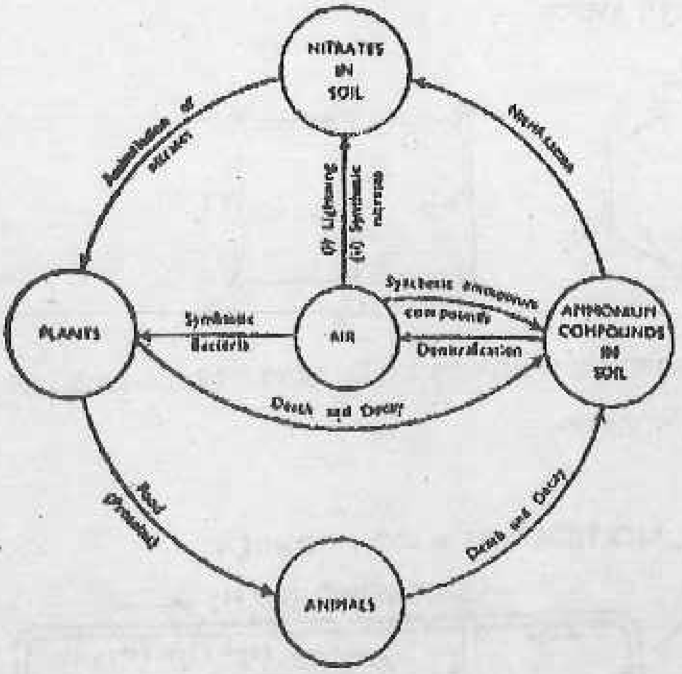
বায়ুমণ্ডল ও জীব মণ্ডলের মধ্যে ক্রমাগত নাইট্রোজেনের বিনিময় ঘটে।

উদ্ভিদ ও প্রাণী মৌলের আকারে নাইট্রোজেন গ্রহণ করতে পারে না। অ্যামোনিয়াম বা নাইট্রেট লবণ হিসাবে উদ্ভিদ নাইট্রোজেন গ্রহণ করে।

ঊর্ধ্ববায়ু মণ্ডলের বিদ্যুৎ ক্ষরণের ফলে নাইট্রোজেনের আবদ্ধীকরণ হয়।

নাইট্রোজেন প্রথমে NO ও পরে সূর্যালোক ও বাতাসের সঙ্গে $NO_2$ এবং শেষে বৃষ্টির জলের সঙ্গে ক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং বৃষ্টির জলের সঙ্গে মাটিতে নেমে এসে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট-এ পরিণত হয়।

কিন্তু মিথোজীবী ব্যাক্টেরিয়া বায়ুর নাইট্রোজেনকে গ্রহণ করে প্রোটিন জাতীয় খাদ্য তৈরি করে। মাটি থেকে উদ্ভিদ অ্যামোনিয়া বা নাইট্রেট লবণ গ্রহণ করে। এবং পরে তাদের প্রোটিন ও নিউক্লীক অ্যাসিডে রূপান্তর করে উদ্ভিদ থেকে তৃণভোজী প্রাণী পরে প্রাণী তা গ্রহণ করে।




চিত্র : 1 নাইট্রোজেন চক্র

উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃত্যুর পর দেহ পচনের ফলে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয় এবং ডিনাইট্রিফাইটিং ব্যাক্টেরিয়ার সাহায্যে নাইট্রোজেন গঠিত যৌগ।

**ফসফেট সার ঃ** নাইট্রোজেনে রূপান্তরিত হয়, এবং বায়ু মণ্ডলে যায়। এইভাবে চক্র সম্পূর্ণ হয়। সুপার ফসফেট অফ লাইম — $Ca(H_2PO_4) + 2(CaSO_4 2H_2O)$ এটি জলে দ্রাব্য এবং এই মিশ্রণটিকে উদ্ভিদ সহজে গ্রহণ করতে পারে।

খনিজ ফসফেট (নরম ফসফেট) 60% সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সুপার ফসফেট অব লাইম উৎপন্ন করে।

$Ca_3(PO_4) + 2H_2SO_4 + 4H_2O \rightarrow Ca(HsPO_4) + 2\ (CaSO_4,\ 2H_2O)$ সুপার ফসফেট অব লাইম $H_2SO_4$-এর পরিবর্তে $H_3PO_4$ ব্যবহার করলে ট্রিপল সুপার ফসফেট তৈরি হয়।

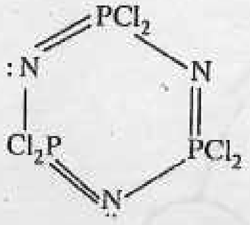
## 2.3 অজৈব রবার — ফসফাজিন

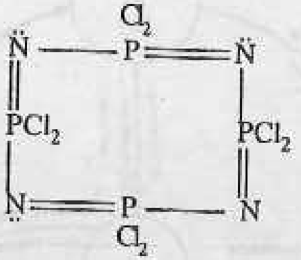
প্রস্তুতি ঃ $NH_4Cl$ কে $PCl_5$ সহযোগে একটি বদ্ধ পাত্রের মধ্যে রেখে 393K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে $PNCl_2$ সংকেতের বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন হয়। এরা একত্রে ফসফরাস ক্লোরোনাইট্রাইড সমূহ নামে পরিচিত।

$nPCl_5 + n\ NH_4Cl\ \underline{393K}\ (PNCl_2)_n + 4n\ HCl$

এদের মধ্যে সরলতম যৌগ দুইটির সংকেত $(PNCl_2)_3$ এবং $(PNCl_2)_4$

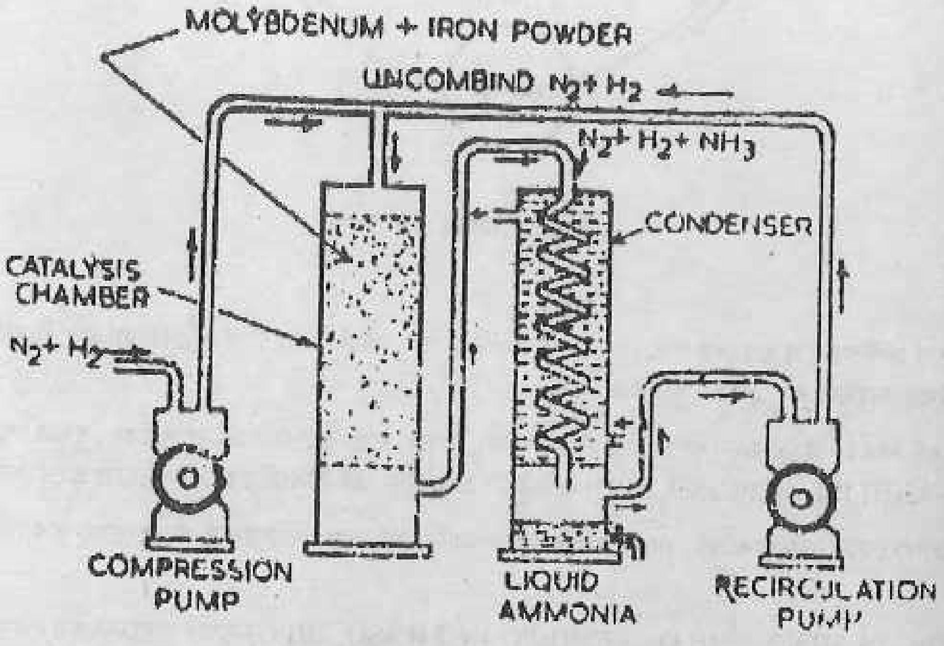
ইহাদের আণবিক আকৃতি যথাক্রমে





যৌগটি রাবারের গ্যাস স্থিতিস্থাপক কঠিন বস্তু এবং ইহা অজৈব রাবার (Inorganic rubber) নামে পরিচিত।

**2.3.8 অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন :**



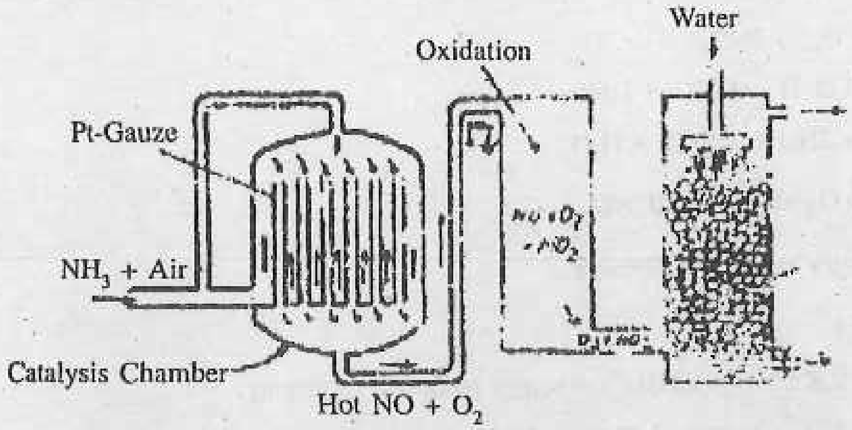

চিত্র : 2 হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

এই পদ্ধতিতে শিল্পোৎপাদনে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন তরলবায়ুর আংশিক পাতনে এবং হাইড্রোজেন জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে সংগ্রহ করা হয়। 1 : 3 অনুপাতে $N_2$ / $H_2$ গ্যাস মিশ্রণ 250 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 800K উষ্ণতায় আয়রণ অনুঘটক ও MO প্রভাবকের উপস্থিতিতে $NH_3$ তে পরিণত হয়।

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \quad \Delta H^o = \quad 92.9$ KJ $mole^{-1}$

লা সাতেলিয়ার নিয়ম অনুযায়ী বিক্রিয়াটি কম তাপমাত্রা ও বেশি চাপে ঘটে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন (অসওয়াল্ড পদ্ধতি) :




চিত্র : 3 নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন অসওয়াল্ড পদ্ধতি

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[1200K]{Pt-} 4NO + 6H_2O \quad \Delta H = -904 \text{ KJ mol}^{-1}$$

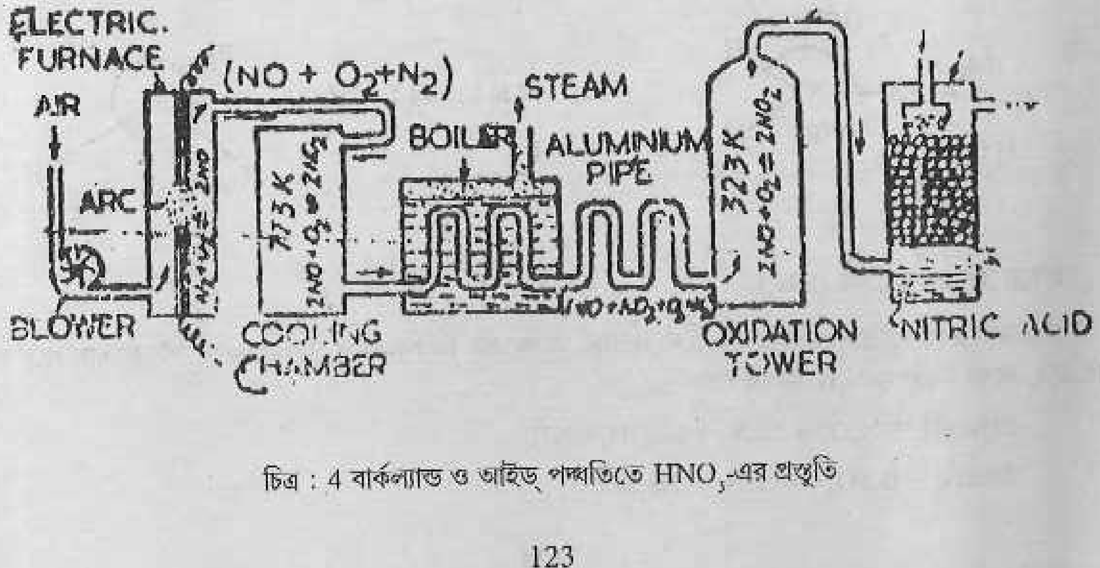
স্পর্শ সময় 1 / 1000 সে.

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

পাতন প্রক্রিয়ায় $HNO_3$ কে 68% গাঢ়ীকৃত করা যায়। এই দ্রবণকে স্থির স্ফুটনাংক মিশ্রণ বলে।

বার্কল্যান্ড আইড পদ্ধতি




চিত্র : 4 বার্কল্যান্ড ও আইড্ পদ্ধতিতে $HNO_3$-এর প্রস্তুতি

বিক্রিয়া : $N_2 + O_2 \xrightarrow[\Delta]{3300K} 2NO$ - তাপ

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

$2NO_2 + H_2O$ □ $HNO_2 + HNO_3$

$$3HNO_2 \rightarrow 2NO +_ \ HNO_3 + H_2O$$

$$2NO_2 + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

**2.3.8 নাইট্রোজেনের বৈশিষ্ট্য পূর্ণ যৌগসমূহ :**

হাইড্রাজিন ($N_2H_2$)

প্রস্তুতি ঃ $NH_3 + NaOCl \xrightarrow{\Delta} NH_2Cl + NaOH$ (প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়া)

$$NH_2Cl + NH_3 + NaOH \rightarrow H_2N - NH_2 + NaCl + H_2O$$

হাইড্রজিন

অ্যামোনিয়া এবং NaCl-এর বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর ঐ জলীয় দ্রবণটি পাতিত করলে হাইড্রজিনের লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণটিকে কয়েকবার পাতিত করলে 80% হাইড্রাজিন পাওয়া যায়।

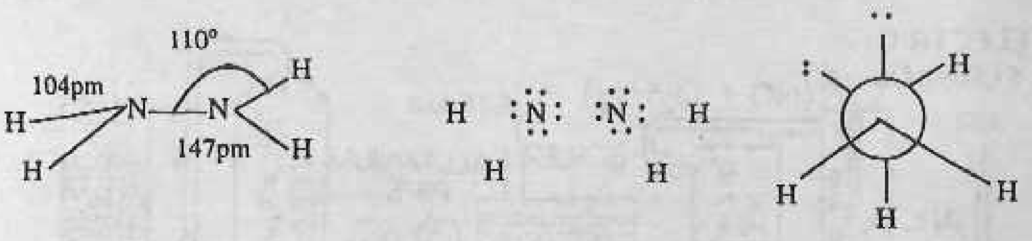
ধর্মাবলী ঃ হাইড্রাজিন একটি শক্তিশালী বিজারক

$$4\,AgNO_3 + N_2H_4 = 4Ag\downarrow + N2\uparrow + 4HNO_3$$

$$4Cu^{++} + N_2H_4 = 4Cu^{+} + 4H^{+}\ N_2$$

জারণ ধর্ম $N_2H_4 + 2Ti^{3+} + 4H^+$ (তীব্র আম্লিক মাধ্যম) $= 2NH_4^+ + 2Ti^{4+}$

গঠনাকৃতি




হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড ($HN_3$)

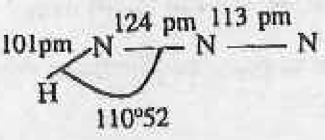
সোডামাইড ও নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্গে 450K তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে 90% $NaN_3$ পাওয়া যায় পরে লঘু $H_2SO_4$ সঙ্গে বিক্রিয়ায় $N_3H$ উৎপন্ন হয়।

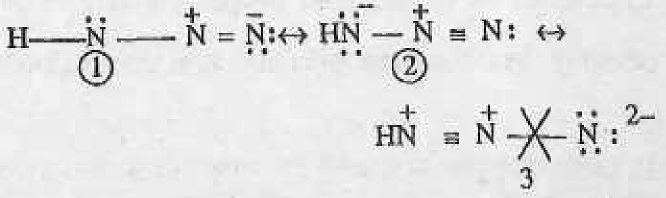
$$2NaNH_2 + N_2O \rightarrow NaN_3 + NaOH + NH_3$$

$$2NaN_3 + H_2SO_4 \rightarrow 2HN_3 + Na_2SO_4$$

$N_3^-$ আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

$$I_2 + 2HN_3 = 2HI + 3N_2\uparrow$$



তিনটি সংস্পন্দন রূপের মধ্যে তৃতীয় গঠনাকৃতি

পাউলিং-এর 'সন্নিহিত আধান অনুযায়ী' বাদ দেওয়া হইল।

হাইড্রক্সিল্যামিন $NH_2OH$

প্রস্তুতি ঃ

এক গ্রাম অণু $NaNO_2$-এর একটি গাঢ় জলীয় দ্রবণের সহিত তিন গ্রাম অণু $Na_2CO_3$-র একটি গাঢ় জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করে এটিকে বরফ ও হিমমিশ্রণে রেখে শীতল করা হয়। এবং এই শীতল দ্রবণের মধ্যে $SO_2$ গ্যাস চালনা করা হয় যতক্ষণ না পর্যন্ত দ্রবণটি আম্লিক (pH 4.3) হয়। দ্রবণটি আম্লিক হয়ে পড়লে $SO_2$-এর প্রবাহ বন্ধ করা হয়।

$$NO_2^- + HSO_3^- \rightarrow HO_3SNO \xrightarrow{HSO_3} (HO_3S)_2\,NOH$$

নাইট্রেসো ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড

$(HO_3S)_2\,NOH \xrightarrow{HCl} NH_2\,OH\,.\,HCl$ হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড উৎপন্ন নাইট্রেসো ডাই সালফোনিক অ্যাসিড যৌগ HCl দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে $NH_2OH$. HCl-এর পরিণত হয় এবং $HSO_3$-জারিত হয়ে $H_2SO_4$-এ পরিণত হয় পরে পরিমাপ মত $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করে $BaSO_4$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং পরিস্রুতটিকে উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

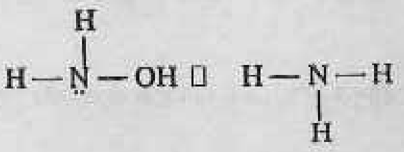
বিজারক ধর্ম ঃ

$2NH_2OH + 3CuO$ (ফেলিং দ্রবণ) $= 2Cu_2O\downarrow + N_2O + 3H_2O$

জারক ধর্ম $NH_2OH + H_2O_2 = NH_3 + O_2 + H_2O$ (ক্ষার মাধ্যমে)

$SnCl_2 + NH_2OH + 3HCl = SnCl_4 + NH_4Cl + H_2O$ (অম্ল আম্লিক মাধ্যমে)

গঠন : $NH_2OH$ এর গঠন $NH_3$-র মত এটি বিকৃত চতুস্তলক। পিরামিডের ন্যায়



### 2.3.9 সারাংশ

আসুন আমরা 15 শ্রেণীর মৌল সমূহের সম্বন্ধে যে ধারণা পাওয়া গেল তার একটা সারাংশ তৈরি করি।

15 শ্রেণীর সব কটি মৌলই p ব্লকের অন্তর্ভুক্ত এদের প্রত্যেকের যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^3$

মৌলগুলির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তাদের গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলির ক্রমশঃ পরিবর্তন হয়।

15 শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে একটি পূর্ণ অধাতু (নাইট্রোজেন) ফসফরাস অধাতু, আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি ধাতুকল্প এবং বিসমাথ একটি আদর্শ ধাতু।

অন্যান্য শ্রেণীর মত এই শ্রেণীর প্রথম মৌল নাইট্রোজেনের আচরণ ব্যতিক্রান্ত। ক্ষুদ্র আকার ও d কক্ষকের অনুপস্থিতি এর কারণ।

এই শ্রেণীর প্রথম মৌল নাইট্রোজেন গ্যাস, দ্বিতীয় মৌল ফসফরাস কঠিনাকার। পরের মৌলগুলি As, Sb, Bi কঠিন।

মৌলসমূহের সাধারণ জারণ সংখ্যা +3 3 +5

N-এর আরও অনেক এবং P-এর +4 জারণ সংখ্যা আছে। এই শ্রেণীর সর্বাধিক অপরাধর্মী মৌল নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রেই কেবল $N^3$-এর অস্তিত্ব আছে।

নাইট্রোজেনের পরমাণু ক্রমাঙ্ক কম বলে, এর ক্ষেত্রে α কক্ষকগুলির কোনও অস্তিত্ব নাই এই কারণে নাইট্রোনে কেবল ত্রি-সমযোজী যৌগ গঠন করিতে পারে। কিন্তু ফসফরাস এর d কক্ষকগুলি রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টির জন্য সহজলভ্য হওয়ায় ফসফরাস তাদের যোজ্যতা কক্ষের অষ্টক সম্প্রসারিত করে ষড়সমযোজী যৌগ গঠন করতে পারে।

আমরা হাইড্রাইডগুলির বিস্তৃত আলোচনা করেছি।

N-এর $NH_3$, $N_2H_4$, $NH_2OH$ ও অন্যান্য হাইড্রাইডগুলির সম্বন্ধে আলোচনা করেছি।

P-এর হাইড্রাইড $PH_3$, $P_2H_4$ সম্বন্ধে আমাদের ধারণা হয়েছে।

আমরা জেনেছি যে $N_2H_4$ ও $NH_2OH$ যৌগদুইটি $H_2O_2$-এর সমতুল।

অক্সাইড ও অক্সো-অ্যাসিডের আলোচনায় দেখেছি যে N-এর অ্যাসিডগুলি একক অণুবিশিষ্ট, P-এর ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য হল আইসোপলি অ্যাসিডগুলি।

15 শ্রেণীর মৌল $R_2O_3$ সংকেতের ট্রিঅক্সা এবং $R_2O_5$ সংকেতের পেন্টাক্সাইড গঠন করে। এগুলি ছাড়া নাইট্রোজেন মৌল ($NO_2$ অথবা $N_2O_4$, NO, $N_2O$ গঠন করে। এই ট্রাই অক্সাই অম্লতা নাইট্রোজেন থেকে বিসমাথের দিকে ক্রমশঃ হ্রাস পায়।

প্রকৃতিতে N ক্রমাগত বায়ু মণ্ডল থেকে আহত হচ্ছে এবং প্রত্যাবৃত্ত হচ্ছে। এই ঘটনাকে বলে নাইট্রোজেনচক্র

সুপার ফসফেট নামক সার সম্বন্ধে জেনেছি।

অ্যামোনিয়া ও $HNO_3$-এর শিল্পোৎপাদন সম্বন্ধে জেনেছি।

ফসজিন বা ফসফরাস হ্যালোনাইট্রাইড নামক একটি যৌগ সম্বন্ধে জেনেছি জৈব রাবারের সঙ্গে সাদৃশ্য হেতু এদের অজৈব রাবার বলা হয়।

## 2.3.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

(1) নাইট্রোজেন কেবলমাত্র ট্রাই ক্লোরাইড উৎপন্ন করে কিন্তু ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টা ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(2) ফসফরাস $pH_3$ গঠন করলেও $pH_5$ গঠন করে না।

(3) $pH_3$-এর তুলনায় $NH_3$ অধিক ক্ষার ধর্মী।

(4) বিশুদ্ধ ফসফিন বাতাসে জ্বলে না, কিন্তু অবিশুদ্ধ ফসফিন বাতাসে জ্বলে?

(5) নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ হাইড্রাইডের তুলনামূলক আলোচনা করুন।

(6) মেটা ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। — ব্যাখ্যা করুন।

(7) ব্যাখ্যা করুন :

  (i) নাইট্রেটমূলক $NO_3^-$ পক্ষান্তরে ফসফেটমূলক $PO_4^{3}$

  (ii) ফসফরাস অ্যাসিডের সংকেত $P(OH)_3$ হয় না।

(8) $NH_3$-এর তুলনায় $PH_3$-এর বিজারণ ক্ষমতা বেশী ব্যাখা করুন।

(9) $H_3PO_2$, $H_3PO_3$ এবং $H_3PO_4$-এর ক্ষার গ্রাহিতা তুলনা করুন।

(10) রসায়নাগারে ফসফরিক অ্যাসিড অথবা ফসফেটমূলক কিভাবে শনাক্ত করবেন।

(11) $NH_3$ — $PH_3$ — $ASH_3$ এর ক্ষেত্রে বন্ধ কোণের মাপের ক্রম ব্যাখ্যা করুন।

(12) $P_2O_3$ দ্বি যৌগিক, কিন্তু $N_2O_3$ একক অণু হিসাবে থাকে — ব্যাখ্যা করুন।

(13) ফসফাজিন কে অজৈব রাবার বলা হয় কেন?

(14) সাদা ফসফরাস কষ্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে ফুটালে কোন কোন পদার্থ উৎপন্ন হবে?

(15) সমতা যুক্ত সমীকরণ লিখুন : সাদা ফসফরাস ও CaO-এর বিক্রিয়ায় ফসফিন প্রস্তুতি।

## 2.3.10 উত্তরমালা

(1) নাইট্রোজেনের ইলেকট্রবিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^3$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N | | 1 | 2s | 2p | | |
| ভূমিস্তর | | ↑↓ | ↑↓ | ↑ ↑ ↑ | | |
| P | | 3s | 3px | 3py | 3pz | $3d_z^2$ |
| (ভূমিস্তর) | [Nc] | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | |
| P | Ne | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| | | | | $sp^3d$ সংকরায়ন | | |
| P | Nc | ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ | | | | |
| $sp^3d$-সংকরায়িত | | 5টি $sp^3d$ সংকর বন্ধক | | | | |

নাইট্রোজেনের p-কক্ষকে 3টি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকার জন্য নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

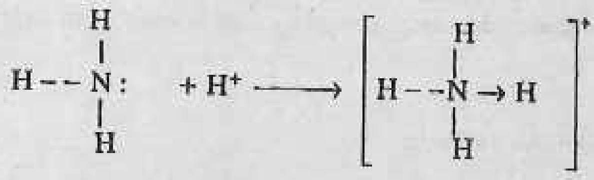
ফাঁকা p-কক্ষক বা 2d কক্ষক না থাকার জন্য নাইট্রোজেনের $2s^2$ ইলেকট্রন জোড় অযুগ্ম হতে পারে না। এই কারণে নাইট্রোজেন পেন্টাক্লোরাইড যৌগের অস্তিত্ব নাই।

পক্ষান্তরে ফসফরাসের আকৃতি নাইট্রোজেন অপেক্ষা বড় এবং 3d কক্ষক ফাঁকা থাকায় যোজ্যতা কক্ষের পাঁচটি ইলেকট্রন অযুগ্ম হতে পারে। ফলে $PCl_5$ যৌগ গঠন সম্ভব হয়।

(2) ফসফরাসের যোজ্যতা কক্ষে (3p-কক্ষকে) তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। এই অযুগ্ম ইলেকট্রন $PH_3$ অণু গঠন করে। ফলে ফসফরাস পরমাণুর $sp^3$ সংকরায়ন ঘটে। $pI_5$ অণু গঠনের জন্য ফসফরাসের যৌগ্যতা কক্ষে পাঁচটি অযুগ্ম ইলেকট্র থাকা প্রয়োজন। 3s ও 3p কক্ষকের তুলনায় 3d কক্ষক আয়তনে বড়। এবং হাইড্রোজেনের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান কম হওয়ায় 3d কক্ষকের আকার বা শক্তি কমাতে পারে না। ফলে sd 3d সংকরায়ন সম্ভব হয় না। এই কারণে $pH_5$ অণু গঠন সম্ভব হয় না।

(3)$NH_3$ অণুর N পরমাণু $sp^3$ সংকরায়িত। এই সংকর কক্ষকের একটিতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকে। নাইট্রোজেন পরমাণুর ক্ষুদ্রাকৃতি এবং s-কক্ষকের কম অবদানের জন্য (25%) এই কক্ষকের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সহজেই প্রোটন গ্রহণ করতে পারে। এই কারণে $NH_3$ ক্ষারীয়। উপরন্তু হাইড্রোজেন অপেক্ষা নাইট্রোজেনের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান বেশি হওয়ায় H — N বন্ধন জোড় নাইট্রোজেনের দিকে সরে আসে। ফলে নাইট্রোজেনের উপর ইলেকট্রন ঘনত্ব মান আরও বেড়ে যায় অপর পক্ষে $PH_3$ অণুর P পরমাণুর যোজ্যতা কক্ষকের সংকরায়ন প্রায় হয় না। (H — P — H বন্ধনকোণ প্রায় 90°)। নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় 3s কক্ষকে অবস্থান করে। ফসফরাসের ফাঁকা 3d কক্ষক থাকায় এবং ফসফরাসের তড়িৎ ঋণাত্মকতা হাইড্রোনের সমান হওয়ায় : $PH_3$ অণুতে ফসফরাস-এর ইলেকট্রন ঘনত্বের মান, : $NH_3$-এ নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন ঘনত্বের মান অপেক্ষা কম।

এই কারণে ফসফিন অপেক্ষা অ্যামোনিয়া অধিক ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়।



(4) রসায়নাগারে $PH_3$ গ্যাস প্রস্তুতকালে স্বল্প পরিমাণ $P_2H_4$ (ফসফরাস ডাই হাইড্রাইড) উৎপন্ন হয়। $P_2H_4$ খুব দাহ্য)

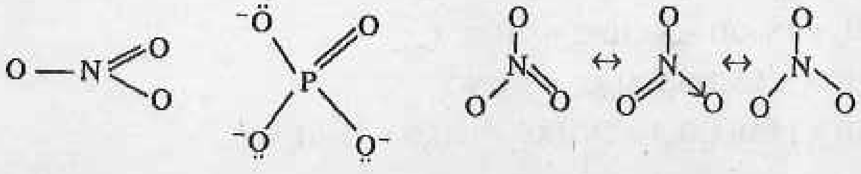
$$4P + 3NaOh + 3H_2O = PH_3\uparrow\ 3NaH_2\ PO_2$$

$$6P + 4NaOH + 4H_2O = P_2H_4\uparrow + 4NaH_2PO_2$$

বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে দহন কাজ শুরু হয়ে যায়। $P_2H_4$ দাহ্য হওয়ায় দহন কাজে $PH_3$-ও অংশগ্রহণ করে। এই কারণে ফ্লাস্কের ভেতরের বাতাস কোন গ্যাস দ্বারা অপসারণ করা হয়। কোল গ্যাসের উপস্থিতিতে এই রকম বিক্রিয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

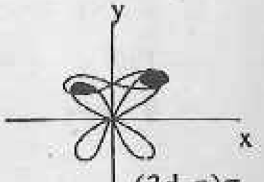
7. (i) $NO_3^-$ আয়ন ও $PO_4^{3}$ সুস্থিত আয়ন কারণ

(i) নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রাকৃতির জন্য এই পরমাণুর চার পাশে চারটি অক্সিজেন পরমাণুর স্থানাভাব ঘটে (Steric hindrance) P-এর ক্ষেত্রে কোনও অসুবিধে ঘটে না।



(ii) $NO_3^-$ আয়নে N-পরমাণু $sp^2$ সংকরায়িত এবং $PO_4^-$ আয়নে P পরমাণু $sp^3$ সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। ফসফরাসের 3d কক্ষক অক্সিজেনের p কক্ষকের সঙ্গে π বন্ধন গঠন করতে সক্ষম।

কিন্তু N-এর ক্ষেত্রে ফাঁকা d কক্ষক না থাকায়, অক্সিজেনের সঙ্গে এরূপ π বন্ধন সম্ভব হয় না। N ও O পরমাণু pπ = pπ বন্ধ গঠন করে। পক্ষান্তরে, ফসফরাস p এর ক্ষেত্রে p এর 3d শূন্য কক্ষক এবং অক্সিজেনের অর্ধপূর্ণ কক্ষকের মধ্যে অভিলেপন ঘটে।



(3d-p)π অভিলেপন

(8) $NH_3$, $PH_3$ বিয়োজিত হয়ে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণের জন্য দায়ী।

$NH_3$-র তুলনায় $PH_3$ কম উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়ে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। নাইট্রোজেনের পরমাণুর ব্যাসার্ধ (150pm) ফসফরাসের তুলনায় ছোট (180pm)

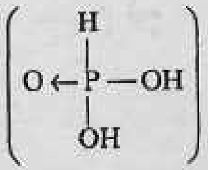
N – H এর ক্ষেত্রে $sp^3$ – s অভিলেপন P – H তুলনায় বেশি হয়। ফলে

N – H বন্ধন, P – H অপেক্ষা শক্তিশালী। N – H বন্ধন শক্তির মান 391 KJ / mol, এবং P – H-এর বন্ধন শক্তির মান 322 KJ / mol.

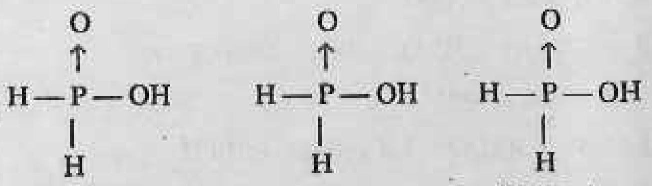
উদাহরণ ঃ $PH_3$ সাধারণ উষ্ণতায় $A_gNO_3$ দ্রবণকে এবং $NH_3$ উত্তপ্ত অবস্থায় CuO কে বিজারিত করে $NH_3$

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu^o + N_2 + 3H_2O$$

$$6Ag^{+1}NO_3 + pH_3 + 3H_2O = 6Ag + H_3PO_3 + 6HNO_3$$

(9) (i) ফসফরিক অ্যাসিড $H_3PO_3$ একটি দ্বি ক্ষারীয় অ্যাসিড 

(ii) $H_3PO_2$ এক ক্ষারীয়
$H_3PO_3$ দ্বি ক্ষারীয়
$H_3PO_4$ ত্রি ক্ষারীয়



($H_3PO_2$) ($H_3PO_3$) ($H_3PO_4$)

(10) ফসফরিক অ্যাসিড অথবা ফসফেট দ্রবণে $HNO_3$-এর উপস্থিতিতে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ মিশালে হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। অধঃক্ষেপনের নাম হল অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিব ডেট $(NH_3)_3$ $[PMO_{12}O_{40}]$

$$H_3PH_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$$

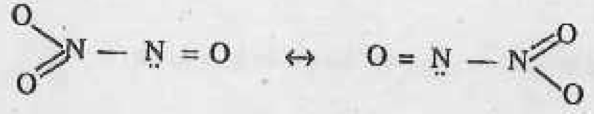
$$Na_2HPO_4 + 12\ (NH_4)_2\ M_0O_4 + 23HNO_3$$
$$= (NH_4)_3\ [\ PMO_{12}O_{40}] \downarrow 2NaNO_3 + 12H_2O + 21NH_4NO_3$$

(11) $NH_3$, $PH_3$, $ASH_3$ এই তিনটি ট্রাই হাইড্রাইডের বন্ধন কোণের ক্রম হল নিম্নরূপ—

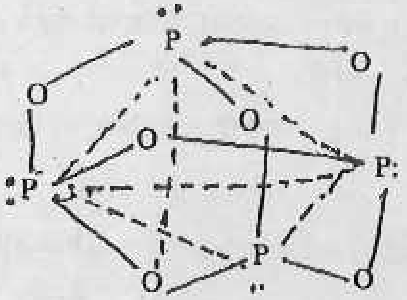
$< HNH > < H–PH > <HA_sH$

$106^o\ 45' > 94^o > 91^o48$

(12) P তে $p\pi - p\pi$ উপর্যু পাতন সম্ভব নয়, কিন্তু N-এর ক্ষেত্রে সম্ভব। তাই $N_2O_3$-র গঠন হল নিম্নরূপ—



ফসফরাসে O-এর মধ্য দিয়ে বন্ধন ঘটে। প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণু 2টি P পরমাণুর সঙ্গে বদ্ধ এবং প্রতি P পরমাণু চতুস্তলীয় এবং P-এর উপরে নিঃসঙ্গ জোড় আছে।




(13) পাঠ্যাংশের 2.3.7 দেখুন।

(14) $P_4 + 3NaOH + 3H_2O \rightarrow PH_3 - 3NaH_2PO_2$

(15) $16P + 15\ CaO = 5Ca_3P_2 + 3P_2O_5$

$$5\ Ca_3P_2 + 30H_2O = 15Ca(OH)_2 + 10PH_3$$

$$16P + 15CaO + 30H_2O = 15Ca(OH)_2 + 3P_2O_5 + PH$$

# একক 2B ☐ 16 শ্রেণীর মৌল সমূহ্ বা অক্সিজেন পরিবার


2.4.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.4.2 উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার

2.4.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্য সমূহ

2.4.3.1 ভৌত ধর্মাবলি

2.4.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলি

2.4.4 যৌগসমূহ

2.4.4.1 হাইড্রাইড

2.4.4.2 হ্যালাইড

2.4..4.3 অক্সাইড

2.4.5 অক্সি অ্যাসিড সমূহ

2.4.6 অক্সিজেন এবং সালফারের বৈশিষ্টসমূহ যৌগ সমূহ

2.4.7 সারাংশ

2.4.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

2.4.9 উত্তরমালা


## 2.4.1 প্রস্তাবনা

অক্সিজেন, সালফার, সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম এবং পোলোনিয়াম [Oxygen (O), Sulphur (S), Selenium (Se) Tellurium (Te) and Polinium (Po)—এই পাঁচটি মৌল নিয়ে পর্যায় সারণীর 16 শ্রেণীটি গঠিত। অধিকাংশ ধাতুর আকরিক অক্সাইড বা সালফাইড রূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় 16 শ্রেণীর মৌলগুলিকে চ্যালকোজেন Chaloogens—Ore-forming elements) ও বলা হয়।

16 শ্রেণীর মৌলগুলির প্রকৃতিতে উপস্থিতি নিম্নরূপ

অক্সিজেন (O) : 90% (জলরূপে)

সালফার (S) : 0.05%

সেলেনিয়াম (Se) : $10^{-7}$ %

টেলুরিয়াম (Te) : $10^{-7}$ %

পোলোনিয়াম (Po) : $10^{-14}$ %

উদ্দেশ্য : 16 শ্রেণীর সদস্যগুলি সকলেই P-ব্লক মৌলগুলির অন্তর্ভুক্ত। এই পরিচ্ছেদ পাঠ করলে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

(১) উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার।

(২) মৌলগুলির বহুরূপতা।

(৩) পারমাণবিক আয়তন ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ

(৪) আয়নন বিভব

(৫) গলনাংক ও স্ফুটনাংক

(৬) ধাতব ও অধাতব প্রকৃতি

(৭) ইলেকট্রন আসক্তি ও অপরাধর্মিতা

(৮) যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস ও রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি

(৯) মৌলগুলির হাইড্রাইড, হ্যালাইড ও অক্সাইড

(১০) মৌলগুলির অক্সি-অ্যাসিড

(১১) সালফারের কয়েকটি বিশেষ যৌগ ইত্যাদি

## 4.2 উৎস নিষ্কাশন ও ব্যবহার

বায়ুমণ্ডলে মুক্ত অবস্থায় প্রচুর অক্সিজেন পাওয়া যায়। আয়তন হিসাবে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেন।

প্রকৃতিতে অক্সিজেনের নিম্নলিখিত তিনটি সমস্থানিকের অস্তিত্বের কথা জানা আছে

$_8O^{16}$ 99.7%; $_8O^{17}$ 0.1%; $_8O^{18}$ 0.2%

অক্সিজেনের রূপভেদ দুইপ্রকার যথা অক্সিজেন ($O_2$) এবং ওজোন ($O_3$)

প্রস্তুতি : ১) অক্সিজেন ঘটিত যৌগ হইতে অক্সিজেনের প্রস্তুতি

i) $2NaNO_3 \xrightarrow[\text{তপ্ত}]{\text{লাল}} 2NaNO_2 + O_2 \uparrow$

ii) কতকগুলি অক্সাইড ও পারক্সাইডের তাপ বিয়োজন প্রক্রিয়ায়।

$2BaO_2 \rightarrow 2\ BaO + O_2 \uparrow$

$$2HgO \rightarrow 2Hg + O_2 \uparrow$$

iii) বায়ু থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতি

iv) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ-প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$ (তড়িৎ বিয়োজন)

$$\downarrow \qquad \downarrow$$

ক্যাথোড অ্যানোড

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $2H_+ + 2e \rightarrow 2[H] + H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $2OH^- \rightarrow 2[OH] + 2e$

$$2[OH] = H_2O + [O]$$

$$[O] + [O] = O_2 \uparrow$$

**সালফারের প্রস্তুতি :-**

ফ্রাস্ পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন ঃ—

আমেরিকার সালফার খনিতে সাধারণত 700-1500 ফুট নিচে সালফার পাওয়া যায়। বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এক কেন্দ্রিক নল (three concentric pipes) মাটির নীচে সালফার খনিতে প্রবেশ করানো নলটি দিয়ে প্রায় 180° তাপমাত্রায় অতি তপ্ত জলীয় বাষ্প প্রায় দশ গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে খনিগর্ভে চালিয়ে দেওয়া হলে ভূ-গর্ভের কঠিন সালফার গলে তরল হয়ে সবচেয়ে ভিতরের নল দিয়া উত্তপ্ত বায়ু উচ্চচাপে নিচের দিকে পাঠান হয়। ফলে অতি তপ্ত জলীয় বাষ্প ও উত্তপ্ত বায়ুর সম্মিলিত উচ্চ ঊর্ধ্বচাপের গলিত সালফার ফেনার আকারে মাঝখানের নল দিয়ে বের হয়ে আসে চিত্র নং—এই ধরনের সালফারের বিশুদ্ধতা 99.5-99.9%

ব্যবহার

(i) রাবার শিল্পে ভালক্যানাইজ কারক (Vulcanizing agent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) সালফার ডাই অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, দেশলাই ইত্যাদি (শিল্পোৎপাদনে সালফার ব্যবহৃত হয়)

(iii) ভেষজ শিল্পে, রঞ্জক শিল্পে সালফার ব্যবহৃত হয়

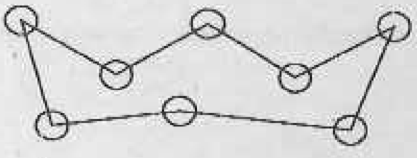
## 4.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্য সমূহ

### 4.3.1 ভৌত ধর্ম :

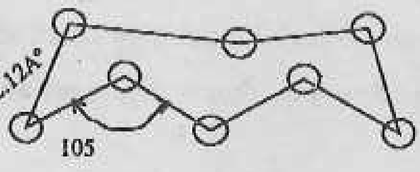
| ধর্ম | অক্সিজেন | সালফার | সেলেনিয়াম | টেলুরিয়াম | পলোনিয়াম |
|---|---|---|---|---|---|
| পা: ক্রমাঙ্ক | 8 | 16 | 34 | 52 | 84 |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | $[He]1s^2p^4$ | $[Ne]3s^23p^4$ | $[Ar]4s^24p^4$ | $[Kr]5s^25p^4$ | $[Xe]4f^{14}5^{10}$ $6s^26p^4$ |
| পারমাণবিক ব্যাসার্ধ | | | | | |
| অপরাধর্মিতা | 3.5 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.75 |
| ইলেকট্রন আসক্তি (KJ/Mole) | –141 | –200 | –195 | –290 | –183 |
| জারণ স্তর | –1, –2, | –2, +2, +4, 6 | –2, +2, +4 +6 | –2, +2, +4 +6 | +2, +4 |
| আয়নন বিভব (প্রথম KJ/Mole) | 1314 | 1000 | 941 | 869 | 813 |

মৌলগুলির বহুরূপতা

পর্যায় সারণীর বিভিন্ন শ্রেণীর মধ্যে একমাত্র 16 নং শ্রেণীর প্রতিটি মৌলেরই একাধিক রূপভেদ পাওয়া যায়। এদের মধ্যে সালফারের বেশ কয়েকটি রূপভেদের কথা জানা আছে। কঠিন সালফারের α, β, ও γ এই তিনটি রূপভেদ। সাধারণ উষ্ণতায় রম্বিক (γ–সালফার) ও মনোক্লিনিক (β–সালফার) সালফারের আণবিক সংকেত রম্বিকস সালফারের 8টি সালফার পরমাণু সমযোগী বন্ধনে যুক্ত থেকে অষ্টকোণী বলয় গঠন করে।



($S_8$ অণু)




$S_8$-এর গঠন

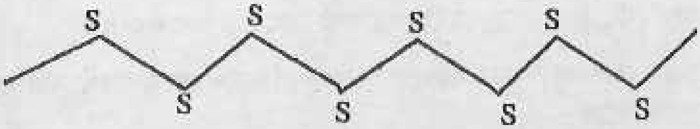
$$S_\alpha \underset{}{\overset{95.6^\circ C}{\rightleftharpoons}} S_\beta$$

সংক্রমণ উষ্ণতা

মনোক্লিনিক সালফার কেলাস সূচের মতো লম্বা স্বচ্ছ হলুদ রং-এর হয়।

গলিত সালফারের দুটি রূপভেদ $S_\lambda$ এবং $S_\pi$ a সাম্য অবস্থায় থাকে

$S_\gamma \rightleftharpoons S_\eta$ 160° উষ্ণতার উর্ধে $S_\eta$ রূপভেদের শতকরা পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়া $S_\lambda$ রূপভেদটি বলয়াকার $S_8$ গঠনের সঞ্চরণশীল তরল—এই রূপাবভেদটির সান্দ্রতা মান কম। $S_\eta$ রূপভেদটির সান্দ্রতা মান বেশি। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গো সঙ্গো $S_8$ অণুর ভাঙন শুরু হয় এবং সালফার পরমাণুগুলি দীর্ঘ শৃঙ্খল গঠন করে। তরলের সান্দ্রতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।




সেলেনিয়ামের চারটি রূপভেদের মধ্যে তিনটি রূপভেদ কেলাসাকার এবং অবশিষ্টটি অনিয়তাকার (amorphous)

পারমাণবিক আয়তন ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ

অন্যান্য গ্রুপের মত 16 গ্রুপেও পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক তথা ভরের বৃদ্ধির সঙ্গো সঙ্গো পারমাণবিক আয়তন ও ব্যাসার্ধ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়।

আয়নন বিভব পারমাণবিক ক্রমাংক বৃদ্ধির সঙ্গো সঙ্গো পারমাণবিক আয়তন ও ইলেকট্রন কক্ষকের আবরণী ক্ষমতা বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য এই শ্রেণীর আয়ননবিভব অক্সিজেন থেকে পোলোনিয়ামের হ্রাস পায়।

ধাতব ও অধাতব প্রকৃতি

16 নং শ্রেণীর প্রথম মৌলদ্বয় অক্সিজেন ও সালফার অপরাধর্মী মৌল ও পরিপূর্ণ অধাতু টেলুরিয়ামের মধ্যে কিছু কিছু ধাতব গুণ দেখা যায়।

যোজ্যতা ও জারণস্তর

অক্সিজেন ছাড়া এই শ্রেণীর সকল মৌলই তাদের বিভিন্ন যৌগের মধ্যে পজিটিভ এবং নেগেটিভ জারণস্তরে অবস্থান করে। কেবলমাত্র ফ্লুরিন ঘটিত যৌগের মধ্যে ($F_2O$) অক্সিজেন পজিটিভ স্তরের থাকে।

16-শ্রেণীর মৌলগুলির জারণস্তরের তালিকা

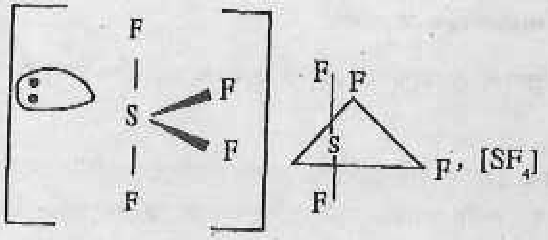
| জারণ স্তর | অক্সিজেন | সালফার |
|---|---|---|
| +6 | – | $SO_3, H_2SO_4$ |
| +4 | — | $SO_2$, $H_2SO_3$<br>$SCl_4$, $SF_2$ |
| + 2 | $F_2O$ | SO, $SCl_2$ |
| –1 | $H_2O_2$ | $Na_2$, $S_2$ |
| –2 | $H_2O$<br>$Na_2O$ | $H_2S$<br>$Na_2S\alpha$ |

**পজিটিভ জারণস্তর**

অক্সিজেন ও সালফার $OF_2$ এবং $SCl_2$ যৌগে +2 জারণ স্তরে অবস্থান করে।

16-শ্রেণীর মৌলগুলির যোজ্যতা কক্ষের $ns^2np^4$ ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে ধারণা করা যায়। যে এরা +4 এবং +6 যোজ্যতা প্রদর্শন করতে পারে—

: $SF_4$ অণুর ক্ষেত্রে S পরমাণু $sp^3d$ হাইব্রিডাইজেসেন অবস্থায় থাকে। : $SF_4$-এর ক্ষেত্রে একটি $sp^3d$ কক্ষকে একজোড়া নিঃসঙ্গ জোড় বর্তমান। এর জ্যামিতিক আকৃতিকে see saw (সি-সি) বলা হয়।




গঠন :

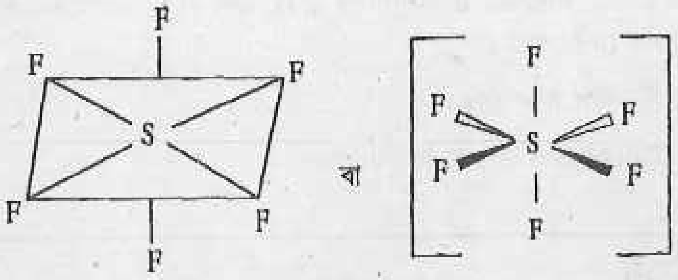
$SF_6$-অণুর S-পরমাণু $sp^3d^2$ সংকরায়িত।

S ↓↑ ↑↓ ↑ ↑ — — — — —
3s 3p 3d

S ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ — —
3s 3p 3d

$SF_6$ $\underset{3s}{\uparrow}$ $\underset{3p}{\uparrow \; \uparrow \; \uparrow}$ $\underset{3d}{\uparrow \; \uparrow \; - \; - \; -}$

$sp^3d^2$ -হাইব্রিডাইজেসন




$SF_6$ এর গঠন আকৃতি

অনুরূপ পদ্ধতিতে সালফার +6 জারণ স্তরের $SF_6$ জাতীয় যৌগগঠনে $Sp^3d^2$ সংকরায়ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে 6টি সমযোগী বন্ধন সৃষ্টি করে অষ্টতলকীয় আকৃতির $SF_6$ যৌগ গঠন করে।

ক্যাটিশেন -বা পরমাণু বলয় সৃষ্টির প্রবণতা :—

অক্সিজেন ও সালফারের মধ্যে ক্যাটিনেশনের প্রবণতা দেখা যায়। ওজোন ($O_3$) মধ্যে তিনটি অক্সিজেন পরম পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং সালফারের ($\alpha$ সালফার এবং $\beta$–সালফার) 8টি পরমাণু সংযুক্ত হয়ে $S_8$a-অনুরূপে অবস্থান করে।

### 2.4.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে 16 শ্রেণীর মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা হ্রাস পায়। অক্সিজেন অল্প উত্তাপে সহজেই বিক্রিয়া করে অক্সাইড উৎপন্ন করে কিন্তু সালফাইড প্রস্তুত করতে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়।

16-শ্রেণীর মৌলগুলির কয়েকটি প্রধান যৌগের তুলনামূলক আলোচনা।

### 2.4.4.1 হাইড্রাইড

এই শ্রেণীর মৌলগুলি $H_2X$ জাতীয় হাইড্রাইড গঠন করে (X = O, S, Se, এবং Te)

$H_2O$ ছাড়া $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$ এবং $H_2Te$ প্রত্যেকটি দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। হাইড্রাইডগুলি কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ধর্মের ক্রম পরিবর্তন নিম্নে দেওয়া হল।

(ক) আয়নীয় প্রকৃতি $\xrightarrow[\text{বৃদ্ধি}]{H_2O,\ H_2S,\ H_2Se,\ H_2Te}$

(খ) অম্লতা $\xrightarrow[\text{বৃদ্ধি}]{}$

(গ) বিজারণ ক্ষমতা ——————————→ বৃদ্ধি

(ঘ) $H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$ ——————————→ বৃদ্ধি

$H_2X$ সংকেত হাইড্রাইড ছাড়া অক্সিজেন ও সালফারের $H_2O_2$ এবং $H_2S_2$ সংকেতের হাইড্রাইড পাওয়া যায়। $H_2O_2$, $H_2S_2$ অপেক্ষা অনেক বেশী স্থায়ী।

প্রশ্ন : a) $S_8$ এর একটি লুইস গঠন আঁকুন।

b) 16-শ্রেণীর মৌলকে 'চ্যালকোজেন' বলা হয় কেন?

## 2.4.4.1 হাইড্রাইডস

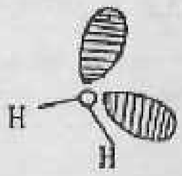
হাইড্রাইডগুলির প্রত্যেকে কৌণিক আকৃতির

$H_2O$, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Se$, $H_2Te$-র < H × H বন্ধনী কোণ

যথাক্রমে 104.5°, 92°, 91°, 89°।

জলের বেলায় অক্সিজেন $Sp^2$ সংকর কক্ষকের মাধ্যমে হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংকরায়ণ করে আর চতুস্তলকের উপরে দুটি ইলেকট্রন জোড় অবস্থান করে অন্যান্য হাইড্রাইডের বেলায় বন্ধনীকোণ 90°-র খুব কাছাকাছি থাকার কারণ — মৌলের বিশুদ্ধ p-কক্ষকই হাইড্রোজেনের সঙ্গে বন্ধনে আবদ্ধ।

$H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$ যৌগগুলি সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস কিন্তু জল হল বর্ণহীন তরল।



জলের আপেক্ষিক তাপ, গলন বা বাষ্পায়নের লীনতাপ অস্বাভাবিক ভাবে বেশি। জলের সর্বাধিক ঘনত্ব দেখা যায় 4° সেঃ উষ্ণতায়। বরফের ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম। জলের কঠিন অবস্থা বরফ একটি বহুগুণিতক অণু যাতে জলের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা চতুস্তলক গঠন করে।

হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতির জন্যই উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাংক পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক (dielectric constrant), সান্দ্রতা, পৃষ্ঠটান ইত্যাদির বৈশিষ্ট্য আমরা কেবল $H_2O$-এর ক্ষেত্রেই দেখি।

হাইড্রোজেন সালফাইড ($H_2S$) :

$H_2S$ পচা ডিমের মত দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস।

ধাতব সালফাইডের উপর লঘু HCl বা $H_2SO_4$ দ্বারা $H_2S$ প্রস্তুত করা হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4$$

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 3H_2S + 2SbCl_3$$

বাতাসে $H_2S$ নীল শিখাসহ জ্বলে এবং জল ও সালফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$$

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S \text{ (কম অক্সিজেনে)}$$

$H_2S$ একটি মৃদুদ্বিক্ষারী অম্ল $\begin{bmatrix} K_1 = 9 \cdot 8 \times 10^{-3} \\ K_2 = 1 \cdot 2 \times 10^{-5} \end{bmatrix}$

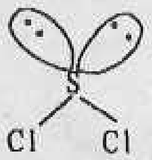
## 2.4.4.2 হ্যালাইডস্

| মৌল | যৌগ সমূহ |
|---|---|
| অক্সিজেন | $F_2O$, $F_2O_2$ |
| সালফার | $S_2F_2$, $SF_4$, $SF_6$<br>$S_2Cl_2$, $SCl_2$, $SCl_4$<br>$S_2Br_2$ |

কেবল ফ্লুরিনের অপরাধর্মিতার মাত্রা অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি হওয়ায় ফ্লুরাইড ছাড়া অক্সিজেনের ক্লোরাইড, ব্রোমাইড বা আয়োডাইড যৌগ নাই।

মনোহ্যালাইড $S_2Cl_2$-অণুতে সালফার sp2-সংকর অবস্থায় থাকে এবং অণুটি সামতালিক হয়।

ডাইহ্যালাইড যৌগগুলি মনোহ্যালাইড যৌগগুলির তুলনায় অস্থায়ী। রাবারের ভ্যালকানাইজেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়।

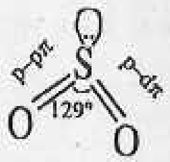
এর গঠনাকৃতি হল 



## 2.4.4.3 অক্সাইডস্

16 শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের অক্সিজেন ঘটিত দ্বিমৌলিক যৌগগুলি এদের অক্সাইড নামে পরিচিত। সালফারের উল্লেখযোগ্য অক্সাইড হল, (SO), সালফার ডাই অক্সাইড ($SO_2$) এবং সালফার ট্রাই অক্সাইড ($SO_3$), সাধারণ তাপমাত্রায় $SO_2$ একটি গ্যাস। $SO_2$ একটি সামতালিক ত্রিভুজাকৃতি অণু। ইহার মধ্যে S-পরমাণু $sp^3$ সংকর অবস্থায় থাকে।

আণবিক গঠন




অর্থাৎ

অণুটির কৌণিক গঠনের জন্য দ্বিমেরু ভ্রামক আছে।

পরীক্ষাগারে ধাতব কপার ছিবড়া (turnings) ও ঘন $H_2SO_4$-এর বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$Cu + H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$$

খনিজ সালফাইডকে তাপ জারিত করে $SO_2$ গ্যাস উৎপন্ন করা যায়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \uparrow$$

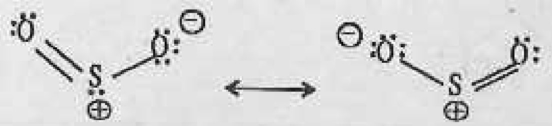
$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \uparrow$$

$SO_2$ একটি আম্লিক অক্সাইড। CaO (চুন) ক্ষারীয় হাওয়ায় $SO_2$ কে শুষ্ক করতে CaO ব্যবহার করা যায় না।

$$CaO + SO_2 = CaSO_3$$

প্রথম লবণ $CaCl_2$ এর সঙ্গে $SO_2$-এর কোন বিক্রিয়া না হওয়ায় $SO_2$ কে শুষ্ক করতে $CaCl_2$ ব্যবহার করা হয়।

গ্যাসীয় সালফার ডাই অক্সাইড অণুটির গঠন কৌণিক এবং দুটি সংস্পন্দিত অবস্থা বর্তমান



S–O বন্ধনীর দূরত্ব = 1.46 A°

<OSO = 129°

–10°C-এর কম তাপমাত্রায় শীতল করলে $SO_2$ স্বাভাবিক বায়ু চাপেই তরলে পরিণত হয়। উচ্চতাপমাত্রায় $SO_2$ স্বতঃ জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়ায় $SO_3$ এবং S উৎপাদন করে

$$3\ SO_2 \xrightarrow{1200^\circ} 2\ SO_3 + S$$

সালফার ডাই অক্সাইডের মধ্যে জারক এবং বিজারক এই উভয় ধর্মই বর্তমান

2-একক বৃদ্ধি (জারণ)

$$2H_2\overset{-2}{S}+\overset{++}{S}O_2=2H_2O+3S$$

3-একক হ্রাস (বিজারণ) 4-একক হ্রাস (বিজারণ)

$$K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7+3\overset{+4}{S}O_2+H_2SO_4=K_2SO_4+\overset{+3}{Cr_2}\left(\overset{+6}{S}O_4\right)_3$$

2-একক বৃদ্ধি (জারণ)

সালফার ডাই অক্সাইডের বিজারনগুণ :

$$SO_2 + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$

$$K_2Cr_2O + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

সালফার ডাই অক্সাইডের জারণ গুণ :-

$$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$$

$4FeCl_2 + SO_2 + 4HCl$ (strong)

$$= 4FeCl_3 + 2H_2O + S$$

সালফার ডাই অক্সাইডে সালফারের জারণ স্তর +4; কিন্তু এর সর্বোচ্চ জারণ স্তর +6 এবং +6 জারণ স্তরের যৌগগুলি স্থায়ী। সুতরাং $SO_2$-এর বিজারণ ক্ষমতা এবং সেইজন্যই $SO_2$-এর বিজারণ ক্ষমতা প্রকাশ পায়। পক্ষান্তরে $SO_2$-এর জারণ স্তর +4; চারটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে $S^{\circ}$ জারণ স্তরে পরিণত হলে জারণ ক্ষমতা প্রকাশ পায়।

সালফার ডাই অক্সাইড ($SO_2$) বিজারণ প্রক্রিয়ায় বিরঞ্জন করে। জায়মান হইড্রোজেন এই বিরঞ্জনে অংশগ্রহণ করে। জলের অনুপস্থিতিতে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না। এই কারণে শুষ্কফুল $SO_2$ দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না।

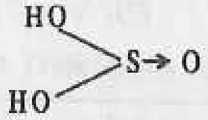
$$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2[H]$$

রঙিন ফুল + [H] → বিরঞ্জিত ফুল

### 2.4.5 অক্সো—অ্যাসিড

(ক) সালফিউরাস অ্যাসিড শ্রেণী :

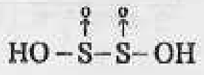
$H_2SO_3$



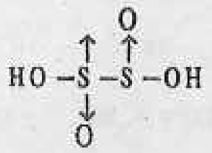
সালফিউরাস অ্যাসিড

$H_2S_2O_4$

ডাই থায়োনাস অ্যাসিড



$H_2S_2O_5$

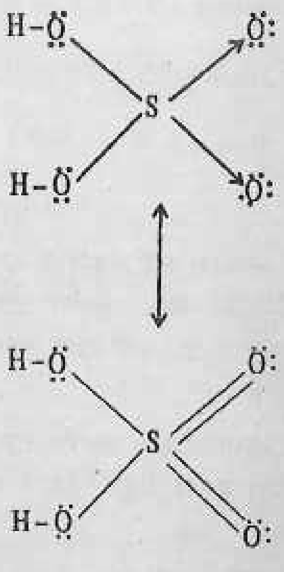


পাইরো সালফিউরাস অ্যাসিড

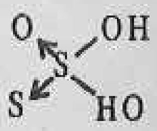
(খ) সালফিউরিক অ্যাসিড শ্রেণী

$H_2SO_4$

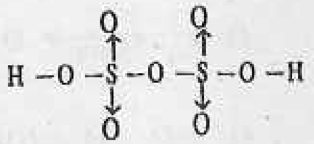
সালফিউরিক অ্যাসিড



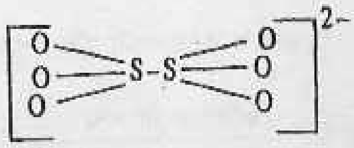
থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড



$H_2S_2O_7$
পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিড

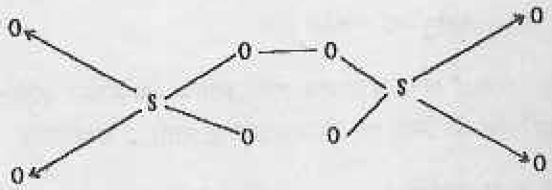


$H_2S_2O_6$
ডাই থায়নিক অ্যাসিড
$H_2S_nO_6$ (n = 3, 4, 5, 6)
পলি থায়োনিক অ্যাসিড

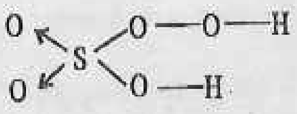


গঠনাকৃতি

সংকেত ও নাম
$H_2S_2O_8$
পারক্সি ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড
বা মার্শাল অ্যাসিড



$H_2SO_5$
পারক্সি মনোসালফিউরিক অ্যাসিড



## 4.6 অক্সিজেন সালফারের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যৌগ

ওজোন, $O_3$, (Ozone) : ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।

প্রস্তুতি :- (1) বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের মধ্য দিয়ে নিঃশব্দে তড়িৎ-মোক্ষণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে ওজন-মিশ্রিত অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$

এই সূত্র অবলম্বন করে সিমেন্স (Siemens) এবং ব্রোড ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন প্রস্তুত করেন।

ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেনকে তরল বায়ুদ্বারা শীতল করলে একটি গাঢ় নীল রং-এ তরল উৎপন্ন হয়। এই তরল অক্সিজেন এবং ওজোনের একটি দ্রবণ। অক্সিজেনের স্ফুটানাংক –183°C এবং ওজোনের স্ফুটনাংক –112°C। আংশিক পাতনে প্রথমে অক্সিজেন বাষ্পায়িত হয় এবং বাষ্পের সাহায্যে অক্সিজেনকে অপসারণ করা হয়। গাঢ় নীল রং-এর তরল ওজোন অবশেষরূপে পাওয়া যায়। এই অবশেষকে উদ্বায়িত করে বিশুদ্ধ ওজোন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

(ii) অক্সিজেনের উপর অতি বেগুনী আলোক বিক্রিয়ার কিছু পরিমাণ ওজোন উৎপন্ন হয়।

$$O_2 \xrightarrow[\lambda<243nm]{h\nu} O_2^{*}$$

$$O_2^{*} + O_2 = O_3 + [O]$$

ওজোন ও অতিবেগুনী রশ্মি শোষণ করে। এর ফলে ওজোন আবার বিয়োজিত হয়ে অক্সিজেনে পরিণত হয়

$$O_3 \xrightarrow[\lambda=200-320nm]{\text{অতি বেগুনী রশ্মি}} O_2 + O$$

(iii) সর্বাধুনিক পদ্ধতি :—

$-50^{o}C$ তাপমাত্রায় ঘন পারক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ বিশ্লেষণ করে ওজোন উৎপন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিতে প্ল্যাটিনাম অ্যানোড ও লেড ক্যাথোড ব্যবহার করা হয়।

ধর্ম ও গঠনাকৃতি :—

ওজোন একটি নীলাভ এবং পচামাছের দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস। ওজোন একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ। অম্ল ও ক্ষারীয় দ্রবণে ওজোনের জারণ ক্ষমতার পার্থক্য প্রমাণ জারণ-বিভবের ($E^{o}$) মাত্রা থেকে বোঝা যায়।

ক) $O_3 + 2H^{+} + 2e \rightleftharpoons O_2 + H_2O \quad E^{o} = 2.072\ V$

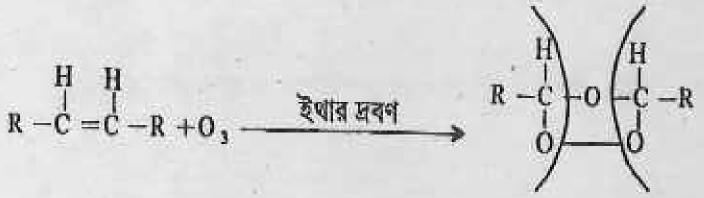
খ) $O_3 + H_2O^{+} + 2e \rightleftharpoons O_2 + 2OH \quad E^{o} = 1.142\ V$

$E^{o}$-এর মান থেকে আমরা জানতে পারি যে আম্লিক দ্রবণে ওজোন একটি অধিকতর শক্তিশালী জারক পদার্থ $H_2O_2$ এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ওজোন জারক এবং $H_2O_2$ বিজারক হিসাবে কাজ করে।

$$H_2\overset{-1}{O_2} + \overset{0}{O_3} \rightarrow H_2O^{-2} + 2\overset{0}{O_2} \qquad H_2O_2 \rightarrow 2H^{+} + O_2 + 2e$$

$$O_3 + 2H^{+} + 2e = O_2H_2O$$

কোন জৈব যৌগের অণুর মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের সঠিক অবস্থান নির্ণয় করার জন্যে। জৈব রসায়নে ওজোনের বহুল ব্যবহার আছে।



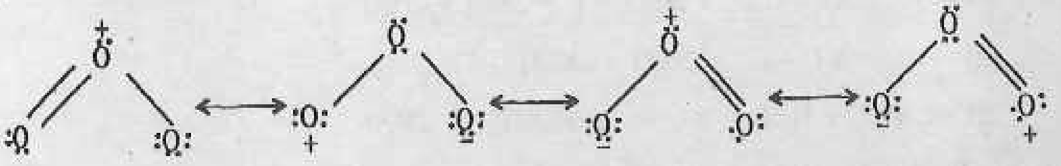
ওজোনাইড

$$\downarrow H_2O$$

$$R-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O + H_2O_2 + O=\overset{H}{\overset{|}{C}}-R$$

গঠন সংকেত ঃ-

ইলেকট্রন অপবর্তন পরীক্ষা এবং অবলোহিত বর্ণালীর বিশ্লেষণে জানা যায় যে ওজোনের তিনটি অক্সিজেন পরমাণু একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থান করে এবং 0–0–0 কোণটির মান $117^\circ \pm 3^\circ$ এবং অক্সিজেন বন্ধনের দৈর্ঘ্য $1.23 \pm 0.02A^\circ$



হাইড্রোজেন পারক্সাইড ($H_2O_2$)

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্পোৎপাদন :—

i) 50% বরফশীতল সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষিত করিয়া $H_2O_2$ উৎপন্ন হয়।

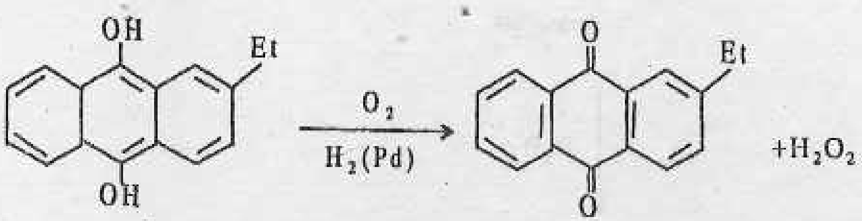
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$$

অ্যানোড বিক্রিয়া ঃ $2SO_4^{2-} - Ze \rightarrow S_2O_8^{2-}$ (জারণ)

ক্যাথোড বিক্রিয়া ঃ $2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$ (বিজারণ)

$$S_2O_8^{2-} + 4H_2O \rightarrow 2H_2O_2 + 4H^+ + 2SO_4$$

ii) 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল থেকে $H_2O_2$ উৎপাদন 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলের স্বতঃজারণ দ্বারা $H_2O_2$ পাওয়া যায়




বেঞ্জিন ও সাইক্লোহেক্সানলে উৎপন্ন $H_2O_2$-র দ্রবণটিকে জল দ্বারা অপক্ষালিক (extract) করিলে $H_2O_2$-এর 18% জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় এবং অনুপ্রেষ পাতন পদ্ধতিতে এটিকে প্রয়োজন মত গাঢ় করা হয়।

$H_2O_2$ আম্লিক প্রকৃতির এটি লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে।

$H_2O_2 + Na_2CO_3 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$

**$H_2O_2$-এর জারণ ক্ষমতা উল্লেখযোগ্য ঃ-**

(a) আম্লিক দ্রবণে ঃ- $H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$

উদাহরণ : $2KI + H_2O_2 + 2HCl = I_2 + 2KCl + 2H_2O$

$[2I^- + O_2 + 4H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O + 2KCl]$

$2[Fe(CN)_6]^{4-} + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2[Fe(CN)_6]^{3-} + 2H_2O$

(b) ক্ষারীয় দ্রবণে :- $H_2O_2 + 2OH^- + 2e \rightarrow 2H_2O + O_2$

$Cr_2(SO_4)_3 + 5H_2O_2 + 10KOH = 2K_2CrO_4 + 2K_2SO_4 + 1 - H_2O+)_2 \uparrow$

$Mn^{+2} + H_2O_2 + 2OH^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$

বিজারক রূপে $H_2O_2$-এর ভূমিকা :-

(a) (আম্লিক দ্রবণে) $H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2e$

উদাহরণ $2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4$

$= 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + O_2 \uparrow$

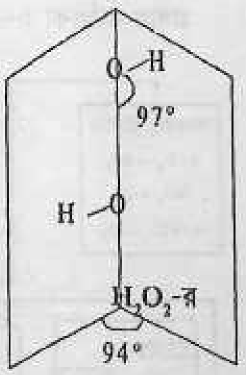
(b) ক্ষারীয় দ্রবণে $H_2O_2 + 2OH^- = 2H_2O + O_2 + 2e$

$2K_3[Fe(CN)_6] + H_2O_2 + 2KOH = 2K_4[Fe(CN)_6] + 2H_2O + O_2 \uparrow$

**বিরঞ্জক ধর্ম :** জারণ ক্রিয়ার দ্বারা উল, সিল্ক ইত্যাদি বর্ণহীন করে।

**ব্যবহার :** পেট্রোল, হাইড্রাজিন বা অ্যালকোহলের সঙ্গে মিশিয়ে এটিকে রকেটের জ্বালানী রূপে ব্যবহার করা হয়।

গঠনাকৃতি :




H–O–O–H

এই গঠনে O–O বন্ধনী আছে। এবং O–H বন্ধনী দুটি এক সমতলে নয়।

$H_2O_2$-এর দ্রবণের শক্তি

| 10 vol. $H_2O_2$ দ্রবণ = 3.035% দ্রবণ = 1.8 N |
|---|

সালফিউরিক অ্যাসিড (সংস্পর্শ পদ্ধতি)

$SO_2$ গ্যাসকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করলে $SO_3$ পাওয়া যায়। তা জলের সংমিশ্রণে $H_2SO_4$-এর পরিণত হয়।

$$\frac{2SO_2}{2\text{-আয়তন}} \quad \frac{+O_2}{1\text{-আয়তন}} = \frac{2SO_3}{2\text{-আয়তন}}, \ \Delta H = -45.2KCal$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

সংস্পর্শ পদ্ধতিতে $SO_4$-এর শিল্পোৎপাদনের ভৌত-রাসায়নিক নীতি : (১) তাপমাত্রার প্রভাব :- বিক্রিয়াটি ঘটালে $SO_3$-এর উৎপাদন বেশি হবে। উৎপাদনের শতকরা হারও প্রয়োজনীয় সময়ের সামঞ্জস্যের প্রয়োজনে একটি কার্যকরী তাপমাত্রায় (Optimum temperature) এই বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়।

প্ল্যাটিনহিজড্ অ্যাসবেস্টস্ বা $V_2O_5$ অনুঘটক ব্যবহারের ক্ষেত্রে এই কার্যকরী তাপমাত্রা 400° 450°.

(2) চাপের প্রভাব :

$SO_2$ এবং $O_2$ থেকে $SO_3$ উৎপাদনের সময় আয়তনের সংকোচন ঘটে :

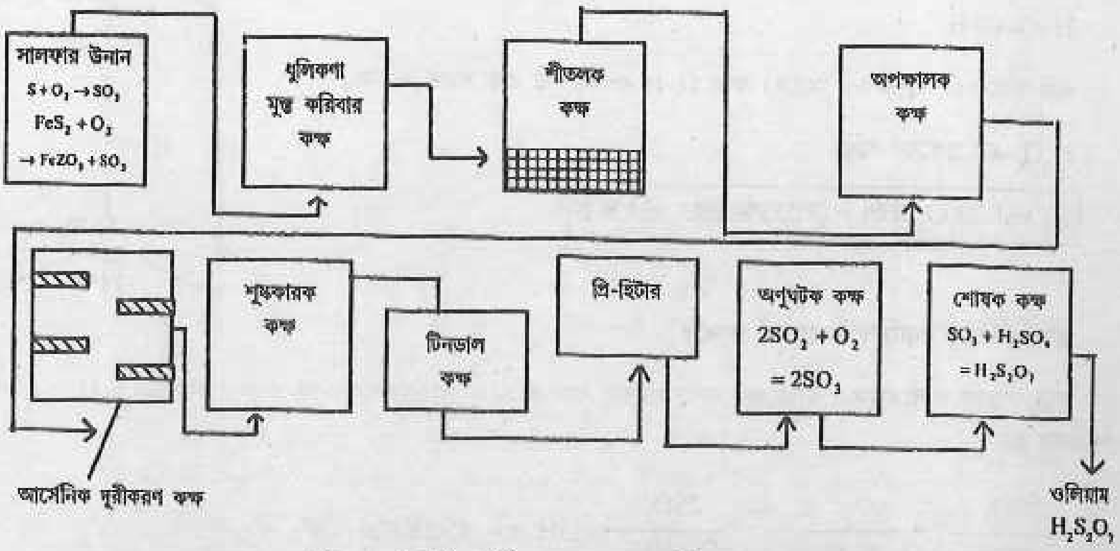
লা-সাটেলিয়ার নীতি অনুসারে, উচ্চচাপ প্রয়োগে $SO_3$ উৎপাদনের হার বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অনুঘটকের বিশেষ কার্যকরী ভূমিকার জন্য সাধারণ চাপেই $SO_3$ এর উৎপাদন হার এত ভাল হয় যে উচ্চচাপ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা থাকে না। সাধারণ চাপেই বিক্রিয়াটি হল।

(3) বিকারক এবং উৎপন্ন দ্রব্যের গাঢ়তার প্রভাব

বিক্রিয়ার সময় $O_2 : SO_2$ অনুপাতে বেশি রাখা হয় এবং $SO_3$ উৎপন্ন হওয়া মাত্র সেটি সরিয়ে ফেলা হয়।

পরে শোষণস্তম্ভে 98% $H_2SO_4$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ওলিয়াম ($H_2SO_4$) উৎপন্ন হয়। এই ওলিয়ামে পরিমাণ মত জল মিশিয়ে যে কোন মাত্রায় $H_2SO_4$ উৎপন্ন করা হয়।

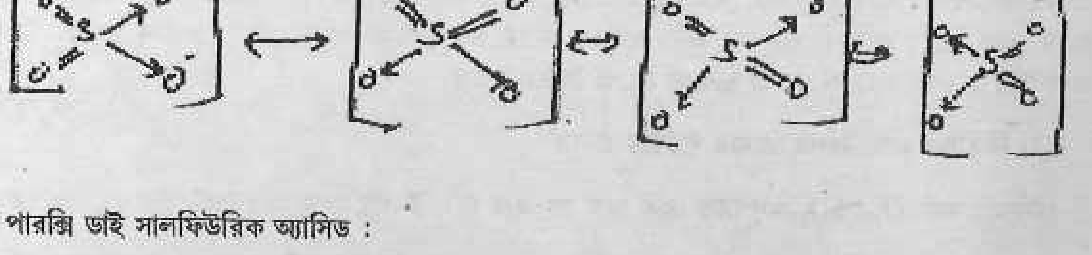
প্রবাহ তালিকা :—




চিত্র : সংস্পর্শ পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ এর শিল্পোৎপাদন

$H_2SO_4$ জলীয় দ্রবণে একটি অতি তীব্র অ্যাসিড। একমাত্র $HClO_4$ ছাড়া আর সকল খনিজ অ্যাসিড অপেক্ষা $H_2SO_4$ তীব্রতর অ্যাসিড, গাঢ় $H_2SO_4$ তীব্র জলাকর্ষী। $C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{গাঢ়}} 12C + H_2O$

গঠনাকৃতি : $SO_4^{2-}$ আয়নের গঠনাকৃতি চতুস্তলীয় এবং এতে সালফার পরমাণুটি $Sp^3$ সংকর অবস্থায় থাকে।



পারক্সি ডাই সালফিউরিক অ্যাসিড :

প্রস্তুত প্রণালী $0°C$ বা তাহারও কম তাপমাত্রায় 60% সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ বিশ্লেষণ করে $H_2SO_4$ উৎপন্ন করা হয় এই পদ্ধতিতে অ্যানোড হিসাবে প্ল্যাটিনামের পাতলা এবং সরু পাত এবং বেশি ঘনত্বের তড়িৎ প্রবাহ ব্যবহার করা হয়।

$H_2SO_4 \rightleftarrows H^+ HSO_4^-$

↓ ↓

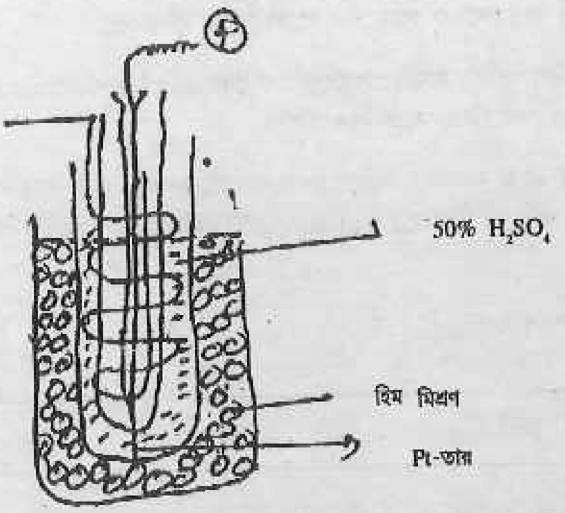
ক্যাথোড অ্যানোড

ক্যাথোড বিক্রিয়া $\rightarrow 2H^+2e \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া $\rightarrow 2HSO_4^- - 2e \rightarrow H_2SO_4 + 2e$

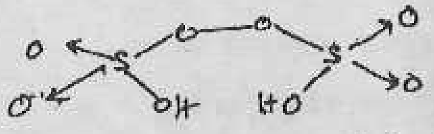
সাধারণ তাপমাত্রায় (জলীয় দ্রবণে) $K_2S_2O_8$ সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া পারক্সিমনো সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

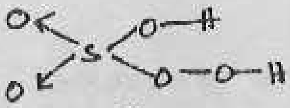
$H_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_5 + H_2SO_4$




চিত্র : $H_2SO_4$ -এর প্রস্তুতি

গঠন সংকেত :



## 2.4.7 সারাংশ

এই পরিচ্ছদে যে-যে বিষয়ে আলোচনা করেছি সেগুলি হল :

- 16-শ্রেণী সদস্যরা অধাতব, ধাতুকল্প ও ধাতব প্রকৃতির হয়।
- এদের গলনাংক ও স্ফুটনাংক অক্সিজেন থেকে টেলুরিয়ামের দিকে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় কিন্তু পোলোনিয়ামের ক্ষেত্রে হঠাৎ কমে যায়।
- প্রত্যেক সদস্যই দ্বিযোজী অ্যানায়ন যেমন $O^{2-}$, $S^{2-}$ ইত্যাদি গঠন করে। d-কক্ষক থাকায় S, Se, Te ও Po-এর বেলায় জারণস্তর 2 থেকে 4 পর্যন্ত এমনকি 6 পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়।
- 16-শ্রেণীর মৌলগুলি $H_2A$ (A = 0, S, Se, Te) জাতীয় হাইড্রাইড গঠন করে।
- $H_2O$ ছাড়া, $H_2S$, $H_2Se$ এবং $H_2Te$-এর প্রত্যেকটি দুর্গন্ধ যুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। ইহাদের গলনাংক ও স্ফুটনাংক, বিজারণ ক্ষমতা A-এর পারমাণবিক ক্রমাংকের সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।
- হাইড্রোজেন বন্ধকের উপস্থিতির জন্যই পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক (dielectric constant), সান্দ্রতা, পৃষ্ঠটান ইত্যাদির বৈশিষ্ট্য কেবল $H_2O$-র ক্ষেত্রেই দেখতে পাওয়া যায়।
- 16-শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে সালফার বিভিন্ন প্রকারের অনেকগুলি অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে। 'আস্' অ্যাসিড ও 'ইক্' অ্যাসিডগুলির শক্তি বা তীব্রতা (acid strength) মৌলগুলির পারমাণবিক ক্রমাংক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে হ্রাস পায়।

  $H_2SO_3 > H_2SeO_3 > H_2TeO_3$

## 2.4.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(১) সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন দ্বি-পরমাণুকে কিন্তু সালফার বহু-পরমাণুক। ব্যাখ্যা করুন।

(২) '30-আয়তন $H_2SO_2$' বলতে কি বোঝেন? ঐ শক্তিকে নর্মালিটিতে প্রকাশ করুন।

(৩) জলের তুলনায় বরফের ঘনত্ব কম কেন?

(৪) ভারী জল কিভাবে প্রস্তুত করা হয়?

(৫) ভারী জলের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ করুন—

ব্যাখ্যা করুন :—

(৬) (i) চুন দ্রাবা $SO_2$ শুষ্ক করা হয় না।

(ii) শুষ্কফুল $SO_2$ দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না।

(৭) অ্যাসিড মাধ্যমের তুলায় ক্ষারীয় মাধ্যমে $SO_2$ অধিক বিজারণ ধর্মী—ব্যাখ্যা করুন।

(৮) সংস্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা $H_2SO_4$ উৎপাদনের ভৌত-রাসায়নিক নীতি আলোচনা করুন।

(৯) ওজোনস্তর বলতে কি বোঝেন? জীবজগৎ রক্ষার ক্ষেত্রে এর গুরুত্ব কি?

(১০) ক্যারোর অ্যাসিডের গঠন লিখুন এটা কিরূপে প্রস্তুত করা হয়।

(১১) ব্যাখ্যা করুন

(i) অক্সিজেন সাধারণতঃ ধনাত্মক জারণস্তর প্রদর্শন করে না।

(ii) সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সময় জলে সরাসরি $SO_3$ দ্রবীভূত হয় না।

(১২) বাষ্পীভবনের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অম্লকে একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশি গাঢ় করা যায় না—ব্যাখ্যা করুন।

## 2.4.9 উত্তরমালা

(১) অক্সিজেন অণুতে অক্সিজেন—অক্সিজেন দ্বিবন্ধনের বন্ধন শক্তি অক্সিজেন—অক্সিজেন একক বন্ধনীর বন্ধন শক্তি অপেক্ষা প্রায় তিনগুণ বেশি। সুতরাং অণুতে দ্বিপরমাণুক। পক্ষান্তরে সালফার-সালফার একক বন্ধনীর বন্ধন শক্তি সালফার-সালফার দ্বিবন্ধনীর বন্ধন শক্তির তুলনায় অনেক বেশি। সুতরাং সালফার-সালফার একক বন্ধনী সালফারের পরিমাণ গঠন করে।

(২) V আয়তন $H_2O_2$ এর শক্তি হল $\frac{V}{3.294}\%$

$\therefore$ 30 আয়তন $H_2O_2$ এর শক্তি হল $\frac{30}{3.294}\% = 9.12\%$

নর্মালিটিতে এই শক্তির মান হল $\frac{91.2}{17} = 5.35(N)$

$H_2O_2$ এর তুল্যাঙ্কভারে হল 17.

(৩) বরফের গঠন প্রকোষ্ঠ ধরনের (Cage Structure)। এই জাতীয় গঠনে চতুস্তলক জলের অনুবর্তমান। এরূপ গঠনে প্রচুর শূন্যস্থান আছে। যার ফলে বরফের ঘনত্ব জল অপেক্ষা কম।

(৪) ডিউটেরিয়াম অক্সাইড, $(D_2O)$ কে ভারী জল বলে। এই জলের আণবিক গুরুত্ব 20।

তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ভারী জল প্রস্তুত করা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার পর তড়িৎকোষে যে জল অবশেষ রূপে পাওয়া যায়, ভারী জল প্রস্তুতিতে সেই জল ব্যবহৃত হয়। এই জলে NaOH মিশিয়ে (0.5 N) নিকেল, তড়িৎদ্বারের সাহায্যে সাতটি বিভিন্ন পর্যায়ে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়।

সপ্তম পর্যায়ে তড়িৎ কোষস্থিত তরলে ভারী জলের মাত্রা শতকরা ৭৭ ভাগ হয়। এই তরলকে পাতিত করে ভারী জল সংগ্রহ করা হয়।

(৫) ভারী জলের ব্যবহার—

i) পরমাণু চুল্লিতে দ্রুতগামী নিউট্রন কণার গতিবেগ কমানোর জন্য (moderator) ভারী জল ব্যবহৃত হয়।

ii) রাসায়নিক-বিক্রিয়ার গতিপ্রকৃতি অনুধাবনে এর ব্যবহার অপরিহার্য।

(৬) i) $SO_2$ একটি আম্লিক অক্সাইড, পক্ষান্তরে চুন (CaO) একটি ক্ষারীয় অক্সাইড। এই দুটি অক্সাইড পরস্পর বিক্রিয়া করে $CaSO_3$ উৎপন্ন করে। ফলে $SO_2$ গ্যাস শুষ্ক করা হয় না।

$CaO + SO_2 = CaSO_3$

ii) $SO_2$, বিজারণ প্রক্রিয়ায় বিরঞ্জন করে। জায়মান হাইড্রোজেন এই বিরঞ্জনে অংশগ্রহণ করে। জলের অনুপস্থিতিতে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না। এই কারণে শুষ্ক ফুল $SO_2$ দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না।

$SO_2 + O + H_2O = H_2SO_4 2[H]$

রঙিন ফুল +[H] → বিরঞ্জিত ফুল।

(৭) ক্ষারীয় মাধ্যমে $SO_2$ থেকে সহজেই ইলেকট্রন মুক্ত হয়।

$SO_2 + 2OH \rightarrow SO_4^- + 2H'2e$

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিপরীতমুখী বিক্রিয়া সহজতর হয়; পক্ষান্তরে $OH^-$ আয়ন (ক্ষারের) উপস্থিতিতে সম্মুখ বিক্রিয়া সহজে সম্পন্ন হয়। বিজারণের কাজ করে।

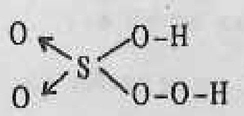
(৮) 4.6 দেখুন।

(৯) বায়ুমণ্ডলের স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ( ভূপৃষ্ঠের প্রায় 50 km উপরে) উপস্থিত অক্সিজেন সূর্যকিরণ থেকে অতিবেগুনী রশ্মি শোষণ করে ওজোনে পরিণত হয়।

$$3O_2 \xrightarrow{235\text{-}240\ nm} 2O_3 \text{ —তাপ}$$

উৎপন্ন ওজোন স্তর অতিবেগুনি (ultraviolet) রশ্মি শোষণ করে ওই রশ্মির ক্ষতিকারক প্রভাব থেকে পৃথিবীর জীবজগৎ এবং প্রাণীজগৎকে রক্ষা করে।

ক্যারো গঠনাকৃতি :




(১০) প্রস্তুতি : বিচূর্ণ পটাশিয়াম পারডাইসালফেটের সঙ্গে দ্বিগুণ ওজোনের $H_2SO_4$ মিশিয়ে 10°C উষ্ণতায় শীতল করা হয়। এই শীতল মিশ্রণকে বরফের মধ্যে ঢালিয়ে $H_2SO_5$-এর কেলাস পাওয়া যায়।

$K_2S_2O_8 + H_2SO_4 = H_2S_2O_8 + K_2SO_4$

$K_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_5 + H_2SO_4$

দ্রবণ থেকে অতিরিক্ত $H_2SO_4$-কে বেরিয়াম ফসফেটের সঙ্গে ঝাঁকানো হয় এবং বেরিয়ামসালফেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এরপর ছেঁকে নেওয়া হয়। অনার্দ্র বিশুদ্ধ পারমনো সালফিউরিক অ্যাসিড পেতে হলে নির্জল $H_2O_2$-র সঙ্গে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।

$H-O-O-H + ClSO_3H = H-O-O-SO_3H + HCl$

(১১) (i) অক্সিজেনের অপরাধর্মিতা উচ্চ। বস্তুতঃ ফ্লুরিনের পরেই এর অপরাধর্মিতার মান। সুতরাং মৌলটি সাধারণতঃ ধনাত্মক জারণস্তর প্রদর্শন করে না।

(ii) $SO_3$ জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ঘন সাদা কুয়াশার সৃষ্টি করে বলে $H_2SO_4$ প্রস্তুতিতে $SO_3$ কে সরাসরি জলে দ্রবীভূত করা হয় না। এজন্য $SO_3$ কে প্রথমে 98% $H_2SO_4$ এ শোষিত করা হয় পরে প্রয়োজন মত জল মেশান হয়।

(১২) লঘু $H_2SO_4$ এ দ্রবণকে পাতন করলে প্রথমে কম স্ফুটনাঙ্কের জল পাতিত হয় এবং দ্রবণে $H_2SO_4$ (স্ফুটনাঙ্ক 338°C) গাঢ়ত্ব ক্রমশ বাড়তে থাকে।

শেষ পর্যন্ত উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যাসিড এবং জল একটি স্থির-স্ফুটনাঙ্কের মিশ্রণ (Constant boilip mixture বা Azeo tropic mixture) রূপে সমগ্রভাবে পাতিত হয়। এই মিশ্রণে 90.3% $H_2SO_4$ এবং 1.7% $H_2O$ (ওজন হিসাবে) থাকে।

পাতন করে এই জলকে পৃথক করা যায় না। সুতরাং এই প্রক্রিয়ায় 100% $H_2SO_4$ পাওয়া যায় না।

# একক 2B ☐ 17 শ্রেণীর মৌলসমূহ হ্যালোজেন পরিবার

গঠন

2.5.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.5.2 উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার

2.5.3 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ

2.5.3.1 ভৌত ধর্মাবলী

2.5.3.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী

2.5.4 যৌগসমূহ

2.5.5 মিথ্যা হ্যালোজেন সম্বন্ধীয় ধারণা

2.5.6 আন্তঃহ্যালোজেন ও পলি হ্যালাইড যৌগের ধারণা

2.5.7 নিরীক্ষণ : ক্লোরাইড, আয়োডাইড আয়নকে একের উপস্থিতিতে অপরকে নিরীক্ষণ

2.5.8 সারাংশ

2.5.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

2.5.10 উত্তরমালা

## 2.5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

পর্যায় সারণীর 7 শ্রেণীর মৌলগুলি যথাক্রমে ফ্লোরিন (F), ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন এবং অ্যাস্টাটিনের সমন্বয়ে গঠিত। এরা হ্যালোজেন মৌল বা হ্যালোজেন নামে সমধিক পরিচিত। মৌলরূপে এবং যৌগের আকারেও ফ্লুরিনের ধর্মাবলী অন্যান্য হ্যালোজেন থেকে প্রবল এবং পৃথক বলে একে অনেক সময় অতি হ্যালোজেন (Super halogen) বলা হয়। এই শ্রেণীর সব কয়টি মৌলই যথেষ্ট সক্রিয়। যেহেতু মৌলগুলি অবস্থান শূন্য শ্রেণীর ঠিক আগে, একটি মাত্র ইলেকট্রন গ্রহণের সাহায্যে যোজ্যতা কক্ষের অষ্টক পুরণ করার প্রবণতা এবং মৌলগুলির $X_2$ জাতীয় অণুর (X = F, Cl, Br, I) বিয়োজন শক্তির ($X_2 = 2X$) স্বল্প মানের জন্য এদের সক্রিয়তা বেশি হয়।

হ্যালোজেন মৌলগুলি P-ব্লক মৌল শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত এবং এদের যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস $ns^2np^5$ এই পরিচ্ছেদ পাঠ করিলে নিম্নলিখিত বিষয় সম্বন্ধে জানিতে পারিবেন।

(ক) মৌলগুলির ভৌত অবস্থা

(খ) ঘনত্ব, পারমাণবিক আয়তন, সমযোজী ব্যাসার্ধ

(গ) অপরাধর্মিতা

(ঘ) আয়নায়ন বিভব

(ঙ) রাসায়নিক সক্রিয়তা ইত্যাদি।

**2.5.2 উৎস, নিষ্কাশন ও ব্যবহার**

ফ্লুরিন : মোয়াসাঁ (Moissan) অনার্দ্র HF এবং কঠিন KF-এর মিশ্রণকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য রূপে ব্যবহার করেন। প্ল্যাটিনাম এবং ইরিডিয়ামের সব করের সঙ্গে ফ্লুরিন সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া না করার জন্য তিনি তড়িৎ বিশ্লেষণের পাত্র এবং ইলেকট্রোডগুলি Pt - Ir সংকর দ্বারা প্রস্তুত করেন।

বিক্রিয়া : $YF + KF = KHF_2$ ; $KHF_2$ □ $K^+ + HF_2^-$ ; $HF_2 = HF + F$

$2K^+ + 2e = 2k$ ; $2k + 2HF_2^- = 2KF + H_2\uparrow + 2F^-$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $2F^- - 2e \rightarrow F_2\uparrow$

মোট বিক্রিয়া $2KHF_2(l) = F_2(g) + H_2(g) + 2KF$

বর্তমানে গলিত $KHF_2$-এর (গলনাঙ্ক 239°C)

তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে ফ্লুরিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়। V-আকারের কপার পাত্র এবং গ্রাইট ইলেকট্রোড ব্যবহার করা হয়।

ক্লোরিন : প্রস্তুতি ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইড, $MnO_2$ চূর্ণ এবং ঘন $H_2SO_4 + MnO_2 + 4H_2SO_4 = 4NaHSO_4 + MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$

পরীক্ষাগারে $KMnO_4$ - চূর্ণের উপর ধীরে ধীরে ঘন HCl ঢাললে $Cl_2$ গ্যাস বের হয়।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2\uparrow$$

ব্রোমিন : ক্লোরিন প্রস্তুতির অনুরূপ উপায়ে, কোন ব্রোমাইড এবং $MnO_2$-এর মিশ্রণকে ঘন $H_2SO_4$ সহযোগে উত্তপ্ত করে $Br_2$ পাওয়া যায়।

$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + Br_2\uparrow + 2H_2O$

সমুদ্রের জলে 0.065% ব্রোমাইড উপস্থিত থাকে। আমেরিকান পদ্ধতিতে সমুদ্রের জল থেকে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

আয়োডিন : আয়োডিনের প্রধান উৎস হল চিলি সল্টপিটার এর মধ্যে আয়োডিন থাকে 0.2%। সামুদ্রিক উদ্ভিদ ও আগাছার মধ্যেও প্রায় 0.001% আয়োডিন পাওয়া যায়।

সল্ট পিটার থেকে প্রাপ্ত $NaIO_3$-র সঙ্গে $NaHSO_4$ (বিজারক) যোগ করলে আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + I_2\downarrow + H_2O$

ফ্লোরিন ও ক্লোরিন জলকে জারিত করে অক্সিজেন উৎপন্ন করে, পক্ষান্তরে অক্সিজেন জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন ও আয়োডিনকে জারিত করে ব্রোমাইড ও আয়োডাইডে পরিণত করে।

জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :

$2F_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2F_2 + O_2$

$3F_2 + 3H_2O \rightarrow 3H_2F_2 + O_3$

$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + [O]$ (শ্লথ প্রক্রিয়া)

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :

$2NaOH + F_2 = F_2O + 2HaF + H_2O$

$4NaOH + 2F_2 = 2H_2O + 4NaF + O_2$

$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$ (ঠান্ডা)

$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$ (উত্তপ্ত)

$Br_2 + 2OH^- = BrO^- + H_2O + Br^-$

$2K + I_2 = 2KI$

$HI + J_2 = KgI_2$ (লালচে পদার্থ) আয়োডিনের পরিমাণ বেশি

$2HI + I_2 = Hg_2I_2$ (মার্কারির পরিমাণ বেশি) সবুজ পদার্থ

ব্যবহার : (i) ফ্লোরিনের যৌগ HF কাঁচে দাগ কাটতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) তুলা ও সুতিবস্ত্র, কাগজমণ্ড ইত্যাদি

পদার্থের অবাঞ্ছিত বর্ণ দূর করবার জন্য বিরঞ্জক পদার্থ রূপে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম রাবার এবং ভেষজ দ্রব্য প্রস্তুতিতে $Cl_2$-এর ব্যবহারে জানা আছে।

(iii) জীবাণু নাশক রূপে, ক্ষত নিরাময় করতে আয়োডিনের (10%) দ্রবণ ব্যবহৃত করা হত। একে টিংচার অব আয়োডিন বলে।

আসুন আমরা হ্যালোনে মৌলগুলির পারমাণবিক ভার, যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস এই ইহাদের উপর নির্ভরশীল কতকগুলি ধর্মের সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করি।

**2.5.3.1 সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ ও ভৌত ধর্মাবলী**

| ধর্ম | ফ্লুরিন | ক্লোরিন | ব্রোমিন | আয়োডিন |
|---|---|---|---|---|
| পাঃ ক্রমাঙ্ক | 9 | 17 | 35 | 53 |
| পাঃ ভার | 19 | 35.4 | 79.9 | 126.9 |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | [He] $2s^22p^5$ | [Ne] $3s^23p^5$ | [Ar] $4s^24p^5$ | [Kr] $5s^25p^5$ |
| সমযোজী ব্যাসার্ধ (A°) | 0.72 | 0.994 | 1.142 | 1.334 |
| অপরাধর্মিতা (P.S) | 4.0 | 3.0 | 2.8 | 2.5 |
| আয়নায়ন বিভব (ev) | 17.42 | 13.01 | 11.84 | 10.44 |
| ভৌত অবস্থা | হালকা হলুদ | সবুজাভ হলুদ | লবণ | কঠিন |
| (15oC তাপমাত্রা) | গ্যাস | গ্যাস | তরল | কালচে ইস্পাত রংয়ের কঠিন মৌল |

ভৌত অবস্থা : সব কয়টি হ্যালোজেন মৌলের অণু স্বাভাবিক অবস্থায় দ্বি পরমাণুক।

পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে ভৌত অবস্থার পরিবর্তন হয়।

(২) অপরাধর্মিতা : সকল হ্যালোজেন মৌলগুলিই উচ্চ অপরাধর্মী মৌল। এই শ্রেণীর প্রথম মৌল ফ্লুরিন পর্যায় সারণীর সর্বাপেক্ষা অপরাধর্মী মৌল। হ্যালোজেন মৌলগুলির স্বাভাবিক অপরাধর্মিতা আয়োডিনের মধ্যে বিশেষরূপে হ্রাস পায় এবং অল্প পরাধর্মিতা দেখা যায়।

$ICIO_4$, $[I(Py)_2]\ NO_3$ Py = পিরিডিন প্রভৃতি যৌগের মধ্যে আয়োডিন $I^+$ রূপে অবস্থান করে।

আয়নায়ন বিভব :

অন্যান্য শ্রেণীর মত এই শ্রেণীর সদস্যদের মধ্যেও পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে আয়নায়ন বিভব ক্রমশঃ হ্রাস পায়।

জারণস্তর সমূহ :

হ্যালোজেন মৌলগুলির সর্বপ্রধান জারণস্তর –1 তবে ফ্লুরিন ছাড়া অন্য হ্যালোজেনগুলি সমযোজ্যতার মাধ্যমে পজিটিভ জারণস্তরের (+1, +3, +5, +7) যৌগ গঠন করতে পারে।

ইলেকট্রন আসক্তি :

$Cl_2$-এর ইলেকট্রন আসক্তি সর্বোচ্চ হলেও $F_2$-এর জারণ ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশি।

আবার এই ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন থেকে আয়োডিনে ক্রমশঃ কমতে থাকে।

**2.5.4 যৌগ সমূহ :**

হাইড্রাইড : হ্যালোজেন মৌলগুলি হাইড্রোজেন আসক্তি $F_2$ থেকে $I_2$-এর দিকে দ্রুত হ্রাস পায়।

গঠন তাপের মান থেকে দেখা যায় HF এর মান সর্বাধিক

$$HF > HCl > HBr > HI$$

গঠনতাপ 38.5   22   8.0   –6.0

হাইড্রাইডগুলির গুরুত্বপূর্ণ ধর্মের ক্রম পরিবর্তন নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

(ক) আয়নীয় প্রকৃতি

(খ) বিজারণ ক্ষমতা   বৃদ্ধি ⟶

(গ) আম্লিক প্রকৃতি   HF, HCl   HBr,  HI

বৃদ্ধি ⟵

(ক) তাপ স্থায়িত্ব

(খ) হাইড্রোজেন বন্ধন

(গ) রাসায়নিক স্থায়িত্ব

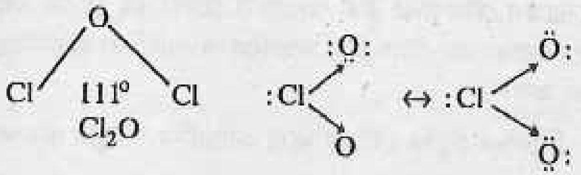
HF,   HCl,   HBr,   HI

অক্সাইড :

হ্যালোজেন মৌলগুলি অক্সিজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া করে না তথাপি কিছু অক্সাইড জানা আছে :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $F_2O$ | $Cl_2O$ | $Br_2O$ | $I_2O_4$ |
| $F_2O$ | $ClO_2$ | $BrO_2$ | $I_4O_9$ |
| | $Cl_2O_6$ | | $I_2O_5$ |
| | $Cl_2O_7$ | | |

গঠনাকৃতি :



অক্সো অ্যাসিড

ফ্লোরিনের অপরাধর্মিতা অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি, সেজন্য ফ্লোরিন কোনও অক্সো অ্যাসিড গঠন করে না।

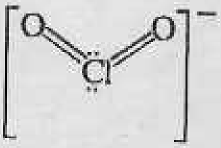
| (+1) | (+3) | (+5) | (+7) |
|---|---|---|---|
| $HOCl$ | $HClO_2$ | $HClO_3$ | $HClO_4$ |
| $HOBr$ | | $HBrO_3$ | $HBrO_4$ |
| $HOI$ | | $HIO_3$ | $HIO_3$ |
| | | | $HIO_4$ |
| | | | $H_5IO_6$ |

গঠনাকৃতি :

$ClO^-$

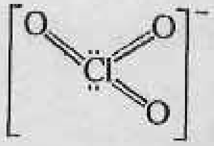
হাইপোক্লোরাইট

ডামবেলাকৃতি



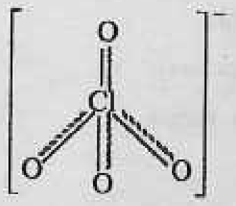
ক্লোরাইট

বেন্টশৃঙ্খল



ক্লোরেট

পিরামিড



পারক্লোরেট চতুস্তলকীয়

বিয়োজন ক্ষমতা বা তীব্রতা অনুসারে $Cl_2$-এর অক্সো-অ্যাসিডগুলিকে সাজালে নিম্নলিখিত ধারাবাহিকতা লক্ষ্য করা যায়

$$HCO_4 > HClO_3 > HClO_2 > HClO$$

হ্যালোজেনের পারমাণবিক ক্রমাংক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে HOX এবং $HXO_3$ অ্যাসিডগুলির আম্লিক প্রকৃতি হ্রাস পায় — HOCl > BOBr > HOI

$HClO_3 > HBrO_3 > HIO_3$

### 2.5.5. মিথ্যা হ্যালোজেন যৌগ

কতকগুলি একযোজী অজৈব যৌগ হ্যালোজেন পরিবারের অন্তর্ভুক্ত না হয়েও হ্যালোজেনের মত আচরণ করে। যথা $CN^-$, $SCN^-$, $SeCN^-$, $N_3^-$

$OCN^-$ (সায়ানেট), $ONC^-$ (আইসোসায়ানেট) এবং $(CN)_2$, $(OCN)_2$, $(SCN)_2$ প্রভৃতি হ্যালোজেন কল্প।

তুলনা :

| $Cl^-$ | $CN^-$ |
|---|---|
| (i) $2Cl^- - 2e \rightarrow 2Cl$ ® Cl2(l) | (i) $2CN^- - 23 = (CN)_2$ |
| (ii) $Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$ জলে অদ্রাব্য কিন্তু $NH_3$ তে দ্রাব্য | (ii) $Cn^- + Ag^+ \rightarrow AgCN$ জলে দ্রাব্য |

### 2.5.6 আন্তঃ হ্যালোজেন যৌগসমূহ

বিশেষ সক্রিয়তা এবং কাছাকাছি মাত্রার অপরাধর্মিতার কারণে বিভিন্ন হ্যালোজেন মৌলগুলির পরস্পরের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কয়েক প্রকার আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ গঠন করে।

যথা :

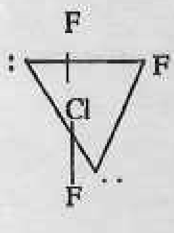
AB শ্রেণী : ClF, BrCl, I Cl, I Br

$AB_3$ শ্রেণী : $ClF_3$, $BrF_3$ $I\ Cl_3$ $IF_3$

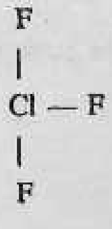
$AB_5$ শ্রেণী : $BrF_5$, $IF_5$, IF7

$AB_7$ শ্রেণী :

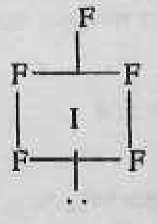
গঠনাকৃতি :

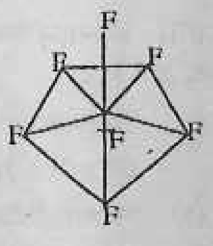



$AB_3$




$AB_5$




$AB_7$

পলিহ্যালাইড : $sp^3d$ (T-আকৃতি) $sp^3d^2$ (স্কয়ার পিরামিড) ($sp^3d^3$)
(পেন্টাগোনাল বাই পিরামিড)

$I_3$ এবং $Br_3$ সহজেই গঠিত হলেও $Cl_3$ বা $F_3$ এর অস্তিত্ব জানা নাই।

### 2.5.7 নিরীক্ষণ

$Cl^-$ মূলকের সনাক্তকরণ :

$Na_2CO_3$ নির্যাসে লঘু $HNO_3$ মিশিয়ে $AgNO_3$ দ্বারা মিশালে সাদা অধঃক্ষেপ, যাহা অতিরিক্ত $NH_3$ তে দ্রাব্য হয়।

$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$

$AgCl + NH_4OH$ (অতিরিক্ত) □ $[Ag(NH_3)_2]Cl$

Br উপস্থিতিতে I মূলকের সনাক্তকরণ :

$Br^-$ ও $I^-$ মিশ্রণে উপস্থিতি সনাক্তকরণ নমুনার জলীয় দ্রবণে লঘু HCl মিশিয়ে $CCl_4$ যোগ করে দুই ফোঁটা ক্লোরিন জলযোগ করে ঝাঁকালে $CCl_4$ স্তর বেগুনী বর্ণ হলে আয়োডিন এবং পুনরায় $Cl_2$ জল যোগ করার পর ঝাঁকালে জৈব স্তর ($CCl_4$) বাদামী বর্ণের হলে $Br^-$ মূলক বর্তমান।

$$2KI + Cl_2 = I_2 + 2KCl \xrightarrow{CCl_4} \text{বেগুনিস্তর}$$

$$2KBr + Cl_2 = Br_2 + 2KCl \xrightarrow{CCl_4} \text{লাল-বাদামী স্তর}$$

$$I_2 + 6H_2O + 5Cl\ (\text{Excess}) = 2HIO_3 + 10HCl$$

↓ ক্লোরিন জল দ্বারা বেশী ঝাঁকালে $I_2$ মৌলটি $HIO_3$ (আয়োডিক অ্যাসিড) এ পরিণত হয় এবং বেগুনি রঙটি চলে গিয়ে Br-এর লালচে বাদামী রং হয়।

### 2.5.8 সারাংশ

(i) হ্যালোজেন মৌলগুলি P-ব্লক শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত এবং যোজ্যতাকক্ষের ইলেকট্রনবিন্যাস $ns^2np^5$

(ii) হ্যালোজেন মৌলগুলির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক পারমাণবিক ভার ও আয়তন যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস এবং এদের উপর নির্ভরশীল।

(iii) আয়নায়ন বিভব এই শ্রেণীর সদস্যদের মধ্যেও পারমাণবিক ক্রমাংক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে আয়নায়ন বিভব ক্রমশঃ হ্রাস পায়।

(iv) ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম যথাক্রমে :
$Cl > F > Br > I$

(v) অক্সোঅ্যাসিডের তীব্রতার ক্রম যথাক্রমে
$HClO_4 > HClO_3 > HClO_2 > HClO$
$HClO > HBrO > HIO$

(vi) মিথ্যা হ্যালোজেন যৌগ সম্বন্ধে সম্যক ধারণা পাওয়া যায়—

যথা CN, SCN, SeCN, $N_3^-$

(vii) আন্তঃ হ্যালোজেন যৌগ সম্বন্ধে জানা যায়—

ClF, $ClF_3$, $IF_7$

BrCl $BrF_3$

I, Cl I Cl ইত্যাদি

(viii) দ্বিমেরু ভ্রামকের উর্ধ্বক্রম

HI < HBr < HCl < HF

(ix) স্ফুটনাঙ্কের ক্রমঃ

HI < HBr < HCl < BF

(x) বিজারণ ক্ষমতার উর্ধ্বক্রম

HF < HCl < HBr < HI

**2.5.10 উত্তরমালা**

(1) $HClO_4 > HClO_3 > HClO_2 > HClO$

(2) পাঠ্যাংশের 2.5.3.2 অংশ দেখুন।

(3) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে আয়োডিন যোগ করলে, I আয়ন $I_2$ অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে সুস্থিত $I_3$ আয়নে পরিণত হয়। এবং জলে ধ্রুবীয় $KI_3$ লবণ উৎপন্ন হয়। $KI_3$ জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। এই কারণেই আয়োডিন KI দ্রবণে অধিক দ্রবণীয়। $I_2 + KI \xrightarrow[\text{জল}]{} KI_3 \rightarrow K+ I^-_3$ পটাসিয়াম ট্রাইআয়োডাইড

(4) $IO_3 + 5I^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$

$2NaClO_3 + I_2 \rightarrow 2NaIO_3 + Cl_2$

$Br_2 + 2NaI \rightarrow 2NaBr + I_2$

$S_2O_3 = + I_2 \rightarrow S_4O_6 = + 2I$

(5) পাঠ্যাংশের 2.5.2 অংশ দেখুন।

(6) F ব্যতীত অন্য হ্যালাইডসমূহ একক হ্যালোজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে পলিহ্যালাইড জাতীয় যৌগ গঠন করে। যথা $I_2 + I \;—\; I_3^-$

F-এর d কক্ষক আবর্তমান এবং ত্রিমাত্রিক বিন্যাসী বাধার জন্য পলিহ্যালাইড যৌগ গঠন করতে পারে না।

(7) হ্যালোজেন মৌলগুলি তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক এবং সক্রিয়। এরা সহজেই তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলর সঙ্গে যুক্ত হয়ে যৌগে পরিণত হয়। এইজন্য মৌলগুলিকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

(8) HF অম্লের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে উদ্ভূত ফ্লোরিন তৎক্ষণাৎ দ্রবণে উপস্থিত জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $O_2$ উৎপন্ন করে নিজে পুনরায় HF-এর বিজারিত হয়। $HF = H^+ + F^-$ ; $2F^- - 2e = F_2$

$$2F_2 + 2H_2O = O_2 + 4HF$$

(9) ফ্লোরিন পরমাণুর ক্ষুদ্র আকার উচ্চ তড়িৎ দ্বারীয় বিভবের (2.85v) জন্য ইহা সহজেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফ্লোরাইড আয়নে বিজারিত হয়। এইজন্য ফ্লোরিন তীব্র জারক দ্রব্যরূপে কাজ করে।

(10) HF অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে নিম্নরূপে আয়নিত হয়।

$$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$$

জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন $F^-$ আয়ন অবিয়োজিত HF অণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে বাইফ্লোরাইড (F ... H — F) বা $HF_2^-$ গঠন করে এজন্য HF এক ক্ষারীয় অম্ল হওয়া সত্ত্বেও অম্ললবণ $KHF_2$ গঠন করতে পারে। $Cl^-$ অয়ন আকারে বৃহৎ হওয়ার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধন ঘটাতে পারে না।

(11) কাচের মধ্যে উপস্থিত সিলিকা ও সিলিকেট লবণ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম ফ্লোরোসিলিকেট গঠন করে। মুক্ত সিলিকা HF অ্যাসিডের সংস্পর্শে কাচের পাত্র ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। এজন্য HF কে কাচের পাত্রে রাখা হয় না।

$$Na_2SiO_3 + 6HF = Na_2SiF_6 + 3H_2O$$

$$CaSiO_3 + 6HF = CaSiF_6 + 3H_2O$$

$$SiO_2 + 6HF + H_2\ SiF_6 + 2H_2O$$

# একক 2B. ❑ 18 নং শ্রেণির মৌলসমূহ হ্যালোজেন পরিবার

গঠন

**2.6.1** প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

**2.6.2** উৎস ও ব্যবহার

**2.6.3** সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ

**2.6.3.1** ভৌত ধর্মাবলী

**2.6.3.2** রাসায়নিক ধর্মাবলী

**2.6.4** সারাংশ

**2.6.5** সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

**2.6.6** উত্তরমালা

## 2.6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

পর্যায় সারণীর 18 শ্রেণীর মৌলগুলি যথাক্রমে হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (Ar), ক্রিপটন (Kr), জেনন (Xe) ও রেডনের (Rn) সমন্বয়ে গঠিত। ইহাদিগকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস বলা হয়, সাধারণ উষ্ণতার চাপে রেডন ছাড়া এই শ্রেণীর বাকী মৌলগুলি গ্যাসীয়। রেডন, মৌলটি রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয় বিচ্ছুরণ থেকে পাওয়া যায়। অন্যান্য মৌলগুলি বাতাসে অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। এইজন্য এদের বিরল গ্যাস (rare gas) ও বলা হয়। যোজ্যতা কক্ষের অষ্টক পুরণ হেতু এরা নিষ্ক্রিয় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। এবং এরা এক পরমাণুক। নিষ্ক্রিয় মৌলগুলি p ব্লক শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত এবং যোজ্যতা কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস হল হিলিয়ামের $1S^2$ বাকী মৌলগুলির $ns^2np^6$ সাধারণ অবস্থায় ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন হয় না। স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস এদের নিষ্ক্রিয়তার কারণ।

**2.6.2** রেডন ছাড়া এই শ্রেণীর বাকী মৌলগুলি বাতাসে অল্প পরিমাণে থাকে। হিলিয়াম Natural গ্যাসে 10% পরিমাণে থাকে। হিলিয়াম ও আর্গন বক্রেশ্বরের উষ্ণ প্রস্রবনে পাওয়া যায়।

হিলিয়াম সৌর মণ্ডলে হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয় সংযোজনে উৎপন্ন হয়। ভারতে ট্রাভাংকোরের ফেরিয়াম আকরিক মোনাজাইট বালুতে পাওয়া যায় হিলিয়াম। হিলিয়াম, ভীষণ হাল্কা এবং সম্পূর্ণ রূপে অদাহ্য বলে এই গ্যাস বিজ্ঞাপন বেলুনে ব্যবহার করা হয়। নিয়ন ও হিলিয়াম মিশ্রণ লেসার বিম প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

**2.6.3.1 ভৌত ধর্মাবলী**

| ধর্ম | He | Ne | Ar | Kr | Xe | Rn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক | 2 | 10 | 18 | 3.6 | 54 | 86 |
| পারমাণবিক ভার | 4.0 | 20.18 | 39.10 | 83.80 | 131.30 | 222 |
| ঘনত্ব g/cc. | $1.8\times10^{-4}$ | $9.0\times10^{-4}$ | $1.8\times10^{-3}$ | $3.7\times10^{-3}$ | $5.9\times10^{-3}$ | $9.7\times10^{-3}$ |
| গলনাঙ্ক | — | 24.6 | 38.8 | 115.9 | 161.3 | 202 |
| স্ফুটনাঙ্ক | 4.2 | 27.1 | 87.2 | 119.7 | 165.0 | 211 |

**ভৌত অবস্থা ও বর্ণ :**

(১) নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি এক পরমাণুক, বর্ণহীন, গন্ধহীন, এরা জলে অল্প দ্রবণীয়। পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে এদের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়।

(২) ভ্যানডার ওয়ালের শক্তি কম হওয়ার জন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস গুলিকে তরল করা যায় না। পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ভ্যানডারওয়াল শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং তরলীভবন প্রবণতা বৃদ্ধি পায়।

(৩) ইলেকট্রন আসক্তি : স্থায়ী $ns^2np^6$ ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য এই মৌলগুলির ইলেকট্রন আসক্তির মান শূন্য।

(৪) আয়নায়ন বিভব : স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য এদের আয়নায়নের মান উচ্চ। পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এদের মান ক্রমশঃ হ্রাস পায়।

**2.6.3.2 রাসায়নিক ধর্ম ঃ**

উচ্চ আয়নায়ন বিভব, প্রায় শূন্য ইলেকট্রন আসক্তি এবং স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি সাধারণতঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না।

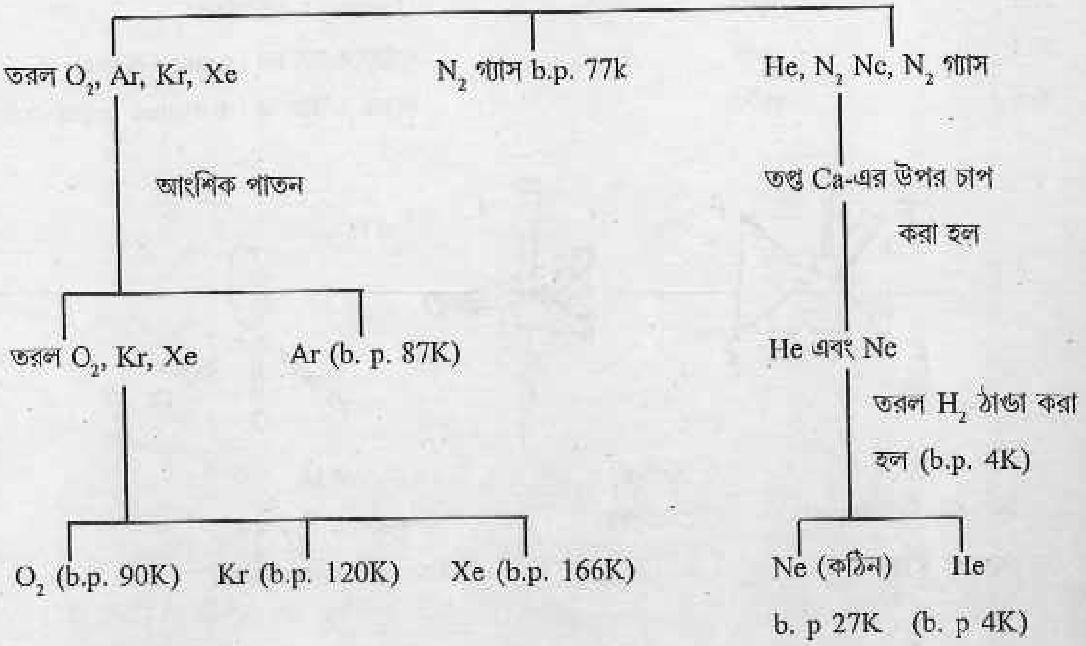
১৯৬২ সালে N. Bartlett অক্সিজেনের সঙ্গে $PtF_6$-র বিক্রিয়া ঘটিয়ে $[O_2^+][PtF_6]^-$ যৌগটি আবিষ্কার করেন। যেহেতু অক্সিজেন ও জেননের আয়নায়ন বিভব প্রায় একই, তিনি জেননের একটি অনুরূপ যৌগের সন্ধান দেন।

$Xe + PtF_6 \rightarrow Xe^+ [PtF_6]^-$

Fe, Ne এবং আরগনের কোনও যৌগের কথা জানা নাই।

**নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বাণিজ্যিক প্রস্তুতি :** নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বাণিজ্যিক প্রস্তুতিতে বাতাসকে তরলীভূত করে আংশিক পাতনের মাধ্যমে গ্যাসগুলিকে পৃথক করা হয়।

তরল বাতাসের আংশিক পাতন




**জেনন এবং ক্লোরাইড, অক্সাইড ও অক্সি ফ্লোরাইড যৌগ :**

$XeF_2$, $XeF_4$ $XeF_6$ :

$$\underset{(2:1)}{Xe + F_2} \xrightarrow[673K]{\text{নিকেল টিউব}} XeF_2$$

$$\underset{(1:5)}{Xe + F_2} \xrightarrow[5-atm]{Ni-tube\ 673} XeF_4$$

$$\underset{(1:20)}{X3 + 3F_2} \xrightarrow[50-60atm]{Ni-tube,\ 575} XeF_6$$

$XeO_3$ : $2XeF_4 + 3H_2O \rightarrow Xe + XeO_3 + 6HF + F_2$

$XeF_6 + 3H_2O \rightarrow XeO_3 + 6HF$

$XeOF_2$ : $XeF_4 + H_2O \rightarrow XeOF_2 + 2HF$

$XeOF_4$ : $XeF_6 + H_2O \rightarrow XeOF_4 + 2HF$

$XeO_4$ : $4XeF_6 + 18\ Ba(OH)_2 \rightarrow 3Ba_2XeO_6 + Xe + 12\ BaF_2 + 18H_2O$

$Ba_2XeO_6 + 2H_2SO_4$

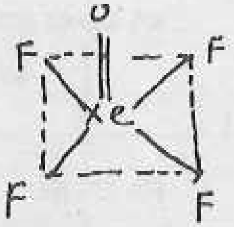
$= 2BaSO_4 + XeO_4 + 2H_2O$

$XeF_2 + PF_2 \rightarrow [XeF]^+ [PF_6]$

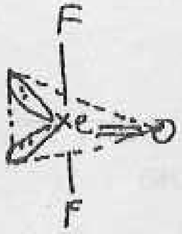
$XeF_4 + SbF_5 \rightarrow [XeF_3]^+ [SbF_6]^-$

$XeF_6 + AsF_5 \rightarrow [XeF_5]^+ [AsF_6]^-$

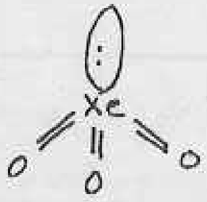
| গঠনাকৃতি | সংকরায়ন | আকৃতি |
|---|---|---|
| $XeF_2$ | $sp^3d$ | (Linear) সরলরৈখিক |
| $XeF_4$ | $sp^3d^2$ | বর্গাকৃতি সমতল (square plane) |
| $XeF_6$ | $sp^3d^3$ | বিকৃত অষ্টতলক (distorted actahedral) |



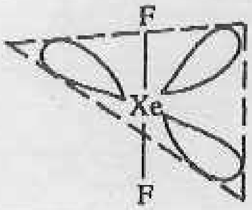

$XeFO_4$
বর্গাকৃতি পিরামিডাল
Square Pyramidal



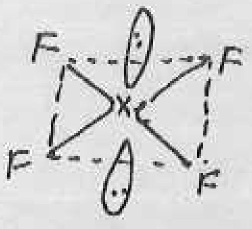

$XeOF_3$
T-আকৃতি



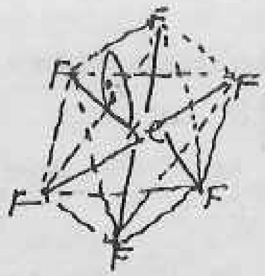

$XeCO_3$
ত্রিভুজাকার পিরামিড
Trigonal Pyramidal




Linear
(রৈখিক)




Square Planar
(সমতলীয় বর্গক্ষেত্র)




$XeF_6$
(অসম অষ্টতলক)

**2.6.4 সারাংশ**

He, Ne, Ar, Xe, Rn পর্যায় সারণীর 18 শ্রেণীর মৌল।

Rn ছাড়া এই শ্রেণীর মৌলগুলি গ্যাসীয়।

বাতাসে অল্প পরিমাণে পাওয়া যায় বলে এদের বিরল গ্যাস (Rare) ও বলা হয়।

যোজ্যতা কক্ষের অষ্টক পূর্ণ হেতু ও স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাসের জন্য এরা এক পরমাণুক ও নিষ্ক্রিয়।

$XeF_2$, $XeF_4$, $ScF_6$, $XeOF_4$, $XeOF_2$, $XcOF_3$ যৌগ জানা আছে।

Ar, Ne, He-এর কোনোও যৌগের কথা জানা নেই।

### 2.6.5 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

(1) নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির কম সক্রিয়তার কারণ কি?

(2) $Xe\ F_2$ এবং $XeF_4$-এর প্রস্তুতি ও গঠনাকৃতি লিখুন।

(3) বিক্রিয়াগুলি পূর্ণ করুন

$XeF_4 + H_2O \rightarrow ?$

$XeF_6 + H_2O \rightarrow ?$

$XeF_4 + SbF_5 \rightarrow ?$

$XeF_6 + NaF \rightarrow ?$

(4) $XeO_3$, $XeF_6$ এবং $XeOF_4$-এর গঠনাকৃতি লিখুন।

(5) N. Bartlet কি কারণের ভিত্তিতে জেনন ও ফ্লোরাইডের বিক্রিয়াটি ঘটিয়ে ছিলেন?

(6) পিঞ্জরাবন্ধ যৌগ বলতে কি বোঝেন? উদাহরণ দিন।

### 2.6.6 উত্তরমালা

(1) 2.6.1 অংশ দেখুন।

(2) 2.6.3.2 অংশ দেখুন।

(3) $6XeF_4 + 12H_2O = 2XeO_3 + 4Xe\uparrow + 24HF + 3O_2\uparrow$

$XeF_6 + H_2O = XeO_3 + 6HF$

$XeF_4 + 2SbF_5\ [XeF_3^+]\ [Sb_2F_{11}^-]$

$XeF_6 + NaF \rightarrow Na^+\ [XeF_7^-]$

(4) পাঠ্যাংশের 6.3.2 অংশ দেখুন।

(5) অক্সিজেনের প্রথম আয়নায়ন শক্তি (ionisation energy) 1165KJ $mol^{-1}$ যা জেননের প্রথম আয়নায়ন শক্তির প্রায় সমান। $Xe \rightarrow Xe+$ এর মান 1169 KJ $mol^{-1}$ হওয়ায় বার্টলেট এবং লেম্যান 1962 সালে Xe কে $O_2$-এর ধাতব বিক্রিয়া করানোর কথা ভাবেন।

$PtF_6$ সুতীব্র জারক পদার্থ হিসাবে বিক্রিয়া করে অক্সিজেনকে জারিত করে

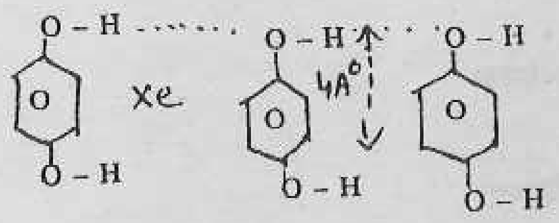
$PtF_6 + O_2 \rightarrow O_2^+\ [PtF_6]$

সম আয়তন $PtF_6$-এর বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $[XeF]^+\ [Pt_2F_{11}]^-$ নামক যৌগটি উৎপন্ন করে।

(6) নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পিঞ্জরাবন্ধ যৌগ (Chthrate) যৌগ খুবই পরিচিত।

কুইনলের লীয় দ্রবণের মধ্যে 10-40 বায়ু মণ্ডলীয় চাপে Ar, Kr, Xe 4A° ব্যাসের গহ্বরে বন্দী অবস্থায় পিঞ্জরাবন্ধ যৌগ গঠন করে।

He ও Ne এই ধরনের যৌগ দেয় না। কারণ এরা আকৃতিতে খুবই ছোট।



# একক 3A ❐ জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা, B. জৈব যৌগের নামকরণ ও সমাবয়বতা

## A. জৈব যৌগের গঠনে ইলেকট্রোনীয় তত্ত্ব ; ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল ; সমযোজী বন্ধনের সুষম ও অসম বন্ধন বিভাজন

গঠন


3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.2 জৈব যৌগের অণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকসমূহ

3.2.1 আবেশ প্রভাব

3.2.2 ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব

3.2.3 ক্রমান্বয় বা কনজুগেশন

3.2.4 রেজোনেন্স এবং রেজোনেন্স শক্তি

3.2.5 অধিক্রমান্বয় বা হাইপারকনজুগেশন

3.3 ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল

3.4 সমযোজী বন্ধনের সুষম ও অসম বিভাজন

3.4.1 সুষম বন্ধন বিভাজন-মুক্তমূলক

অ্যালকিল মুক্ত-মূলকের স্থিতিশীলতা

মুক্ত-মূলকের সক্রিয়তা

3.4.2 অসম বন্ধন বিভাজন—কার্বোক্যাটায়ন, কার্ব-অ্যানায়ন

অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা এবং সক্রিয়তা

অ্যালকিল কার্ব-অ্যানায়নের স্থিতিশীলতা এবং সক্রিয়তা

3.5 সারাংশে

3.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

3.7 উত্তরমালা


## B. নামকরণ, সমাবয়বতা

গঠন


3.8 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.9 জৈব যৌগের নামকরণ ঃ
প্রচলিত পদ্ধতি
IUPAC পদ্ধতি
3.10 জৈব যৌগের সমাবয়বতা
3.10.1 জ্যামিতিক সমাবয়বতা
3.10.2 আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা
3.10.3 আলোক সক্রিয়তা
3.10.4 অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু
3.10.5 প্রতিসাম্য উপাদান
3.10.6 এনানসিওমার ও ডায়াস্টিরিওমার
3.10.7 দ্বি-বন্ধনঘটিত জ্যামিতিক সমাবয়বীর E, Z নামকরণ
3.10.8 D, L নামকরণ (কার্বোহাইড্রেট ও অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্ষেত্রে)
3.10.9 কাইরাল অণুর R, S নামকরণ
3.10.10 ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত এবং নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত
3.11 সারাংশ
3.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
3.13 উত্তরমালা

## 3.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

জৈব যৌগগুলি প্রধানত সমযোজী বন্ধন দিয়ে গঠিত। জৈব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য জৈব যৌগের বিভিন্ন বন্ধনে ও পরমাণুতে ইলেকট্রন-ঘনত্বের আপেক্ষিক পরিমাণ জানা দরকার। কারণ, অণুর অধিকতর ইলেকট্রন-ঘনত্বের স্থান কোনো ধণাত্বক তড়িৎআধানযুক্ত বিকারক দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয় এবং এই স্থানটি ঋণাত্মক তড়িৎ আধানযুক্ত বিকারক দ্বারা আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা কম। আবার কোনো অণুর কম তড়িৎ ঘনত্ব সম্পন্ন স্থান ঋণাত্মক তড়িৎ আধানযুক্ত বিকারক দ্বারা আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা বেশি। তাই কী কারণে জৈব অণুর বন্ধনে এবং পরমাণুতে ইলেকট্রন-ঘনত্ব বাড়ে বা কমে তা জানা প্রয়োজন। অপরদিকে রাসায়নিক বিক্রিয়া চলাকালীন সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গাগড়া ঘটে। সমযোজী বন্ধনের বিভাজন কী কী ভাবে হতে পারে তাও জানা একান্ত প্রয়োজন। জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া বোঝবার জন্য এই ধারণাগুলি বিশেষ ভাবে জানা দরকার।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি নিচের তথ্যগুলি জানতে পারবেন এবং সংশ্লিষ্ট ক্ষেত্রে প্রয়োগ করতে পারবেন।

- আবেশ ও ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব কাকে বলে এবং জৈব অণুতে তার প্রয়োগ।
- ক্রমান্বয় বা কনজুগেশন ও রেজোনেন্স সম্পর্কে ধারণাগুলি কী, রেজোনেটিং গঠন বলতে কী বোঝায়।
- রেজোনেন্স শক্তি কাকে বলে এবং এটি কীভাবে নির্ণয় করা যায়।
- অধিক্রমান্বয় বা হাইপারকনজুগেশন বলতে কী বোঝায়, কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন ঘটে এবং জৈব অণুতে এর প্রভাব।
- জৈব যৌগে সমযোজী বন্ধনের বিভাজন কতভাবে হতে পারে—সুষম ও অসম বন্ধন বিভাজন বলতে কী বোঝায়।
- মুক্ত-মূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্ব-অ্যানায়ন কাদের বলে। তাদের স্থিতিশীলতা ও সক্রিয়তা।

## 3.2 জৈব যৌগের অণুতে ইলেকট্রন প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকসমূহ

### 3.2.1 আবেশ প্রভাব (Inductive effect)

দুটি অসদৃশ পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন গঠিত হলে উভয় পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন-জোড় সমানভাবে বন্টিত হয় না। অধিকতর তড়িৎঋণাত্মক (electronegative) পরমাণুর দিকে ইলেকট্রন জোড় সরে থাকে। এই ইলেকট্রন সরণের ফলে সমযোজী বন্ধনে দ্বিমেরুকতার উদ্ভব হয়। ফলে বন্ধনের ইলেকট্রন ঘনত্বের অসম বিন্যাস ঘটে এবং বিপরীতধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়। ধনাত্মক আধান প্রাপ্ত পরমাণু সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়কে আকর্ষণ করে। এইভাবে অ্যালকিল ক্লোরাইডে ($>C-Cl$) ক্লোরিনের তড়িৎঋণাত্মকতা (electronegativity) কার্বনের তড়িৎঋনাত্মকতা থেকে অধিকতর হওয়ায় C—Cl বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড় ক্লোরিনের দিকে সরে থাকে। ফলে C—Cl বন্ধনটি ধ্রুবীয় হয় এবং Cl সামান্য ঋণাত্মক ও C সামান্য ধনাত্মক হয়। এটি নিচে দেখানো হলো :

$$>C \rightarrow Cl \quad \text{বা} \quad >\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{Cl}$$

ক্লোরিনের সাথে যুক্ত কার্বন পরমাণুটি যদি আরও কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তাহলে ইলেকট্রন জোড়ের সরণ এই কার্বন শৃঙ্খলেও দেখা যায়।

$$\underset{4}{C}-\underset{3}{C}-\underset{2}{C}\rightarrow\underset{1}{C}\twoheadrightarrow Cl$$

$C_1$ কার্বন পরমাণু ধনাত্মক আধান প্রাপ্ত হওয়ার ফলে এটি $C_1$—$C_2$ সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন জোড়কে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এর ফলে $C_2$ কার্বন পরমাণুর ওপর সামান্য ধনাত্মক আধানের ($C_1$ এর থেকে কম) সৃষ্টি হয়।

ঘটনাটি নিচে দেখানো হলো ঃ

$$\overset{\delta\delta\delta\delta^+}{\underset{4}{C}}-\overset{\delta\delta\delta^+}{\underset{3}{C}}-\overset{\delta\delta^+}{\underset{2}{C}}-\overset{\delta^+}{\underset{1}{C}}-\overset{\delta^-}{Cl}$$

$\delta^+$ ও $\delta^-$ দিয়ে যথাক্রমে সামান্য ধনাত্মক আধান ও সামান্য ঋনাত্মক আধান, $\delta\delta^+$ দিয়ে $\delta^+$ থেকে কম আধান, $\delta\delta\delta^+$ দিয়ে $\delta\delta^+$ থেকে কম আধান এবং $\delta\delta\delta\delta^+$ দিয়ে $\delta\delta\delta^+$ থেকে কম আধান বোঝানো হয়েছে।

এইভাবে পরমাণু শৃঙ্খলের এক প্রান্তের একটি পরমাণুর বা পরমাণু জোটের স্থির তড়িৎ প্রভাব শৃঙ্খলের সমস্ত পরমাণুতে বন্ধনের মধ্য দিয়ে ছড়িয়ে পড়াকে আবেশ প্রভাব (Inductive effect) বলে। এটি একটি স্থায়ী প্রভাব। দূরত্ব বাড়ার সাথে সাথে এই প্রভাব কমতে থাকে। সাধারণত বাস্তবে দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর পর এই প্রভাব প্রায় থাকে না।

কার্বন শৃঙ্খলে উপস্থিত বিভিন্ন পরমাণু বা পরমাণু-জোটের আবেশ প্রভাব সমান হয় না। হাইড্রোজেন পরমাণুর ভিত্তিতে আপেক্ষিক আবেশ প্রভাব বিচার করা হয়। কোনো পরমাণু বা পরমাণু-জোট H অপেক্ষা অধিক তড়িৎ ঋনাত্মক হলে তার ইলেকট্রন আকর্ষী আবেশ প্রভাব থাকে এবং প্রথানুযায়ী এই আবেশ প্রভাবকে ঋনাত্মক আবেশ প্রভাব বা –I প্রভাব (–I effect) বলে। কয়েকটি পরমাণু বা পরমাণু-জোটকে –I প্রভাবের হ্রাসের ক্রম অনুযায়ী সাজানো হলো ঃ

$$\overset{+}{N}R_3 > \overset{+}{S}R_2 > NO_2 > CN > COOH > F > Cl > Br > I > OR > OH >$$

$$C\equiv CR > Ar > CH = CR_2$$

আবার H অপেক্ষা কম তড়িৎ ঋনাত্মক পরমাণু বা পরমাণু জোট হলে তার ইলেকট্রন বিকর্ষী প্রভাব থাকে এবং প্রথানুযায়ী এই আবেশ প্রভাবকে 'ধনাত্মক আবেশ প্রভাব' বা +I প্রভাব (+I effect) বলে। কয়েকটি পরমাণু ও পরমাণু জোটের ইলেকট্রন বিকর্ষী আবেশ প্রভাব হ্রাসের ক্রম অনুযায়ী সাজানো হলো ঃ

$$O^- > COO^- > (CH_3)_3C > (CH_3)_2CH > CH_3CH_2 > CH_3$$

আবেশ প্রভাব $\sigma$ বন্ধন দিয়ে সঞ্চারিত হয়। আবেশ প্রভাবে বন্ধন জোড়ের স্থায়ী সরণ ঘটলেও বন্ধন-জোড়ের কোনো পরমাণুতে সম্পূর্ণ স্থানান্তরণ ঘটে না অর্থাৎ বন্ধন বিয়োজিত হয় না। আবেশ প্রভাব [$+\!\!\rightarrow$] এই চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

আবেশ প্রভাবের ফলে অণুর দ্বিমেরু ভ্রামক, অম্লশক্তি, ক্ষারশক্তি, রাসায়নিক সক্রিয়তা ইত্যাদির পরিবর্তন ঘটে।

**অনুশীলনী-1**

নিচের পরমাণু এবং মূলকগুলিকে +I বা –I হিসাবে চিহ্নিত করুন ঃ

$$O^-, CN, COO^-, \overset{+}{N}R_3, COOH, OR$$

## 3.2.2 ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব (Electromeric effect)

উপযুক্ত বিকারকের প্রভাবে $\pi$–বন্ধন যুক্ত অণুর (যেমন, $>C=C<$, $-C\equiv CN$, $>C=O$, $-C\equiv N$ ইত্যাদি) $\pi$–ইলেকট্রন জোড়ের সম্পূর্ণ স্থানান্তরণ ঘটে। দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু-দ্বয়ের মধ্যে অধিকতর অপরাতড়িৎধর্মী পরমাণুতে $\pi$ ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়ে তড়িতাধানের তারতম্য ঘটায়। যে পরমাণুতে $\pi$-ইলেকট্রন জোড় স্থানান্তরিত হয় সেটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত এবং অপর পরমাণুটি ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। বিকারক সরিয়ে নিলে $\pi$ ইলেকট্রন জোড় আগের অবস্থায় ফিরে আসে। কাজেই এটি অস্থায়ী ক্রিয়া এবং শুধুমাত্র বিকারকের উপস্থিতিতেই ঘটে থাকে।

তাই, উপযুক্ত বিকারকের প্রভাবে এবং বিক্রিয়ার প্রয়োজনে $\pi$–বন্ধন যুক্ত অণুর $\pi$-ইলেকট্রন জোড়ের এরূপ অস্থায়ী স্থানান্তরণকে ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব বলে। যেমন,

$$>C=\ddot{O} \longrightarrow >\overset{+}{C}-\bar{O}$$

তীর চিহ্ন দিয়ে ইলেকট্রন স্থানান্তরণের দিক ও স্থান বোঝানো হয়।

উদাহরণ ঃ কার্বোনিল যৌগের সাথে HCN বিক্রিয়ায় যুত যৌগ উৎপন্ন হয়। এখানে বিকারক $C\bar{N}$ -এর প্রভাবে $>C=O$ মূলকের কার্বন-অক্সিজেনের $\pi$ ইলেকট্রন জোড় অক্সিজেনের দিকে স্থানান্তরিত হয়।

$$>C=\ddot{O} \xrightarrow{CN^-} >C<^{\bar{O}}_{CN}$$

## 3.2.3 ক্রমান্বয় বা কনজুগেশন (Conjugation)

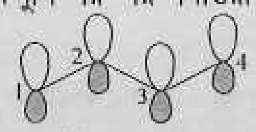
ক্রমান্বয়ে বা কনজুগেশনে $\pi$ কক্ষকের সাথে $\pi$–কক্ষকের (অর্থাৎ $\pi-\pi$ কনজুগেশন) বা $\pi$ কক্ষকের সাথে p-কক্ষকের (অর্থাৎ $\pi$- p কনজুগেশন) অভিলেপন ঘটে।

$\pi-\pi$ কক্ষকের মধ্যে কনজুগেশন।

বিউটান–1, 3-ডাইন একটি ক্রমান্বয়ী যৌগ। এর গঠন প্রকৃতপক্ষে একটি রেজোনেন্স হাইব্রিড।

$$\underset{A}{\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H_2} \leftrightarrow \underset{B}{CH_2=CH-\overset{+}{C}H-\overset{-}{C}H_2} \leftrightarrow \underset{C}{\overset{+}{C}H_2-CH=CH-\overset{-}{C}H_2}$$

$C_2-C_3$ বন্ধন দৈর্ঘ্য 148 পিকোমিটার (pm)। (C – C) এক বন্ধনের দৈর্ঘ্য 154 পিকোমিটার (pm) অপেক্ষা ছোট। অন্যভাবে বলা যায় যে, রেজোনেন্স অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলি একই তলে অবস্থান করে এবং তাদের ওপরে অবস্থিত p-কক্ষকগুলি পরস্পর সমান্তরাল থাকে।




p-কক্ষকগুলির পাশাপাশি অভিলেপন ঘটতে পারে। $C_1$ ও $C_2$ এর p-কক্ষকের অভিলেপন এবং

অনুরূপভাবে $C_3$ ও $C_4$ এর p-কক্ষকের অভিলেপনে $\pi$ বন্ধন দুটি গঠিত হয়। $C_2$ ও $C_3$ এর P-কক্ষকের মধ্যেও অভিলেপন সম্ভব। এই অভিলেপনের ফলে $C_2$–$C_3$ বন্ধন দৈর্ঘ্য C–C এক বন্ধন দৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম। অর্থাৎ উপরের রেজোনেটিং গঠন (resonating structure) C এর অস্তিত্ব $\pi$–$\pi$ অভিলেপনের ফলেই সম্ভব হয়েছে।

***π–P* কক্ষের মধ্যে কনজুগেশন :**

C=C দ্বি-বন্ধনের $\pi$ কক্ষকটির সাথে পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকের অভিলেপন ঘটে। দুটি কার্বন পরমাণু ও পার্শ্ববর্তী পরমাণু অর্থাৎ এই তিনটি পরমাণুর তিনটি p-কক্ষক পরস্পর সমান্তরাল থাকে।

(1) দ্বি-বন্ধের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর P-কক্ষকে দুটি ইলেকট্রন থাকতে পারে।

যেমন, ভিনাইল ক্লোরাইডের মধ্যে ক্রমান্বয়। C=C বন্ধনের $\pi$ কক্ষকের সাথে Cl-এর পূর্ন কক্ষকের অভিলেপন ঘটে।

$$CH_2 = CH - \ddot{C}l: \leftrightarrow \bar{C}H_2 - CH = \overset{+}{C}l$$

(2) দ্বি-বন্ধনের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকে একটি ইলেকট্রন থাকতে পারে। যেমন, n-প্রোপাইল মুক্ত-মূলকের মধ্যে ক্রমান্বয়। এখানে C=C বন্ধনের $\pi$ কক্ষকের সাথে $\dot{C}H_2$ অংশের কার্বন পরমাণুর আংশিক পূর্ন (half filled) P-কক্ষকের অভিলেপন ঘটে।

$$CH_2 = CH - \dot{C}H_2 \leftrightarrow \dot{C}H_2 - CH = CH_2$$

(3) দ্বি-বন্ধের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকে কোনও ইলেকট্রন নাও থাকতে পারে। যেমন, অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়নের মধ্যে ক্রমান্বয়। এখানে C=C বন্ধনের $\pi$ কক্ষকের সাথে $\overset{+}{C}H_2$ অংশের কার্বন পরমাণুর ফাঁকা p-কক্ষকের অভিলেপন ঘটে।

$$CH_2 = CH - \overset{\oplus}{C}H_2 \longleftrightarrow \overset{\oplus}{C}H_2 - CH = CH_2$$

কোনো আয়নের আধান বা মুক্ত-মূলকের অযুগ্ম ইলেকট্রন এক জায়গায় আবদ্ধ না থেকে কনজুগেশনের মাধ্যমে যত বেশি ছড়িয়ে পড়তে পারে ততই তার স্থিতিশীলতা বাড়ে।

এইভাবে অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা করা যায়।

**অনুশীলনী-2**

$CH_2 = CH - OCH_3$ ক্রমান্বয়ী (conjugated) যৌগ কিনা কারণ সহ বলুন।

## 3.2.4 রেজোনেন্স (Resonance) এবং রেজোনেন্স শক্তি (Resonance energy)

অনেক ক্ষেত্রেই কোনো জৈব যৌগ বা মূলকের একটি মাত্র লিউইস (Lewis) গঠন সংকেত দ্বারা যৌগ বা মূলকটির সকল ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। যেমন কার্বোনেট আয়ন ($CO_3^{--}$)

লিউইস গঠন সংকেতটিতে ইলেকট্রনগুলির অবস্থান নির্দিষ্ট রয়েছে। এই গঠনে দুটো C–O এক-বন্ধন (143 পিকোমিটার) এবং একটি C = O দ্বি-বন্ধন (120 পিকোমিটার) রয়েছে। কিন্তু পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে যে প্রত্যেকটি কার্বন-অক্সিজেনের বন্ধনের বন্ধন দূরত্ব সমান (128 পিকোমিটার)। তাই কার্বোনেট আয়নের C–O বন্ধন-দৈর্ঘ্য একটি মাত্র লিউইস গঠনের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। এখন কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান অপরিবর্তিত রেখে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলির অবস্থানের পরিবর্তন ঘটালে নিচের গঠন-সংকেতগুলি পাওয়া যায়।

প্রতিটি গঠনাকৃতিতে জোড়-বন্ধ (paired) ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান রয়েছে।

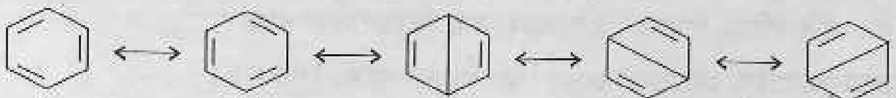
উপরোক্ত কোনো একটি গঠন সংকেত এককভাবে কার্বোনেট আয়নের অনেক ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারে কিন্তু সমস্ত ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারে না। সবকটি গঠন সংকেত একসঙ্গে বিবেচনা করলে যে গঠনাকৃতি পাওয়া যায় তার দ্বারা মূলকটির সকল ধর্মের ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব। এই প্রকৃত গঠনকে "রেজোনেন্স হাইব্রিড" (Resonance hybrid) বলে। এই গঠনটি কাল্পনিক।

**রেজোনেন্স এবং রেজোনেন্স হাইব্রিড এর সংজ্ঞা ঃ** কখনও কখনও কোনো জৈব যৌগের সকল ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একটি মাত্র লিউইস গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায় না। একাধিক লিউইস গঠনের প্রয়োজন হয়। প্রত্যেকটি লিউইস গঠন যৌগের কিছু কিছু ধর্মব্যাখ্যা করতে পারে কিন্তু সকল ধর্ম কোনো গঠনই ব্যাখ্যা করতে পারে না। প্রত্যেকটি লিউইস গঠনকে বলা হয় রেজেনেটিং গঠন।

কোনো অণুর প্রকৃত গঠনকে বিভিন্ন রেজোনেটিং গঠনের ভারযুক্ত গড় হিসাবে প্রকাশ করাকে রেজোনেন্স হাইব্রিড (resonance hybrid) বলে।

রেজোনেন্স প্রকৃতপক্ষে অণুর বিভিন্ন গঠনাকৃতির মধ্যে ইলেকট্রন পরিব্যাপ্তিকে বোঝায়।

বেঞ্জিনের গঠন হলো নিচের পাঁচটি রেজোনেটিং গঠন সংকেতের একটি রেজোনেন্স হাইব্রিড।



I II III IV V

রেজোনেন্স বোঝাতে রেজোনেটিং গঠন সংকেত গুলির মধ্যে দ্বিমুখী তীরচিহ্ন (↔) ব্যবহার করা হয়।

**রেজোনেন্সের শর্তাবলি ঃ**

(1) প্রত্যেকটি রেজোনেটিং গঠন সংকেতে σ–বন্ধনযুক্ত মূল গঠন কাঠামোটি অবিকৃত থাকবে।

(2) প্রত্যেকটি রেজোনেটিং গঠনকে লিউইস গঠন সম্পন্ন হতে হবে।

(3) রেজোনেন্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলিকে একই তলে অবস্থান করতে হবে।

(4) প্রত্যেক রেজোনেটিং গঠনে জোট-বন্ধ ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান হতে হবে।

(5) প্রত্যেকটি রেজোনেটিং গঠন সংকেতের (resonating structure) আভ্যন্তরীন শক্তির মান প্রায় সমান হতে হবে।

**রেজোনেন্স শক্তি (Resonance energy) :**

রেজোনেন্সের ফলে যে কোনো যৌগের বা মূলকের রেজোনেন্স হাইব্রিডের আভ্যন্তরীন শক্তির (Internal energy) মান এর যে কোনো রেজোনেটিং গঠন সংকেত থেকে কম হয়। অর্থাৎ এইসব যৌগ বা মূলক স্থিতিশীল (stable) হয়।

সুস্থির রেজোনেটিং গঠনের গণনালব্ধ শক্তি ও রেজোনেন্স হাইব্রিডের পরীক্ষালব্ধ শক্তির অন্তরফলকে রেজোনেন্স শক্তি (resonance energy) বলে।

**বেঞ্জিনের রেজোনেন্স শক্তির গণনা ঃ**

সাইক্লোহেক্সিনকে হাইড্রোজেনেশন করলে মোল প্রতি 120 কি. জুল তাপ উৎপন্ন হয়।

সাইক্লোহেক্সিন          সাইক্লোহেক্সেন

অর্থাৎ একটি C=C দ্বি-বন্ধনের হাইড্রোজেনেশনে তাপ উৎপন্ন হয় 120 কি. জুল মোল$^{-1}$। বেঞ্জিনে তিনটি C=C দ্বি-বন্ধন বর্তমান। অতএব বেঞ্জিনকে (অর্থাৎ বেঞ্জিনের একটি সুস্থির রেজোনেটিং গঠন) হাইড্রোজেনেশন করলে গণনালব্ধ তাপ উৎপন্ন হবে

$= 3 \times 120$ কি. জুল মোল$^{-1}$ বা 360 কি. জুল মোল$^{-1}$।

অর্থাৎ


প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় বেঞ্জিনকে (বেঞ্জিনের রেজোনেন্স হাইব্রিডকে) হাইড্রোজেনেশন করলে মোল প্রতি 208 কি. জুল তাপ নির্গত হয়।

(বেঞ্জিনের রেজোনেন্স হাইব্রিড)

অতএব, বেঞ্জিনের রেজোনেন্স শক্তি = গণনালব্ধ শক্তি − পরীক্ষালব্ধ শক্তি

$= 360 - 208$

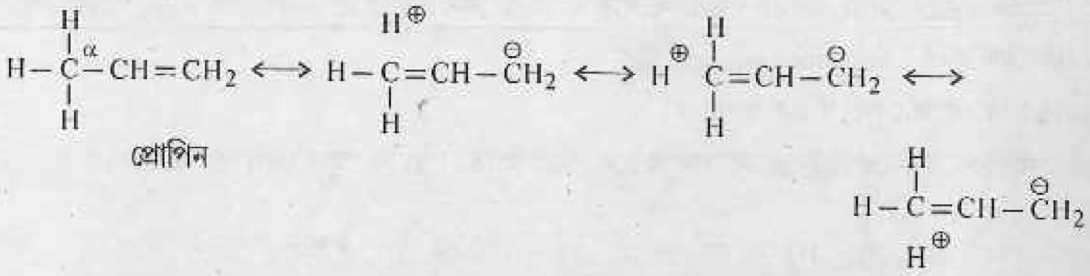
$= 152$ কি. জুল মোল$^{-1}$

- রেজোনেটিং গঠনের সংখ্যা যত বেশি হবে রেজোনেন্স শক্তিও তত বৃদ্ধি পাবে।
- কোনো যৌগ বা মূলকের রেজোনেন্স শক্তি যত বেশি হবে যৌগ বা মূলকটির স্থিতিশীলতাও তত বাড়বে।

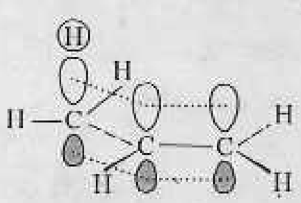
### 3.2.5 অধিক্রমান্বয় বা হাইপারকনজুগেশন বা বন্ধনহীন রেজোনেন্স (Hyper-conjugation or no-bond resonance)

জৈব যৌগের অণুতে কোনো অসমপৃক্ত কার্বন পরমাণুর α - অবস্থানের কার্বন পরমাণুর সাথে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত (অর্থাৎ C–H) থাকলে এই C–H σ বন্ধনের সাথে π বন্ধনের রেজোনেন্স ঘটে।

এই ঘটনাকে হাইপারকনজুগেশন বা বন্ধনহীন রেজোনেন্স বলে। যেমন, প্রোপিনের হাইপার-কনজুগেশন ঃ



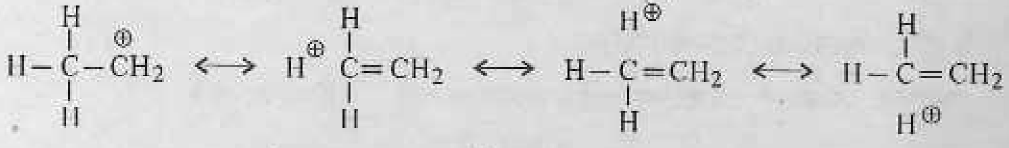

অর্থাৎ C–H σ বন্ধন কক্ষকের সমান্তরাল অবস্থানে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে যদি একটি অর্ধপূর্ন (half filled) বা ফাঁকা (vacant) p-কক্ষক থাকে তবে এই অবস্থায় σ কক্ষক ও p-কক্ষকের মধ্যে অভিলেপন ঘটে। একে σ-π কনজুগেশন বলে। এই ঘটনাকে হাইপারকনজুনেশন বা বন্ধনহীন রেজোনেন্স বলা হয়।



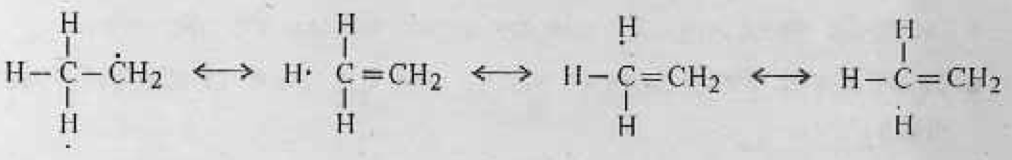
এই তত্ত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন অণু, আয়ন ও মুক্ত-মূলকের প্রকৃত গঠনকে কতকগুলি হাইপারকনজুগেশন গঠনের হাইব্রিড রূপে গণ্য করা হয়।

উদাহরণ ঃ (i) উপরোক্ত প্রোপিনের উদাহরণে প্রোপিনের প্রকৃত গঠন হলো ঐ চারটি গঠনের হাইব্রিড।

(2) ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বনে C–H যুক্ত থাকলে হাইপারকনজুনেশন গঠন সম্ভব।



(3) মুক্ত মূলকের ক্ষেত্রেও হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।



- হাইপার কনজুগেশন গঠনগুলিতে প্রোটন বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় না। কারণ, প্রোটন বিচ্ছিন্ন হলে রেজোনেন্সের মূল শর্ত অর্থাৎ নিউক্লিয়াসগুলির অপরিবর্তিত অবস্থান লঙ্ঘিত হয়।
- হাইপারকনজুগেশন ; অণু, আয়ন বা মুক্ত-মূলককে স্থিতিশীল করে। কোনো অণু, কার্বোক্যাটায়ন বা মুক্ত-মূলকের ক্ষেত্রে যত বেশি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব এগুলি তত বেশি স্থিতিশীল সম্পন্ন হয়। যেমন, $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_3$ এর স্থিতিশীলতা $CH_3CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2$ এর স্থিতিশীলতা থেকে বেশি। এই ঘটনা হাইপারকনজুগেশন দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। প্রথম যৌগটির ক্ষেত্রে মূল গঠন ছাড়া আরও 9টি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব। দ্বিতীয় যৌগটির ক্ষেত্রে মূল গঠন ছাড়া আরও 5টি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।

অনুশীলনী-3

2-মিথাইলবিউট-2-ইন অণুর হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H পরমাণুগুলিকে চিহ্নিত করুন এবং হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি লিখুন।

## 3.3 ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল

জৈব যৌগের আয়নীয় বিক্রিয়া-কৌশলে বিকারকগুলি সাধারণত আয়ন রূপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। তড়িৎ-আধানের প্রকৃতি অনুযায়ী বিকারকগুলিতে দু-শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে ঃ

(1) ইলেকট্রন-সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল এবং

(2) নিউক্লিয়াস-সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল।

**(1) ইলেকট্রন-সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল (Electrophiles) :**

ইলেকট্রন ঘাটতি যুক্ত যে সব বিকারক ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বিক্রিয়ক থেকে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে সমযোজী বন্ধন গঠন করে সেই সকল বিকারককে ইলেকট্রন-সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল বলে। ইলেকট্রন গ্রহণের জন্য ইলেকট্রোফাইলে ফাঁকা কক্ষক (vacant orbital) থাকে। এই ফাঁকা কক্ষক বিক্রিয়কের ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বা ভর্ত্তি কক্ষক (filled orbital) থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বন্ধন রচনা করে। ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইলগুলি ঘাটতিযুক্ত প্রশম অণু বা ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন (ক্যাটায়ন) হতে পারে।

**ইলেকট্রন ঘাটতিযুক্ত প্রশম অণু ঃ**

$BF_3, AlCl_3, FeCl_3$ ইত্যাদি। B, Al, Fe পরমাণুতে একজোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করার মত ফাঁকা কক্ষক থাকায় এগুলি ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেট্রোফাইল হিসাবে কাজ করে।

**ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন (ক্যাটায়ন) ঃ**

$\overset{+}{H}, \overset{+}{C}H_3, \overset{+}{Cl}, \overset{+}{Br}, \overset{+}{N}O_2$ ইত্যাদি।

কিন্তু $H_3O^+$, $\overset{+}{N}H_4$ ইত্যাদি আয়নে O বা N ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল রূপে কাজ করতে পারে না। কারণ এইসব ওনিয়াম (onium) আয়নে ফাঁকা কক্ষক নেই।

**(2) নিউক্লিয়াস-সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল (Nucleophiles) :**

ইলেকট্রন সমৃদ্ধ যে সব বিকারক ইলেকট্রন ঘাটতিযুক্ত বিক্রিয়ককে ইলেকট্রন-জোড় দান করে বিক্রিয়কের সাথেই সমযোজী বন্ধন গঠন করে সেই সকল বিকারককে নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল বলে। নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারকে বা নিউক্লিওফাইলে ইলেকট্রন ভর্তি কক্ষক (filled orbital) থাকে এবং বিক্রিয়কে ফাঁকা কক্ষক (vacant orbital) থাকে। নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইলের ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা বর্তমান। তাই এক বা একাধিক নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সম্পন্ন প্রশম অণু যেমন, $H_2\ddot{O}$, $R\ddot{O}H$, $\ddot{N}H_3$, $R\ddot{N}H_2$ ইত্যাদি বা নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় সম্পন্ন অ্যানায়ন যেমন,

$:\ddot{C}l:^-$, $R\ddot{O}:^-$, $:\ddot{N}H_2^-$ ইত্যাদি নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল হিসাবে কাজ করে।

**অনুশীলনী-4**

নিচের বিকারকগুলির মধ্যে কোন্‌টি ইলেকট্রোফাইল এবং কোন্‌টি নিউক্লিওফাইল চিহ্নিত করুন।

$$\bar{C}N, \bar{S}H, \bar{O}H, :N(CH_3)_3, CH_3\overset{+}{C}=O, CH_3C\equiv\bar{C}, R_3\overset{+}{C}, CH_3\ddot{O}H$$

## 3.4 সমযোজী বন্ধনের সুষম ও অসম বন্ধন বিভাজন (Homolytic and heterolytic bond cleavage)

সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গাগড়ার মধ্য দিয়ে জৈব যৌগগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। দুটি পরমাণুর মধ্যে গঠিত সমযোজী বন্ধনের বিভাজন দুভাবে ঘটতে পারে ঃ

### 3.4.1. সুষম বন্ধন বিভাজন (Homolytic bond cleavage) :

সমযোজী বন্ধনের সুষম বিভাজনে বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু দুটি প্রত্যেকেই একটি করে বন্ধনের ইলেকট্রন নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। বিভাজনের ফলে উৎপন্ন অংশগুলির যোজ্যতা কক্ষে একটি করে অযুগ্ম ইলেকট্রন (unpaired electron) থাকে। অযুগ্ম ইলেকট্রন যুক্ত এই অংশগুলিকে মুক্ত-মূলক বলে।

উদাহরণ ঃ

$$A\cdot\ \cdot B \xrightarrow[\text{বিভাজন}]{\text{সুষম}} \underset{\text{মুক্ত-মূলক}}{A\cdot + \cdot B}$$

$$Br-Br \longrightarrow \underset{\text{ব্রোমিন মুক্ত-মূলক}}{Br\cdot + Br\cdot}$$

$$CH_3 - Cl \longrightarrow CH_3\cdot + Cl\cdot$$

মিথাইল মুক্ত-মূলক ক্লোরিন মুক্ত-মূলক

নামকরণ ঃ কার্বন কেন্দ্রিক মুক্ত-মূলকের ক্ষেত্রে অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলকদের নামের পরে মুক্ত মূলক শব্দটি যোগ করে নামকরণ করা হয়। যেমন,

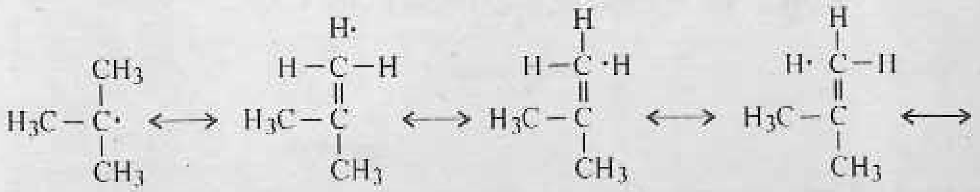
মিথাইল মুক্ত-মূলক ($\dot{C}H_3$), ইথাইল মুক্ত-মূলক ($CH_3\dot{C}H_2$) ফিনাইল মুক্ত মূলক ($\dot{C}_6H_5$), বেঞ্জাইল মুক্ত-মূলক ($C_6H_5\dot{C}H_2$)।

**মুক্ত মূলকের স্থিতিশীলতা (Stability) :**

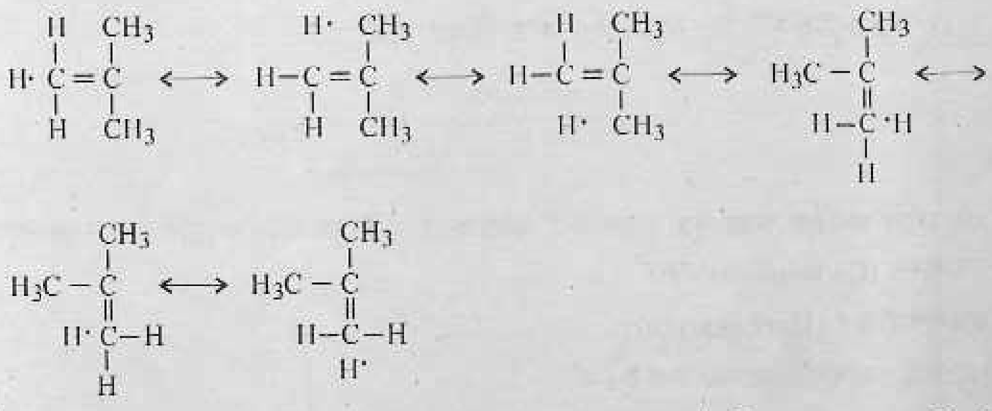
অ্যালকিল মুক্ত-মূলকগুলির স্থিতিশীলতার হ্রাসমান ক্রম হলো ঃ

$$(CH_3)_3C\cdot > (CH_3)_2CH\cdot > CH_3CH_2\cdot > CH_3\cdot$$

হাইপারকনজুগেশন ধারণার সাহায্যে এদের স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা করা যায়।

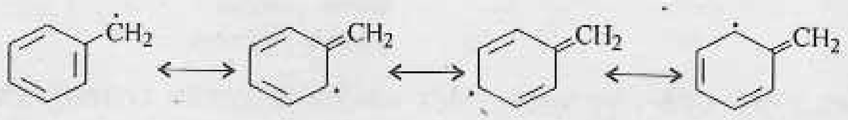


টারসিয়ারি বিউটাইল মুক্ত-মূলক



তাই, টারসিয়ারি বিউটাইল মুক্ত মূলকের ক্ষেত্রে মূল মুক্ত মূলকের গঠনটি ছাড়া আরও নয়টি হাইপার কনজুগেশন গঠনাকৃতি সম্ভব। যে মুক্ত মূলকের যত বেশি সংখ্যক হাইপারকনজুগেশন গঠনাকৃতি সম্ভব সেই মুক্ত-মূলক তত বেশি স্থিতিশীল। এক্ষেত্রে টারসিয়ারি বিউটাইল মুক্ত মূলকের 9টি, আইসোপ্রোপাইল মুক্ত মূলকের 6টি এবং ইথাইল মুক্ত মূলকের 3টি হাইপারকনজুগেশন গঠনাকৃতি সম্ভব। মিথাইল মুক্ত মূলকের কোনো α-H না থাকায় এর কোনো হাইপারকনজুগেশন গঠনাকৃতি হয় না। এইভাবে উপরের স্থায়িত্বের ক্রমটি ব্যাখ্যা করা যায়।

বেঞ্জাইল মুক্ত-মূলকের স্থিতিশীলতা রেজোনেন্স ক্রিয়ার মাধ্যমে দেখানো হলো ঃ



সক্রিয়তা (reactivity) : অযুগ্ম ইলেকট্রনের উপস্থিতির জন্য মুক্ত মূলকগুলি খুবই সক্রিয় হয়। মুক্ত-মূলকগুলি বিভিন্ন বিক্রিয়ায় (যেমন, প্রতিস্থাপন, জারণ-বিজারণ, পুনর্বিন্যাস) অংশগ্রহণ করে।

## 3.4.2 অসম বন্ধন বিভাজন (Heterolytic bond cleavage) :

বিভাজনের সময় সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন দুটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু অসম বন্ধন দুটির মধ্যে যে-কোনো একটি গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। সমযোজী বন্ধনের এরূপ বিভাজনকে অসম বিভাজন বলে। যেমন, $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-X$ জৈব যৌগের $C-X$ সমযোজী বন্ধনের অসমবিভাজন দু-ভাবে ঘটতে পারে ঃ (1) X পরমাণুটিই দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হতে পারে।

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-X \xrightarrow{\text{অসম বিভাজন}} \underset{\text{কার্বোক্যাটায়ন}}{-\overset{|}{\underset{|}{C}}^{\oplus}} + \ddot{X}^{\ominus}$$

এর ফলে ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত X উৎপন্ন হয়। ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বনকে কার্বোক্যাটায়ন (carbocation) বলে।

(2) C পরমাণুটিই দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হতে পারে।

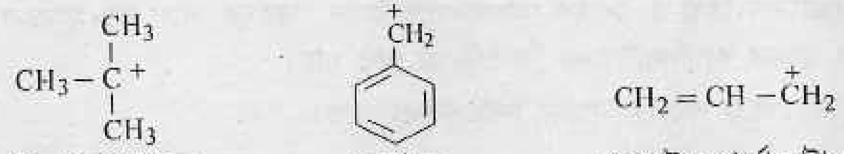
$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-X \xrightarrow{\text{অসম বিভাজন}} \underset{\text{কার্ব-অ্যানায়ন}}{-\overset{|}{\underset{|}{C}}{:}^{\ominus}} + X^{\oplus}$$

এর ফলে ঋনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন এবং ধনাত্মকযুক্ত X উৎপন্ন হয়। ঋণাত্মক আধানযুক্ত কার্বনকে কার্ব-অ্যানায়ন (Carboanion) বলে।

### (1) কার্বোক্যাটায়ন (Carbocation) :

কয়েকটি কার্বোক্যাটায়নের উদাহরণ ঃ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\overset{+}{C}H_3$ | $CH_3\overset{+}{C}H_2$ | $CH_3CH_2\overset{+}{C}H_2$ | $CH_3\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}H^+$ | $CH_3CH_2CH_2\overset{+}{C}H_2$ |
| মিথাইল কার্বোক্যাটায়ন | ইথাইল কার্বোক্যাটায়ন | n-প্রোপাইল কার্বোক্যাটায়ন | আইসোপ্রোপাইল কার্বোক্যাটায়ন | n-বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন |



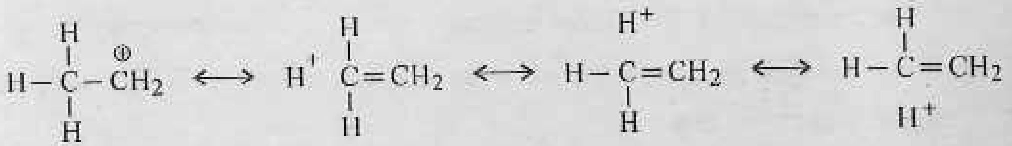
টারসিয়ারি বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন — বেঞ্জাইল কার্বোক্যাটায়ন — অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়ন

নামকরণ ঃ অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলকের নামের সাথে ক্যাটায়ন শব্দটি যোগ করে নামকরণ করা হয়। (উপরের উদাহরণগুলি দেখুন।)

**স্থিতিশীলতা (stability) :** (i) কোনো আয়নের আধান এক জায়গায় আবদ্ধ না থেকে যত বেশি ছড়িয়ে পড়তে বা পরিব্যাপ্ত হতে পারে ততই তার স্থিতিশীলতা বাড়ে। রেজোনেন্স ক্রিয়া বা হাইপারকনজুগেশন ক্রিয়ার প্রভাবে কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধান পরিব্যাপ্ত হয়ে কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা বাড়ায়। যেমন, টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন > সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন > প্রাইমারী কার্বোক্যাটায়ন।

বা, $(CH_3)\overset{+}{C} > (CH_3)_2\overset{+}{C}H > CH_3\overset{+}{C}H_2 > \overset{+}{C}H_3$

এক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন ক্রিয়ার প্রভাবে ধনাত্মক আধান পরিব্যাপ্ত হয়ে স্থিতিশীলতা বাড়ে এবং উপরোক্ত কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থিতিশীলতার ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হয়। ইথাইল কার্বোক্যাটায়নের তিনটি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব। এগুলি হলো ঃ

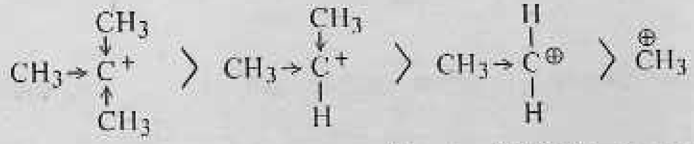


এভাবে, টারসিয়ারি বিউটাইল কার্বোক্যাটায়নের 9টি, আইসোপ্রোপাইল কার্বোক্যাটায়নের 6টি হাইপার-কনজুগেশন গঠন সম্ভব। ধনাত্মক আধান যুক্ত কার্বনের α অবস্থানে কোন H না থাকায় মিথাইল কার্বোক্যাটায়নের কোনো হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব নয়। আমরা জানি যে, যার ক্ষেত্রে যত বেশি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব তার স্থিতিশীলতা তত বেশি।

(ii) আবেশ ক্রিয়া এবং রেজোনেন্স ক্রিয়ার প্রভাবে কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা বাড়ে।

(a) আবেশ ক্রিয়া ঃ

আগেকার উদাহরণে, $(CH_3)\overset{+}{C} > (CH_3)_2\overset{+}{C}H > CH_3\overset{+}{C}H_2 > \overset{+}{C}H_3$



মিথাইল মূলকের +I আবেশ প্রভাবের সাহায্যেও উপরোক্ত স্থিতিশীলতার ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

(b) রেজোনেন্স ক্রিয়া ঃ ধনাত্মক আধানসম্পন্ন কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত মূলকের রেজোনেন্স (+R) ক্রিয়ার প্রভাবে কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায়।

(iii) ধ্রুবীয় দ্রাবকে কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা বাড়ে।

**সক্রিয়তা** (Stability):

অধিকতর স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়নের আয়ুষ্কাল বেশি তাই সক্রিয়তা কম।

(2) কার্ব-অ্যানায়ন (Carbanion):

কতিপয় কার্বো-অ্যানায়নের উদাহরণ ঃ

| $\bar{C}H_3$ | $CH_3\bar{C}H_2$ | $CH_3-CH_2-\bar{C}H_2$ | $CH_3-\bar{C}H(CH_3)$ |
|---|---|---|---|
| মিথাইল কার্ব-অ্যানায়ন | ইথাইল কার্ব-অ্যানায়ন | n-প্রোপাইল কার্ব-অ্যানায়ন | আইসোপ্রোপাইল কার্ব-অ্যানায়ন |

| $(CH_3)_3C^{\ominus}$ | $CH_2=CH-\overset{\ominus}{C}H_2$ | |
|---|---|---|
| টারসিয়ারি বিউটাইল কার্ব-অ্যানায়ন | অ্যালাইল কার্ব-অ্যানায়ন | বেঞ্জাইল কার্ব-অ্যানায়ন |

নামকরণ ঃ অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলকের নামের পরে কার্ব-অ্যানায়ন শব্দটি লিখে নামকরণ করা যায়। (ওপরের উদাহরণগুলি দেখুন)।

স্থিতিশীলতা ঃ আমরা আগেই জেনেছি যে, কোনো আয়নের আধান যত বেশি পরিব্যাপ্ত হবে ততই তার স্থিতিশীলতা বাড়বে।

উপরোক্ত কয়েকটি কার্ব-অ্যানায়নের স্থিতিশীলতার ক্রম ঃ

$$\overset{\ominus}{C}H_3 > CH_3\overset{\ominus}{C}H_2 > CH_3-\overset{\ominus}{C}H(CH_3) > (CH_3)_3C^{\ominus}$$

আমরা জানি যে, ঋনাত্মক আধানসম্পন্ন কার্বন পরমাণুতে ইলেকট্রন আকর্ষী মূলক –R বা –I আবেশ ক্রিয়ার প্রভাবে আধান পরিব্যাপ্ত হয়ে কার্ব-অ্যানায়নের স্থিতিশীলতা বাড়িয়ে দেয়।

এক্ষেত্রে মিথাইল মূলকের +I আবেশ প্রভাবের জন্য $H-\overset{H}{\underset{H}{C}}{}^{\ominus}$ কার্ব-অ্যানায়নটি $CH_3\rightarrow\overset{H}{\underset{H}{C}}{}^{\ominus}$ কার্ব-অ্যানায়ন অপেক্ষা বেশি স্থিতিশীল। এভাবে ওপরের স্থিতিশীলতার ক্রমটির ব্যাখ্যা দেওয়া যায়।

সক্রিয়তা ঃ যে কার্ব-অ্যানায়ন যত বেশি স্থিতিশীল সেই কার্ব-অ্যানায়নটি তত কম সক্রিয়।

অনুশীলনী-5

নিচের জোড়গুলির মধ্যে কোন্‌টি বেশি সুস্থির এবং কেন ব্যাখ্যা করুন ঃ

(i) $CH_3\overset{\oplus}{C}HCH_3$ , $CH_3CH_2\overset{\oplus}{C}H_2$

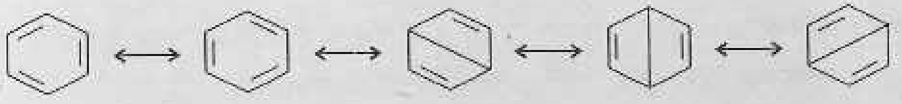
(ii) $(CH_3)_3\overset{\ominus}{C}$, $CH_3^{\ominus}$

## 3.5 সারাংশ

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি জানতে পেরেছেন ঃ

একটি বন্ধনের ধ্রুবীয়তা তার পাশের বন্ধনে সঞ্চারিত হওয়াকে আবেশ প্রভাব বলে। C–C–C–Cl যৌগে C থেকে Cl এর তড়িৎ ঋণাত্মক বেশি হওয়ায় C – Cl বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় ক্লোরিনের দিকে সরে থাকে ফলে C – Cl বন্ধন ধ্রুবীয় হয়, এবং এই ধ্রুবীয়তা পাশের C – C বন্ধনে সঞ্চারিত হয়। ফলে যৌগটির বিভিন্ন পরমাণুতে ইলেকট্রন জোড়ের সরণ বিভিন্ন হয় $\overset{\delta\delta\delta^+}{C}—\overset{\delta\delta^+}{C}—\overset{\delta^+}{C}—\overset{\delta^-}{Cl}$ । এটি একটি স্থায়ী প্রভাব। দূরত্ব বাড়ার সাথে এই প্রভাব কমতে থাকে এবং দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর পর এই প্রভাব আর অনুভূত হয় না। আবেশ প্রভাবকে $+\!\!>$ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

- ক্রিয়াশীল বিকারকের প্রভাবে এবং বিক্রিয়ার প্রয়োজনে $\pi$ বন্ধনসম্পন্ন অণুর $\pi$ ইলেকট্রন-জোড়ের অস্থায়ী স্থানান্তরণ ঘটে। একে ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব বলে। বিকারক সরিয়ে নিলেই $\pi$ ইলেকট্রন জোড় পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। কাজেই এটি অস্থায়ী প্রভাব। ইলেকট্রোমেরিক প্রভাবকে দিয়ে প্রকাশ করা হয়।
- $\pi$–$\pi$ বা $\pi$-P কক্ষকের অভিলেপনকে ক্রমান্বয় বা কনজুগেশন বলে।
- কোনো অণুর প্রকৃত গঠন বিভিন্ন রেজোনেটিং গঠনের ভারযুক্ত গড় হিসাবে প্রকাশ করাকে রেজোনেন্স হাইব্রিড বলে। যেমন বেঞ্জিনের গঠন হলো নিচের পাঁচটি রেজোনেটিং গঠনের রেজোনেন্স হাইব্রিড।



- রেজোনেন্স হাইব্রিড অর্থাৎ প্রকৃত অণু যে-কোনো একটি রেজোনেটিং গঠন থেকে অধিকতর সুস্থির। প্রকৃত অণুর শক্তি ও সর্বাপেক্ষা সুস্থির রেজোনেটিং গঠনের শক্তির অন্তরফলকে রোজোনেন্স শক্তি বলে।

- জৈব অণুতে কোনো অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর α–অবস্থানের কার্বনের সাথে H যুক্ত থাকলে অর্থাৎ $\overset{H}{\overset{|}{C}}-C=C$ আংশিক গঠন হলে C–H σ বন্ধনের সাথে C=C এর π বন্ধনের রেজোনেন্স ঘটে। এই ঘটনাকে অধিক্রমান্বয় বা হাইপারকনজুগেশন বলে।
- ইলেকট্রন ঘাটতিযুক্ত বিকারককে ইলেকট্রোফাইল এবং ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বিকারককে নিউক্লিওফাইল বলে।
- সমযোজী বন্ধনের বিভাজন দু-ভাবে ঘটতে পারে—সুষম বিভাজন ও অসম বিভাজন। সুষম বিভাজনে মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়। কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা হাইপারকনজুগেশন এবং কার্ব-অ্যানায়নের স্থিতিশীলতা রেজোনেন্সের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

## 3.6. সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) আবেশ প্রভাব ও ইলেকট্রোমেরিক প্রভাবের মধ্যে পার্থক্য কী?

(2) একটি সমযোজী বন্ধন, A-B কতভাবে বিভাজিত হতে পারে—আলোচনা করুন।

(3) হাইপারকনজুগেশন কাকে বলে? প্রোপিন-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি আঁকুন।

(4) রেজোনেন্স কাকে বলে? রেজোনেন্সের প্রধান শর্তাবলী কী কী?

(5) রেজোনেন্স হাইব্রিড বলতে কী বুঝায়? রেজোনেটিং গঠন কাকে বলে? আলোচনা করুন।

## 3.7. উত্তরমালা

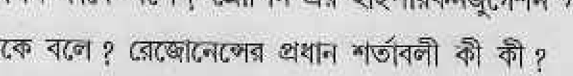
অনুশীলনী-1

$$O^- \rightarrow +I,\ CN \rightarrow -I, COO^- \rightarrow +I, \overset{+}{N}R_3 \rightarrow -I, COOH \rightarrow -I, OR \rightarrow -I$$

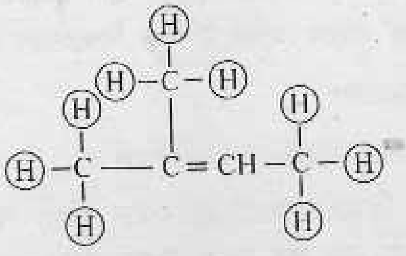
অনুশীলনী-2

$CH_2=CH-OCH_3$ টি ক্রমান্বয়ী যৌগ।

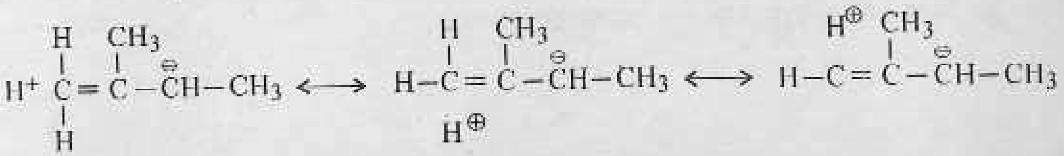
এই যৌগটির দ্বি-বন্ধনের পার্শ্ববর্তী পরমাণু O এর p কক্ষকে অবন্ধনীয় একজোড়া ইলেকট্রন আছে। C=C বন্ধনের π কক্ষকের সাথে O এর পূর্ন p-কক্ষকের অভিলেপন ঘটে।



## অনুশীলনী-3



বৃত্তের মধ্যে অঙ্কিত হাইড্রোজেন পরমাণুগলি হাইপারকনজুগেশনে অংশগ্রহণ করে। যৌগটির হাইপারকনজুগেশন গঠন নীচে দেখানো হলো ঃ



এরূপ অপর দুটি $CH_3$ মূলকের জন্য আরও 6টি হাইপারকনজুগেশন গঠন। অর্থাৎ মোট 9টি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।

## অনুশীলনী-4

ইলেকট্রোফাইল

$CH_3\overset{+}{C}=O,\ R_3\overset{+}{C}$

নিউক্লিওফাইল

$\overset{-}{C}N,\ \overset{-}{S}H,\ OH, :N(CH_3)_3$

$CH_3C\equiv\overset{-}{C},\ CH_3\ddot{O}H$

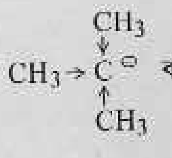
## অনুশীলনী-5

(i) $CH_3\overset{\oplus}{C}HCH_3$ এই কার্বোক্যাটায়নটির 6টি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।

$CH_3CH_2\overset{\oplus}{C}H_2$ এই কার্বোক্যাটায়নটির 2টি হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।

ফলে $CH_3\overset{\oplus}{C}HCH_3$ বেশি সুস্থির।

(ii) +I আবেশ প্রভাবের জন্য

$\overset{\ominus}{C}H_3$ কার্ব-অ্যানায়নটি  কার্ব-অ্যানায়ন অপেক্ষা বেশি সুস্থির।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি ঃ

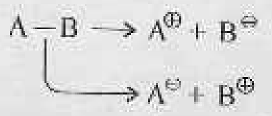
(1) আবেশ প্রভাব হলো অণুর স্থিতাবস্থাতে স্থায়ী ধ্রুবীয়তা। আবেশ প্রভাব $\sigma$ বন্ধন দিয়ে সঞ্চারিত হয়। ইলেকট্রোমেরিক প্রভাব হলো উপযুক্ত বিকারকের প্রভাবে $\pi$ বন্ধনসম্পন্ন $\pi$ অণুর ইলেকট্রন জোড়ের অস্থায়ী স্থানান্তরণ।

(2) সমযোজী বন্ধন দু-ভাবে বিভাজিত হতে পারে ঃ

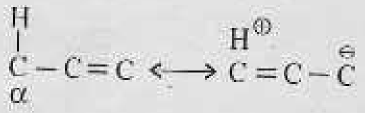
সুষম বিভাজন ঃ সুষম বিভাজনে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু দুটির উভয়েই একটি করে ইলেকট্রন নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় এবং মুক্ত-মূলক উৎপন্ন করে।

$$A{-}B \longrightarrow A\cdot + B\cdot$$

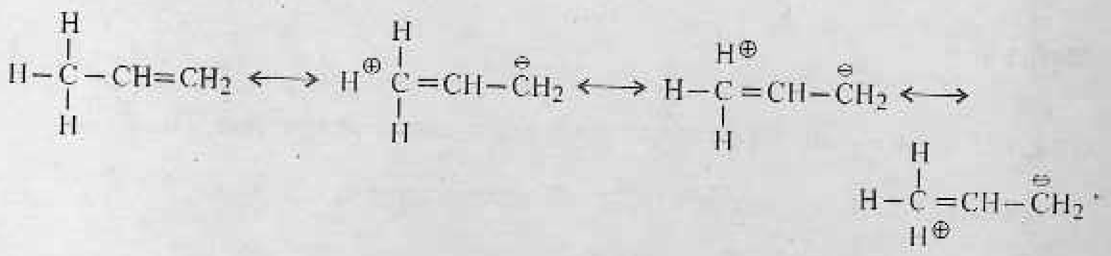
অসম বিভাজন ঃ অসম বিভাজনে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির একটি বন্ধনের দুটি ইলেকট্রন নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় এবং আয়ন উৎপন্ন করে।



(3) জৈব যৌগের অণুতে কোনো অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর $\alpha$-অবস্থানের কার্বন পরমাণুর সাথে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকলে এই C-H $\sigma$ বন্ধনের সাথে $\pi$ বন্ধনের রেজোনেন্স ঘটে।



এই ঘটনাকে হাইপারকনজুগেশন বলে।



(4) রেজোনেন্স প্রকৃতপক্ষে অণুর বিভিন্ন গঠনাকৃতির মধ্যে ইলেকট্রন পরিব্যাপ্তিকে বোঝায়।

3.12.4 পাঠ্যাংশ দেখুন।

(5) 3.12.4 পাঠ্যাংশ দেখুন।

# 3. B. জৈব যৌগের নামকরণ ও সমাবয়বতা

## 3.8. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা

জৈব যৌগের প্রাকৃতিক উৎস হলো উদ্ভিদ ও প্রাণীজগৎ। এছাড়া পরীক্ষাগারেও জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করা যায়। কিন্তু বহুক্ষেত্রেই দেখা যায় প্রাকৃতিক ও সংশ্লেষিত যৌগ এক হওয়া সত্ত্বেও বিভিন্ন ধর্ম যেমন, আলোক-সক্রিয়তা (optical activity) ধর্ম, এক অণুর সাথে অন্য অণুর ক্রিয়া আলাদা হয়। আরও আশ্চর্যের ঘটনা হলো প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত কোনো যৌগ খাদ্যরূপে গৃহীত হলেও সংশ্লেষিত ঐ একই যৌগ খাদ্যরূপে বিবেচিত হয় না। যৌগের অণুর সাধারণ গঠন কাঠামোর সাহায্যে এই ধর্মগুলি ব্যাখ্যা করা যায় না। অণুর মধ্যে পরমাণু বা মূলকগুলি ত্রিমাত্রিক সজ্জার বিভিন্নতার ফলেই উপরোক্ত ধর্মের পার্থক্য হয়। তাই অণুর ত্রিমাত্রিক সজ্জার বিভিন্নতা সম্বন্ধে সম্যক ধারণা একান্ত প্রয়োজন।

উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি যেগুলি জানতে পারবেন সেগুলি হলো ঃ

- প্রচলিত ও IUPAC পদ্ধতিতে জৈব যৌগের নামকরণ কীভাবে করতে হয়।
- সমাবয়বতা কাকে বলে, কয় প্রকার ও কী কী?
- জ্যামিতিক সমাবয়বতা ও আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা বলতে কী বোঝায়?
- অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু কী?
- প্রতিসাম্য উপাদান, কাইরেলিটি, এনানসিওমার ও ডায়াস্টিরিওআইসোমার বলতে কী বোঝায়?
- E, Z নামকরণ, কার্বোহাইড্রেট ও অ্যামিনো অ্যাসিডের D, L নামকরণ এবং কাইরাল অণুর R, S নামকরণ কীভাবে করতে হয়।
- এক ও দুই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু সম্পন্ন অণুর ফিশার ও নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত।

## 3.9. কার্বন যৌগ বা জৈব যৌগের নামকরণ (Nomenclature of carbon compounds)

প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত এবং পরীক্ষাগারে সংশ্লেষিত জৈব যৌগের বিপুল সংখ্যাধিক্যের ফলে প্রতিটি যৌগকে সম্যকভাবে চিহ্নিত করার জন্য প্রাচীনকাল থেকেই নামকরণের প্রয়োজনীয়তা অনুভূত হয়। জৈবযৌগের নামকরণের প্রচলিত পদ্ধতি (Trivial system) এবং আধুনিক IUPAC পদ্ধতি আলোচনা করা হলো ঃ

প্রচলিত পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে জৈব যৌগের উৎস বা প্রস্তুতির ইতিহাস থেকে নামকরণ করা

হয়। যেমন, লাল পিঁপড়ে [লাতিন নাম ফরমিকা (formicaé)] থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের নাম ফরমিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। লেবু জাতীয় (সাইট্রাস, Citrus) গাছ থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের নাম সাইট্রিক অ্যাসিড। এই পদ্ধতিতে নামকরণের সময় কয়েকটি নিয়ম মেনে চলা হয়।

সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণের ক্ষেত্রে,

(i) কার্বন সংখ্যার ওপর ভিত্তি করে হাইড্রোকার্বন অণুর নামকরণ করা হয়। যেমন, $CH_4$—মিথেন, $C_2H_6$—ইথেন, $C_3H_8$—প্রোপেন, $C_4H_{10}$—বিউটেন, $C_5H_{10}$—পেন্টেন, $C_6H_{12}$—হেক্সেন ইত্যাদি। প্রথম চারটি হাইড্রোকার্বনের নামকরণ তাদের উৎস অনুযায়ী করা হয়েছে। চারটির অধিক কার্বনযুক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম লাতিন বা গ্রীক ভাষার সংখ্যাসূচক শব্দের শেষে এন' (ane) যোগ করে নামকরণ করা হয়।

যেমন $C_7H_{12}$ যৌগে 7টি কার্বন আছে। গ্রীক হেপ্টা-এর অর্থ সাত।

অতএব যৌগটির নাম হেপ্টা + এন $\rightarrow$ হেপ্টেন।

(ii) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের আণবিক গঠনে কার্বন পরমাণুগুলি শাখাহীন কার্বন শৃঙ্খল হিসাবে সজ্জিত থাকলে সেই হাইড্রোকার্বনটিকে নর্মাল বা n- দ্বারা সূচিত করা হয়।

যেমন, $CH_3–CH_2–CH_3$ n- প্রোপেন

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ n- বিউটেন ইত্যাদি।

(iii) হাইড্রোকার্বনের অণুতে একটিমাত্র $\begin{array}{l} CH_3-CH- \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\; CH_3 \end{array}$ মূলক বর্তমান থাকলে হাইড্রোকার্বনটিকে আইসো (iso) শব্দ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন,

$$\begin{array}{l} CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\; CH_3 \end{array}$$

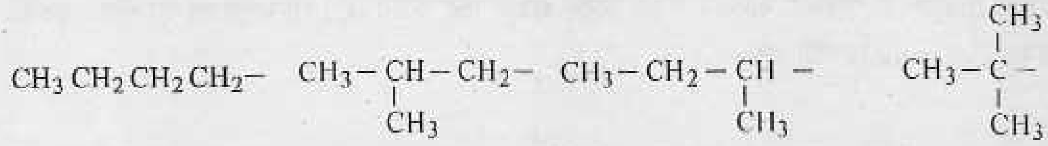
আইসোপেন্টেন

(iv) হাইড্রোকার্বন অণুতে একটি মাত্র $\begin{array}{c} \quad\quad CH_3 \\ \quad\quad | \\ CH_3-C- \\ \quad\quad | \\ \quad\quad CH_3 \end{array}$ মূলক উপস্থিত থাকলে যৌগটিকে নিও (neo) যৌগ হিসাবে নামকরণ করা হয়। যেমন,

$$\begin{array}{l} \quad\quad\;\; CH_3 \\ \quad\quad\quad | \\ CH_3-C-CH_2-CH_3 \\ \quad\quad\quad | \\ \quad\quad\;\; CH_3 \end{array}$$

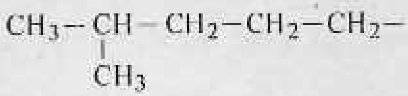
নিওহেক্সেন

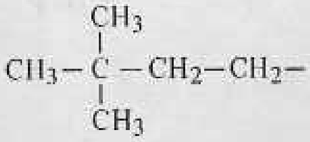
(v) চারটি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকিল মূলকের নামকরণ নিম্নরূপে করা হয়।



n-বিউটাইল মূলক — আইসোবিউটাইল মূলক — সেকেন্ডারি বিউটাইল মূলক — টারসিয়ারি বিউটাইল মূলক

(vi) হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খলের প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সরিয়ে দিলে যে অ্যালকিল মূলকের উৎপত্তি হয় তার নামকরণের সময় অ্যালকেন এর 'এন' এর পরিবর্তে 'আইল' (yl) বসিয়ে করা হয়। যেমন,

 আইসোহেক্সাইল মূলক

 নিওহেক্সাইল মূলক

এই পদ্ধতিতে জটিল গঠন বিশিষ্ট জৈব যৌগের নামকরণ সম্ভব নয়।

**অনুশীলনী-1**

(1) নীচের যৌগগুলির গঠন সংকেত লিখুন ঃ

(i) নিওহেক্সাইল অ্যামিন ; (ii) আইসোহেক্সাইল অ্যালকোহল ; (iii) n-পেন্টাইল ক্লোরাইড ; (iv) টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড ; (v) সাইক্লোহেক্সাইল অ্যালকোহল।

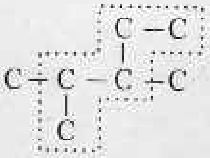
(2) কোনো জৈব যৌগের প্রাচীন ও প্রচলিত নাম বলতে কী বোঝেন ? 10টি জৈব যৌগের প্রাচীন নাম এবং এদের আণবিক গঠন লিখুন।

**আধুনিক IUPAC পদ্ধতি ঃ** IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) বা আন্তর্জাতিক বিশুদ্ধ ও ব্যবহারিক রসায়ন সম্মেলনে গৃহীত নামকরণের পদ্ধতিকে IUPAC পদ্ধতি বলে। IUPAC পদ্ধতি মূলত প্রতিস্থাপকভিত্তিক নামকরণ। এই পদ্ধতিতে যে যৌগটির নামকরণ করতে হবে তার মূলনাম (root name) হিসাবে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম ধরতে হবে। এরপর হাইড্রোকার্বনের বিভিন্ন কার্বন পরমাণুতে কি ধরনের প্রতিস্থাপক আছে তার নাম ও অবস্থান নির্ণয় করে সঠিক নামকরণ করতে হবে।

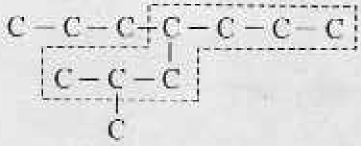
(1) **মূলনাম নির্বাচন ঃ** মূলনাম (root name) নির্বাচনের ক্ষেত্রে কয়েকটি নিয়ম নিচে আলোচনা করা হলো ঃ

(i) মুক্ত শৃঙ্খল জৈব যৌগের ক্ষেত্রে নিরবচ্ছিন্ন দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃঙ্খলটি নির্বাচিত করা হয় এবং

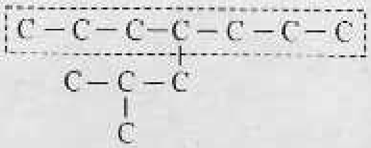
সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকেই মূলনাম (root name) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। যেমন, প্রদত্ত উদাহরণে রেখাঙ্কিত শৃঙ্খলটি দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃঙ্খল যার কার্বন (C) পরমাণুর সংখ্যা পাঁচ। সুতরাং মূলনাম (root name) পেন্টা (Penta)।



(ii) মূল নাম নির্বাচনের সময় যে কার্বন শৃঙ্খলে প্রতিস্থাপনের সংখ্যা বেশি সেই কার্বন শৃঙ্খলটিকেই মূল নাম হিসাবে বিবেচিত হয়। যেমন, নিচের উদাহরণে প্রথমটিতে রেখাঙ্কিত অংশের কার্বনশৃঙ্খলে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা 7 এবং প্রতিস্থাপকের সংখ্যা 2। দ্বিতীয়টিতে রেখাঙ্কিত অংশের কার্বন শৃঙ্খলে পরমাণুর সংখ্যা 7 হলেও প্রতিস্থাপকের সংখ্যা 1। সুতরাং প্রথমটি বিবেচিত হবে দ্বিতীয়টি নয়।



I

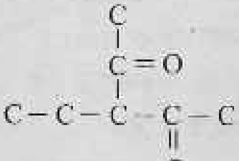


II

নির্বাচিত কার্বন-শৃঙ্খলে C পরমাণুর সংখ্যা অনুযায়ী মূলনাম (root name) নিচে দেওয়া হলো ঃ

| কার্বন (C) পরমাণুর সংখ্যা | মূলনাম (root name) | C পরমাণু | মূলনাম |
|---|---|---|---|
| 1 | মিথা (Metha) | 6 | হেক্সা (Hexa) |
| 2 | ইথা (Etha) | 7 | হেপ্টা (Hepta) |
| 3 | প্রোপা (Propa) | 8 | অক্টা (Octa) |
| 4 | বিউটা (Buta) | 9 | ননা (Nona) |
| 5 | পেন্টা (Penta) | 10 | ডেকা (Deca) |

(iii) কার্যকরী মূলক সম্পন্ন দীর্ঘতম শৃঙ্খলটি নির্বাচিত করতে হবে।

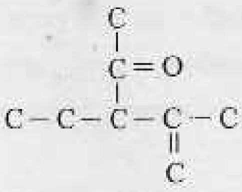


$>C=C<$ এবং $>C=O$ মূলক দুটির কার্বন পরমাণুগুলিকে দীর্ঘতম শৃঙ্খলের মধ্যে ধরতে হবে। এক্ষেত্রে মূলনাম (root name) হলো ঃ পেন্টা

(iv) সংখ্যায়ন ঃ মূলনাম রূপে কার্বন শৃঙ্খলটি নির্বাচিত করার পর শৃঙ্খলটির এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত সংখ্যায়ন করা হয়। মূলনামের পরে বসলে যে নাম হয় তাকে সাফিক্স (suffix) এবং মূল নামের পূর্বে বসলে যে নাম হয় তাকে প্রিফিক্স (Prefix) বলে। মূল নামের সাফিক্সরূপে চিহ্নিত প্রধান কার্যকরী মূলককে সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা সংখ্যায়িত করা হয়।

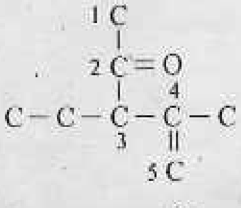
কার্যকরী মূলকের প্রাধান্যক্রমে হ্রাসমান অনুযায়ী মূলক ও তাদের প্রিফিক্স ও সাফিক্স নিচে দেখানো হলো ঃ

| কার্যকরী মূলক | কার্যকরী মূলকের আগে বসে (প্রিফিক্স) | কার্যকরী মূলকের পরে বসে (সাফিক্স) | সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের 'এন' এর পরিবর্তে ব্যবহৃত শব্দ (সাফিক্স) Alkane-ane=Alk + ↓ |
|---|---|---|---|
| COOH কার্বক্সিল (কার্বক্সিলিক অ্যাসিড) | কার্বোক্সি (carboxy) | ওয়িক অ্যাসিড (oic acid) | অ্যানোয়িক অ্যাসিড (–anoic acid) |
| COOR (কার্বক্সিলিক এস্টার) | অ্যালকক্সিকার্বনিল (alkoxycarbonyl) | এট (ate) | অ্যানোয়েট (–anoate) |
| $CONH_2$ (কার্বক্সামাইড) | কার্বামোয়িল (carbamoyl) | অ্যামাইড (amide) | অ্যানামাইড (–anamide) |
| CHO (অ্যালডিহাইড) | ফর্মাইল (formyl) | অ্যাল (al) | অ্যানাল (anal) |
| CN (সায়ানাইড) | সায়ানো (cyano) | নাইট্রাইল (nitrile) | অ্যালকেন নাইট্রাইল |
| C=O (কিটো) | অক্সো (oxo) বা কিটো (keto) | ওন (one) | আনোন (–anone) |
| OH (অ্যালকোহল) | হাইড্রক্সি (hydroxy) | অল (ol) | আনল (–anol) |
| $NH_2$ (অ্যামিন) | অ্যামিনো (amino) | অ্যামিন (amine) | |
| –O– (OR) (ইথার) | অ্যালকক্সি (alkoxy) | – | |
| X (হ্যালোজেন) (F, Cl, Br, I) | হ্যালো (ফ্লুওরো, ক্লোরো, ব্রোমো, আয়োডো) (halo) (fluoro, chloro, bromo, iodo) | | |
| $C=C/C\equiv C$ (অ্যালকিন/অ্যালাকাইন) | ইন (ene)/ আইন (yne) | – | |

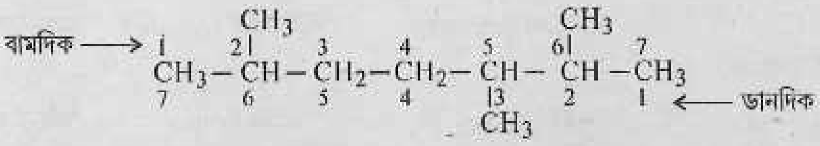
 যৌগটির সংখ্যায়ন কীভাবে করা হয় দেখানো হলো ঃ

$>C=C<$ এবং $>C=O$ কার্যকরী মূলক দুটির মধ্যে প্রধান কার্যকরী মূলক হিসাবে $>C=O$ বিবেচিত হবে। অতএব সংখ্যায়ন (numbering) এমনভাবে করতে হবে যাতে প্রধান কার্যকরী মূলক সর্বনিম্ন সংখ্যায় চিহ্নিত হয়।

অর্থাৎ



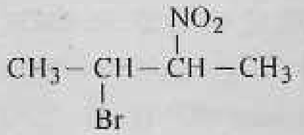
(i) সাফিক্সরূপে কোনো বিশেষ মূলক অনুপস্থিত থাকলে মূল কার্বন-শৃঙ্খলের সংখ্যায়ন সেই প্রান্ত থেকে করা হয়, যাতে করে মূলক-যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলি সর্বনিম্ন সংখ্যায় চিহ্নিত হয়। যদি উভয় প্রান্ত থেকেই মূলকযুক্ত কার্বন পরমাণুগুলির চিহ্নিত সংখ্যা সমান হয় তখন মূলক-যুক্ত দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর অবস্থানের সংখ্যা বিবেচিত হয়। এতেও পার্থক্য নির্ণয় করা না গেলে পরবর্তী তৃতীয়, চতুর্থ, ইত্যাদি বিবেচনা করা হয়। নিচের যৌগটি লক্ষ্য করুন।




বামদিক থেকে সংখ্যায়নের মূলক-যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলির চিহ্নিত সংখ্যা হলো ঃ 2, 5, 6 এবং ডানদিক থেকে সংখ্যায়নে মূলক-যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলির চিহ্নিত সংখ্যা হলো ঃ 2, 3, 6.

এখানে ডানপ্রান্ত থেকে সংখ্যায়ন করলে দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর চিহ্নিত সংখ্যা 3 কিন্তু বামপ্রান্ত থেকে সংখ্যায়ান করলে চিহ্নিত সংখ্যা 5 (3 থেকে বেশি)। তাই ডানপ্রান্ত থেকেই সংখ্যায়ন করতে হবে।

(ii) যদি উভয়প্রান্ত থেকে গণনার ফল একই হয় তবে মূলকের ইংরেজি বানানের আদ্যক্ষর অনুযায়ী নামকরণ হবে। যেমন,



এক্ষেত্রে উভয়প্রান্ত থেকেই মূলকযুক্ত কার্বন পরমাণুগুলির চিহ্নিত সংখ্যা একই। তাই b আদ্যক্ষরযুক্ত (bromo) ব্রোমো মূলকটি n আদ্যক্ষরযুক্ত (nitro) নাইট্রো মূলক অপেক্ষা অগ্রাধিকার পাবে। তাই 2-ব্রোমো-3 নাইট্রো হবে।

(iii) সাফিক্সরূপে ব্যবহারের উপযোগী কোনো বিশেষ মূলক না থাকলে $-C\equiv C-$ এবং $-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-$ এর মধ্যে গণনায় যদি একই ফল দাঁড়ায় তবে ইংরেজি বানানের আদ্যক্ষর অনুযায়ী e (ene) $-C=C-$ y (yne) $-C\equiv C-$ অপেক্ষা প্রাধান্য পায়।

$$\overset{1}{\underset{4}{CH_2}}=\overset{2}{\underset{3}{CH}}-\overset{3}{\underset{2}{C}}\equiv\overset{4}{\underset{1}{CH}}$$

উভয় প্রান্ত থেকে সংখ্যায়ন করলে অসম্পৃক্তিযুক্ত কার্বন পরমাণুগুলি 1 এবং 3 অবস্থানে চিহ্নিত হয়। কাজেই এক্ষেত্রে, 1-ইন এবং 3-আইন হবে।

সুতরাং IUPAC নামকরণে প্রধানত তিনটি অংশ থাকে ঃ মূলনামের পূর্ববর্তী অংশের নাম বা প্রিফিক্স (prefix), মূলনাম (root name) এবং মূলনামের পরবর্তী অংশের নাম বা সাফিক্স (suffix)। পরপর এই তিন অংশ জুড়ে দিলেই IUPAC নাম পাওয়া যায়।

**IUPAC নামকরণের সংক্ষিপ্ত পদ্ধতির পর পর ধাপগুলি হলো ঃ**

(1) প্রথমে মূল কার্বন শৃঙ্খল (root chain) নির্বাচন করতে হবে।

(2) এরপর মূল কার্বন-শৃঙ্খল (root name) নির্ধারণ করতে হবে।

(3) তারপর মূলনামের পরে এন (ane), ইন (ene), আইন (yne) ইত্যাদি শব্দ সাফিক্স রূপে বসিয়ে সাফিক্স নাম (Suffix name) নির্ধারণ করতে হবে।

(4) এরপর মূল কার্বন-শৃঙ্খলে আবদ্ধ পরমাণু বা মূলকগুলির একটি নির্দিষ্ট প্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত পরপর সংখ্যায়ন করতে হয়।

(5) চিহ্নিত সংখ্যা ও যথাযথ চিহ্নসমেত কার্বন শৃঙ্খলের অন্যান্য সমস্ত মূলক ও প্রতিস্থাপকের নাম যেগুলি মূলনামের পূর্বে বসে অর্থাৎ প্রিফিক্স নামগুলি প্রথম তিনটি ধাপ থেকে প্রাপ্ত আংশিক নামের পূর্বে প্রিফিক্সরূপে বসানো হয়।

(6) ইন, আইন, প্রধান কার্যকরী মূলকের সাফিক্স নাম ইত্যাদির পূর্বে চিহ্নিত সংখ্যা, হাইফেন চিহ্নসহ বসিয়ে নামকরণ সম্পূর্ণ করা হয়।

কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেখানো হলো ঃ

(1) $CH_3-\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}}-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$

দীর্ঘতম অবিচ্ছিন্ন কার্বন-শৃঙ্খলে মোট কার্বন (C) পরমাণুর সংখ্যা = 6 মূলনাম (root name) হলো ঃ হেক্সা (hexa)

মূলনামের সাথে যুক্ত পরবর্তী অংশের নাম বা সাফিক্সের নাম : এন (ane)।

মূলনামের সাথে যুক্ত পূর্ববর্তী অংশের নাম বা প্রিফিক্সের নাম :

প্রথম প্রতিস্থাপক উভয় প্রান্ত থেকে সমদূরত্বে আছে। ডানপ্রান্ত থেকে সংখ্যায়িত করলে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকের অবস্থান 3 নং C পরমাণুতে এবং বামদিক থেকে সংখ্যায়িত করলে এই অবস্থান 4 নং C পরমাণুতে হয়। প্রথম পার্থক্যের ক্ষেত্রে কম সংখ্যা হয়। সুতরাং প্রিফিক্স নাম হলো :

2 মিথাইল + 3-মিথাইল + 5-মিথাইল বা 2, 3, 5-ট্রাইমিথাইল

IUPAC নাম হলো : 2, 3, 5-ট্রাইমিথাইল + হেক্সা + এন (hexa + ane = hexane)

বা 2, 3, 5-ট্রাইমিথাইলহেক্সেন

(2) $CH_3\,CHF\,CHCl\,CH_3$

$$\text{বা}\quad CH_3-\underset{\displaystyle F}{\overset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{C}}H-CH_3$$

কার্বন-শৃঙ্খলে C পরমাণুর সংখ্যা = 4

মূলনাম হলো : বিউটা (Buta)

মূলনামের সাথে যুক্ত পরবর্তী অংশের নাম বা সাফিক্সের নাম : এন (ane)

মূলনামের সাথে যুক্ত পূর্ববর্তী অংশের নাম বা প্রিফিক্সের নাম :

ইংরেজী বানানের আদ্যক্ষর অণুযায়ী C আদ্যক্ষর যুক্ত (chloro) ক্লোরো প্রতিস্থাপকটি F আদ্যক্ষরযুক্ত (Fluoro) ফ্লুওরো প্রতিস্থাপকটি অপেক্ষা অগ্রাধিকার পাবে। অর্থাৎ ক্লোরো প্রতিস্থাপকটি কম সংখ্যায় চিহ্নিত হবে। ফলে প্রিফিক্সের নাম হলো : 2-ক্লোরো + 3-ফ্লুওরো

IUPAC নাম হলো : 2-ক্লোরো + 3-ফ্লুওরো + বিউটা + এন

বা 2-ক্লোরো 3-ফ্লুওরোবিউটেন

$$(3)\quad CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H-COOH$$

দীর্ঘতম কার্বন-শৃঙ্খলে C পরমাণুর সংখ্যা = 3

মূলনাম : প্রোপা (Propa)

প্রধান কার্যকরী মূলক — কার্বক্সিলিক অ্যাসিড

সাফিক্স নাম : এন + ওয়িক (oic) অ্যাসিড

প্রিফিক্স নাম : 2-মিথাইল

IUPAC নাম : 2-মিথাইল + প্রোপা + এন + ওয়িক (prop + an + oic = propanoic) অ্যাসিড

বা 2-মিথাইলপ্রোপানোয়িক অ্যাসিড

(4) $CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_2-CHO$

কার্বন শৃঙ্খলে মোট C পরমাণুর সংখ্যা = 4

মূলনাম হলো ঃ বিউটা (Buta)

সাফিক্সের নাম হলো ঃ এন (ane) + 1-অ্যাল (al) [Buta + ane + al = Butanal]

প্রিফিক্সের নাম হলো ঃ 3-অক্সো

IUPAC নাম হলো ঃ 3-অক্সোবিউটান্যাল

(5) $CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-COOH$

কার্বন শৃঙ্খলে মোট C পরমাণুর সংখ্যা = 5

মূলনাম ঃ পেন্টা (Penta)

প্রধান কার্যকরী মূলক ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (COOH)

সাফিক্স নাম ঃ এন + ওয়িক অ্যাসিড

প্রিফিক্স নাম ঃ 4-কিটো বা 4-অক্সো (COOH এর C পরমাণুকে সবসময় 1 ধরা হয়)

∴IUPAC নাম ঃ প্রিফিক্স নাম + মূল নাম + সাফিক্স নাম

4-কিটো + পেন্টা + এন + ওয়িক অ্যাসিড (Penta + ane + oic = pentanoic)

4-কিটোপেন্টানোয়িক অ্যাসিড

(6) $CH_3-\underset{\underset{OCH_2CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

সরল কার্বন শৃঙ্খলে C পরমাণুর সংখ্যা = 4

মূলনাম ঃ বিউটা (Buta)

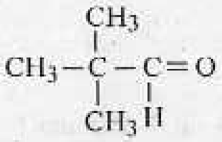
সাফিক্স নাম ঃ এন (ane)

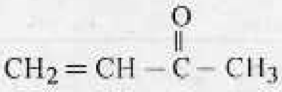
প্রিফিক্স নাম ঃ 2-ইথোক্সি + 3-মিথাইল (ইংরেজি বানানের e (ethoxy), m (methyl) মূলক অপেক্ষা অগ্রাধিকার পাবে।)

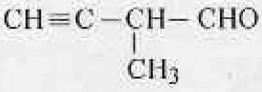
IUPAC নাম ঃ 2-ইথোক্সি-3-মিথাইলবিউটেন।

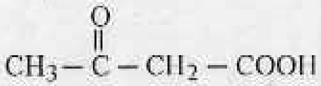
অনুশীলনী-2

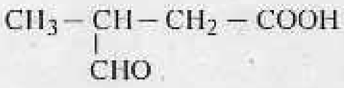
নিচের যৌগগুলির IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করুন ঃ

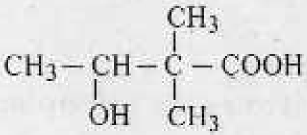
(i) 

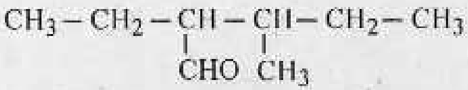
(ii) 

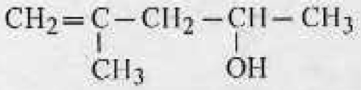
(iii) 

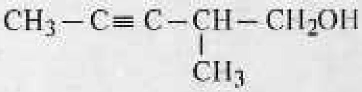
(iv) 

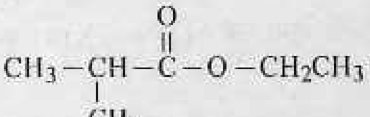
(v) 

(vi) 

(vii) 

(viii) 

(ix) 

(x) 

## 3.10 জৈব যৌগের সমাবয়বতা (Isomerisation of Organic compounds)

যে সমস্ত জৈব যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু গঠনাকৃতি আলাদা তাদের সমাবয়বী (isomers) বলে এবং এই ঘটনাকে সমাবয়বতা (isomerism) বলে। সমাবয়বতা দু'প্রকারের হয়—

(i) গঠনঘটিত সমাবয়বতা (Constitutional isomerism) এবং (ii) ত্রি-মাত্রিক সমাবয়বতা (Stereoisomerism)।

(i) **গঠনঘটিত সমাবয়বতা ঃ** জৈব অণুর মধ্যস্থ পরমাণু মূলকের আপেক্ষিক বিন্যাসের বিভিন্নতার ফলে যে ধরনের সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে গঠনঘটিত সমাবয়তা বলে।

গঠনঘটিত সমাবয়বতাগুলি হলো ঃ (1) শৃঙ্খল বা কাঠামোগত সমাবয়বতা (Chain or nuclear isomerism), (2) অবস্থানগত সমাবয়বতা (Position isomenism), (3) কার্যকরী মূলকগত সমাবয়বতা (Functional group isomerism) এবং (4) মেটামারিজম (Metamerism)।

(1) **শৃঙ্খল বা কাঠামোগত সমাবয়বতা ঃ** জৈব অণুগুলিতে কার্বন শৃঙ্খলের বিভিন্নতার জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে শৃঙ্খল বা কাঠামোগত সমাবয়বতা বলে। যেমন,

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ n-বিউটেন

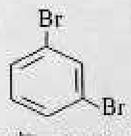
$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ 2-মিথাইলপ্রোপেন

(2) **অবস্থানগত সমাবয়বতা ঃ** যে সব জৈব যৌগের অণুর কার্বন কাঠামো এক কিন্তু প্রতিস্থাপিত মূলকের অবস্থান ভিন্ন তারা অবস্থানগত সমাবয়বতা প্রদর্শন করে। যেমন,

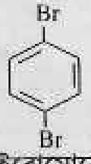
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$ n- প্রোপাইল অ্যালকোহল

$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

*o*- ডাইব্রোমোবেঞ্জিন




*m*-ডাইব্রোমোবেঞ্জিন




*p*-ডাইব্রোমোবেঞ্জিন

(3) **কার্যকরীমূলকগত সমাবয়তা ঃ** একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট জৈব যৌগে ভিন্ন ভিন্ন কার্যকরী মূলকের উপস্থিতির ফলে যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে কার্যকরীমূলক ঘটিত সমাবয়বতা বলে। যেমন,

$CH_3-CH_2-OH$
ইথাইল অ্যালকোহল
(কার্যকরীমূলক – OH)

$CH_3-O-CH_3$
ডাইমিথাইল ইথার
(কার্যকরীমূলক – O –)

(4) মেটামারিজম ঃ একই সমগণীয় শ্রেণিভুক্ত ও একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট জৈব যৌগের মধ্যে যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে মেটামারিজম বলে। যেমন,

ইথার শ্রেণিভুক্ত ঃ $CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$ (ডাইইথাইল ইথার)

$CH_3CH_2CH_2-O-CH_3$ (মিথাইল-n-প্রোপাইল ইথার)

$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-O-CH_3$ (আইসোপ্রোপাইল মিথাইল ইথার)

(ii) ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা **(Stereoisomerism)** ঃ একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট ও একই কার্যকরী মূলকযুক্ত একই গঠন কাঠামোর জৈব অণুগুলির মধ্যে পরমাণু বা মূলকসমূহের ত্রিমাত্রিক সজ্জার ফলে বিভিন্ন ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীর সৃষ্টি হয়। এই ঘটনাকে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা বলে। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দু'প্রকারের হয়।

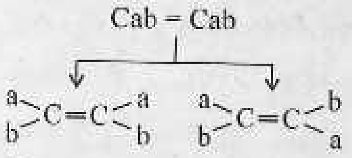
(1) জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometrical isomerism)

(2) আলোকসক্রিয়যুক্ত সমাবয়বতা (Optical isomerism)

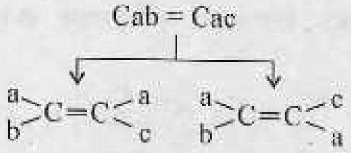
## 3.10.1 জ্যামিতিক সমাবয়বতা বা সিস্-ট্রান্স সমাবয়বতা (Geometrical or cis-trans isomerism)

জ্যামিতিক সমাবয়বতা বা সিস্-ট্রান্স সমাবয়তা হলো এক ধরনের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা।

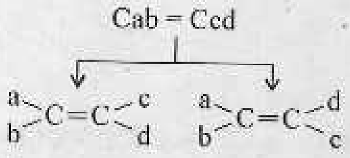
জৈব যৌগে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন থাকলে দ্বিবন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণু দুটির একটিকে স্থির রেখে অপর কার্বন পরমাণুটির অবাধ আবর্তন সম্ভব নয়। ফলে দ্বিবন্ধনের কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলি ভিন্ন সমাবয়বীরূপে অবস্থান করতে পারে। যেমন,



(দুটি অসদৃশ পরমাণু মূলক = a, b)



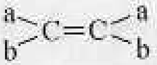
(তিনটি সদৃশ পরমাণু মূলক = a,b,c)



(চারটি অসদৃশ পরমাণু মূলক = a,b,c,d)

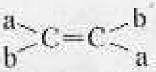
যে ত্রিমাত্রিক বিন্যাসে সদৃশ পরমাণু মূলক দুটি দ্বি-বন্ধনের একই দিকে অবস্থান করে তাকে সিস্-সমাবয়বী (cis-isomer) বলে। আবার যে ত্রিমাত্রিক বিন্যাসে সদৃশ পরমাণু মূলক দুটি দ্বিবন্ধনের বিপরীত দিকে অবস্থান করে তাকে ট্রান্স-সমাবয়বী (trans-isomer) বলে। এ ধরনের সমাবয়বতাকে জ্যামিতিক সমাবয়বতা (geometical isomerism) বা সিস্-ট্রান্স্ সমাবয়বতা (cis-trans isomerism) বলে।

উপরোক্ত উদাহরণে



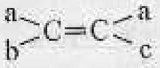

সিস্-সমাবয়বী

সদৃশমূলক a, a বা b, b দ্বিবন্ধনের একই দিকে অবস্থিত।

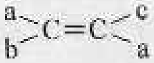



ট্রান্স-সমাবয়বী

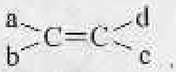
সদৃশ পরমাণু মূলক a, a বা b,b দ্বিবন্ধনের বিপরীত দিকে অবস্থিত।




সদৃশ পরমাণু মূলক a, a দ্বিবন্ধনের একই দিকে অবস্থিত। অতএব সিস্-সমাবয়বী।



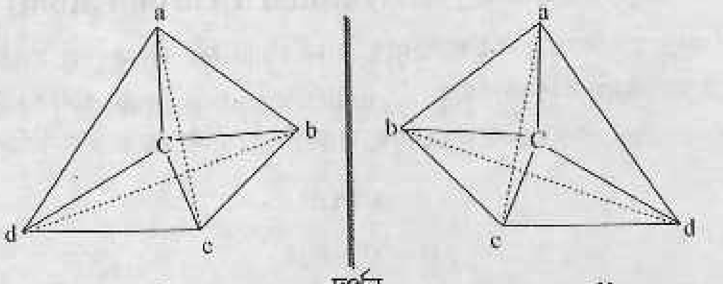

a, a বিপরীতদিকে অবস্থিত বলে ট্রান্স সমাবয়বী।




কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনে চারটি ভিন্ন পরমাণু মূলক যুক্ত থাকলে সিস্-ট্রান্স সমাবয়তা ব্যবহার না করে E, Z প্রতীক ব্যবহার করা হয়। এই এককের E, Z নামকরণ দেখুন।

## 3.10.2 আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা (Optical isomerism)

1874 খ্রিস্টাব্দে ভ্যান্ট হফ এবং লা বেল উভয়েই সম্পূর্ণ আলাদাভাবে আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতার ভিত্তি ব্যাখ্যা করেন। তাঁদের মতানুযায়ী জৈব যৌগের ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামোয় প্রতিটি কার্বন পরমাণুর চারটি বন্ধনই চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে প্রসারিত থাকে। কার্বন পরমাণুর এই চারটি বন্ধনই যদি চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলকের সাথে যুক্ত থাকে তবে দুটি ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীর সৃষ্টি হয়। এই সমাবয়বী দুটি একে অপরের সাথে দর্পন প্রতিবিম্ব সম্পর্কযুক্ত হয়।



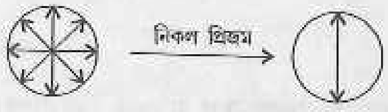

I দর্পন II

এখন একটি ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীকে (I) অপর ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীর (II) ওপর এমনভাবে স্থাপন করা যায় না যাতে করে I নং গঠন কাঠামোর সকল পরমাণু বা মূলক II নং গঠন কাঠামোর অনুরূপ পরমাণু বা মূলকের সাথে সর্বতোভাবে মিলে যায়।

অণু দুটির প্রত্যেকেই অপ্রতিসম (এই এককেই পরে দেখুন) বলে উভয়েই আলোক সক্রিয়। কাজেই I এবং II অণু দুটি আলোক সক্রিয় সমাবয়বী। এভাবে দুটি আলোক সক্রিয় ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীর উপস্থিতি ঘটলে এরূপ ঘটনাকে আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা (Optical isomerism) বলে।

### 3.10.3 আলোক সক্রিয়তা (Optical activity)

সাধারণ আলোক বিভিন্ন দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তরঙ্গের মিশ্রণ। তরঙ্গারূপ এই সাধারণ আলোক এর গতিপথের ওপর লম্বভাবে অবস্থিত অসংখ্য তলে অনুকম্পিত হয়। অসংখ্য তলে অণুকম্পিত এই আলোককে ক্যালসাইট বা নিকল প্রিজমের মধ্য দিয়ে পাঠালে এর গতিপথের ওপর লম্বভাবে অবস্থিত একটিমাত্র তলে অনুকম্পিত হয়। একই তলে অনুকম্পিত তরঙ্গের এরূপ আলোককে সমতল সমবর্তিত আলোক (plane polarised light) বলে। জৈব পদার্থের স্বচ্ছ দ্রবণের মধ্যে সমতল-সমবর্তিত আলোক পাঠালে এই আলোকের সমবর্তন তলের (plane of polarisation) যদি আবর্তন ঘটে তবে জৈব যৌগটিকে আলোক সক্রিয় (optically active) যৌগ বলে এবং এই ঘটনাকে আলোক সক্রিয়তা (optical activity) বলা হয়।




সমবর্তন-তলের আবর্তন দুদিকে ঘটতে পারে।

যে সকল পদার্থ সমবর্তন তলের দক্ষিণ আবর্তন ঘটাতে সক্ষম তাদের আলোক সক্রিয় ধর্মকে দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) বলে। আবার যে সকল পদার্থ সমবর্তন তলের বাম আবর্তন ঘটাতে সক্ষম তাদের আলোক সক্রিয় ধর্মকে বামাবর্তী (Laevorotatory) বলে। এই আবর্তন পোলারিমিটার (Polarimeter) যন্ত্রের সাহায্যে মাপা হয়।

### 3.10.4 অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু (Asymmetric carbon atom)

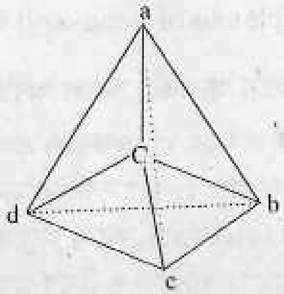
জৈব যৌগের অণুর মধ্যস্থিত কার্বন পরমাণুতে যখন চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকে তখন ঐ কার্বন পরমাণুকে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু (asymmetric carbon atom) বলে। এই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুকে কাইরাল (chiral) কার্বনও বলে। যেমন, ল্যাকটিক অ্যাসিডের তারকা-চিহ্নিত

```
        COOH
         |
    H — C* — OH
         |
        CH3
```

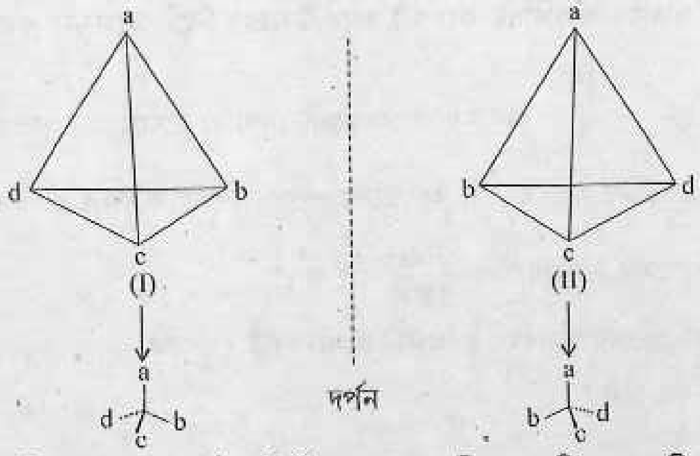
ল্যাকটিক অ্যাসিড

কার্বন পরমাণুটি হলো অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু।

একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু, C এর সাথে চারটি ভিন্ন পরমাণু মূলক (a, b, c, d) যুক্ত থাকলে জৈব অণুটির চতুস্তলকীয় বিন্যাসে কার্বন পরমাণুটি চতুস্তলকের ভারকেন্দ্রে এবং a,b,c,d চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থান করে।




চতুস্তলকীয় গঠনাকৃতি অনুযায়ী Cabcd অণুতে a, b, c, d কার্বন পরমাণুর চারপাশে দুভাবে বিন্যাসিত হতে পারে।



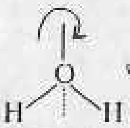

এই চতুস্তলক দুটি পরস্পারের দর্পণ প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত। কিন্তু একটিকে অন্যটির ওপর এমনভাবে স্থাপন করা যায় না যাতে এরা উপরিপাত (superposable) হয়। অর্থাৎ আণবিক কাইরেলিটি (molecular chirality) পরীক্ষা করার উপায় হলো অণু এবং অণুর দর্পন প্রতিবিম্ব (mirror image) প্রত্যেকেরই আণবিক মডেল (modle) তৈরি করতে হবে। এরপর একটি আণবিক মডেলের ওপর অপর আণবিক মডেলটি স্থাপন করে দেখতে হবে যে মডেল দুটি সর্বতোভাবে একে অপরের সাথে মিলে যাচ্ছে কি না। মিলে যাওয়াকে উপরিপাত (superposable) বলে। অর্থাৎ যদি উপরিপাত হয় তবে অণুটি অ্যাকারাইল (achiral) আর যদি না হয় তবে অণুটি কাইরাল (chiral) হবে। এই পরীক্ষা ছাড়াও অন্যভাবে অণুটির কাইরেলিটি জানা যায়। এগুলি কতিপয় প্রতিসাম্য উপাদানের (symmetry elements) উপস্থিতি বা অনুপস্থিতির ওপর নির্ভর করে। এই প্রতিসাম্য উপাদানগুলি নিচে পরপর আলোচনা করা হলো ঃ

## 3.10.5 প্রতিসাম্য উপাদান (Elements of symmetry)

কোনো যৌগের আলোক-সক্রিয়তা (optical activity) যৌগটির আণবিক প্রতিসাম্যের (Molecular symmetry) ওপর নির্ভর করে। অণুটি অপ্রতিসাম্য (asymmetric) হলে আলোক-সক্রিয় হবে। আবার অণুটি প্রতিসাম্য (symmetric) হলে আলোক নিষ্ক্রিয় হবে। চারটি মৌলিক প্রতিসাম্য উপাদানের সাহায্যে কোনো যৌগের আণবিক প্রতিসাম্য বিচার করা হয়। এগুলি নিচে আলোচনা করা হলো।

1. প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষ (Simple axis of symmetry) : অণুর মধ্যে এটি এমন একটি অক্ষ (axis) যার চারপাশে অণুটিকে $\frac{360°}{n}$ কোনে আবর্তিত করলে অণুর আবর্তিত আকৃতি এবং আবর্তনের আগের আকৃতি অবিকল একই থাকে। এই অক্ষকে $C_n$ অক্ষরূপে প্রকাশ করা হয়। কোনো অণুর এক বা একাধিক $C_n$ অক্ষ থাকতে পারে আবার নাও পারে। n এর সর্বাধিক মান বিশিষ্ট $C_n$ অক্ষটিকে মুখ্য সাধারণ প্রতিসাম্য অক্ষ বা প্রধান অক্ষ (Principal axis) বলে। কোনো অণুকে তার $C_1$ অক্ষকে কেন্দ্র করে 360° কোনে আবর্তন করলে অণুটি আবর্তনের আগের আকৃতিতে ফিরে আসবে। অর্থাৎ সকল বস্তুর $C_1$ থাকাটা গতানুগতিক (trivial)। তাই $C_1$ অক্ষের উল্লেখ করা হয় না। সুতরাং n এর মান 1 ব্যতীত যে-কোনো ধনাত্মক সরল সংখ্যা যেমন, 0, 2, 3, 4, 5... ইত্যাদি হতে পারে।

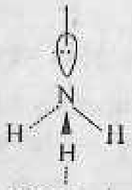
প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষবিশিষ্ট কয়েকটি অণুর উদাহরণ নিচে আলোচনা করা হলো।

(i) জল, $H_2O$  অণু মধ্যস্থ যে অক্ষটি দেখানো হয়েছে তার চারপাশে অণুটিকে 180° আবর্তন করলে আবর্তনের আগের এবং আবর্তনের পরের আকৃতি অবিকল একই থাকে।

অতএব প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষ $\frac{360°}{180°} = 2$ বা $C_2$

এক্ষেত্রে বন্ধন কোণের সমদ্বিখণ্ডক অক্ষটি হলো একটি $C_2$ অক্ষ।

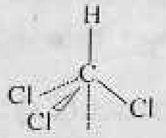
(ii) অ্যামোনিয়া, $NH_3$



120° কোণে আবর্তন করলে একই আকৃতি বিশিষ্ট গঠন পাওয়া যায়।

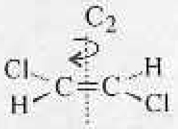
অতএব প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষ $= 360°/120° = 3$, অর্থাৎ অণুটিতে $C_3$ বর্তমান।

(iii) ক্লোরোফর্ম, $CHCl_3$



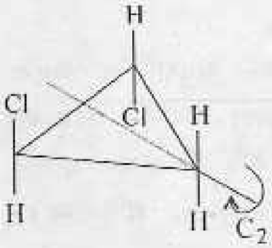
ক্লোরোফর্মে C–H এর মধ্য দিয়ে রেখাটিকে অক্ষ ধরা হয়। এই অক্ষটিকে কেন্দ্র করে অণুটিকে 120° কোনে আবর্তিত করলে অবিকল একই গঠন ফিরে আসে। সুতরাং প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষ $= \frac{360°}{120°} = 3$ অর্থাৎ $C_3$ বর্তমান।

(iv) ট্রান্স-ডাইক্লোরোইথিলিন



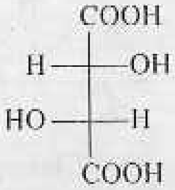
$C_2$ আণবিক তলের ওপর লম্ব।

(v)



ট্রান্স 1, 2-ডাইক্লোরোসাইক্লোপ্রোপেন অণুতেও $C_2$ অক্ষ বর্তমান।

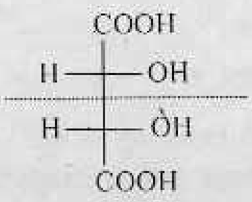
(vi) আলোক-সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড



ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের মধ্যবিন্দুতে লম্বরেখাটি হল প্রতিসাম্যের সাধারণ অক্ষ। এই অক্ষটিকে কেন্দ্র করে অণুটিকে 180° কোনে আবর্তন করলে অবিকল একই গঠন ফিরে আসে। তাই এক্ষেত্রে

$\frac{360°}{180°} = 2$ বা $C_2$ বর্তমান।

2. প্রতিসাম্যতল (Plane of symmetry) ঃ প্রতিসাম্যতল হলো এমন একটি কাল্পনিক তল যা কোনো বস্তু বা অণুকে এমন দু-ভাগে ভাগ করে যে এই তলের সাপেক্ষে বস্তু বা অণুর একটি ভাগ অপরটির দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়। এরূপ তলকে দর্পণ তলও বলে। প্রতিসাম্য তলকে σ (সিগমা) তল রূপে প্রকাশ করা হয়। যেমন,

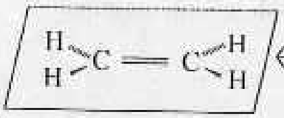


σ প্রতিসাম্য তল

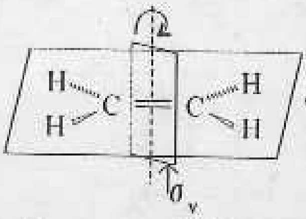
মেসো-টারটারিক অ্যাসিড

যে সব অণুতে এরূপ প্রতিসাম্য তল বর্তমান তারা সর্বদাই অ্যাকাইরাল অণু এবং আলোক-নিষ্ক্রিয় হয়।

যে সকল অণুর সকল পরমাণুই একই তলে থাকে সেসব ক্ষেত্রে অণুটির আণবিক তলই হলো প্রতিসাম্য তল। যেমন, ইথিলিন।

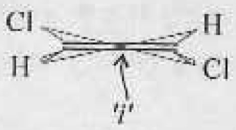



অণুর প্রধান অক্ষের ($C_n$) সাপেক্ষে প্রতিসাম্য তলের অবস্থান অনুযায়ী σ তলকে বিভিন্নভাবে প্রকাশ করা হয়। যে প্রতিসাম্য তল প্রধান অক্ষের ($C_n$) লম্বভাবে অবস্থান করে তাকে h (h = horizontal, অনুভূমিক) প্রতিসাম্য তল বলে। কিন্তু প্রতিসাম্য তলটি যদি প্রধান অক্ষের ($C_n$) সাথে একই তলে অবস্থান করে তবে সেই প্রতিসাম্য তলটিকে v (v = vertical) প্রতিসাম্য $C_2$ তল বলে।

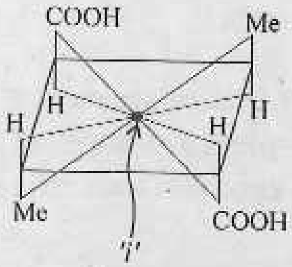



3. প্রতিসাম্য কেন্দ্র (Centre of symmetry বা Inversion centre) ঃ অণু মধ্যস্থ প্রতিসাম্য কেন্দ্র এমন একটি কল্পিত বিন্দু যে অণুর কোনো পরমাণু বা মূলক থেকে ঐ বিন্দু বরাবর অঙ্কিত সরলরেখা বিন্দুর অপর প্রান্তে সম পরিমাণ বর্ধিত করলে রেখাটি অনুরূপ পরমাণু বা মূলকে মিলিত হয়। প্রতিসাম্য কেন্দ্রকে 'i' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

**উদাহরণ ঃ**



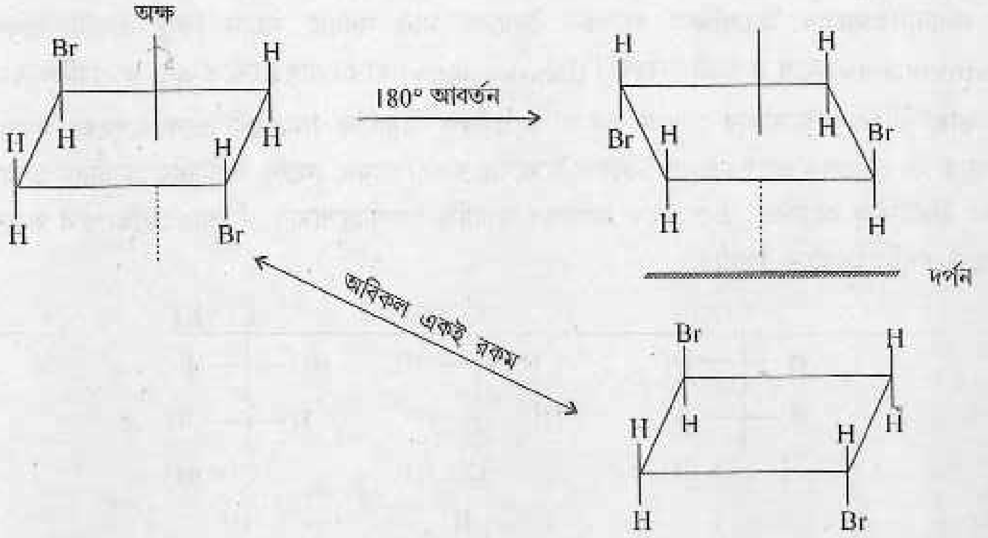

প্রতিসাম্য কেন্দ্র




প্রতিসাম্য কেন্দ্র

প্রতিসাম্য কেন্দ্র, 'i' উপস্থিত থাকলে অণুটি অ্যাকাইরাল (achiral) এবং আলোক নিষ্ক্রিয় হয়।

4. প্রতিসাম্যের একান্তর অক্ষ (Alternating axis of symmetry) ঃ অণু মধ্যস্থ প্রতিসাম্যের একান্তর অক্ষ এমন একটি অক্ষ যে ঐ অক্ষকে কেন্দ্র করে অণুটিকে 360°/n কোনে আবর্তন করে আবর্তিত গঠনাকৃতিকে যদি ঐ অক্ষের লম্বভাবে অবস্থিত দর্পণে প্রতিফলিত করা হয় তবে প্রতিফলিত প্রতিবিম্বের আকৃতি এবং আবর্তনের পূর্বে অণুর আকৃতি অবিকল এক রকম দেখতে হয়। এই অক্ষকে $S_n$ অক্ষ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

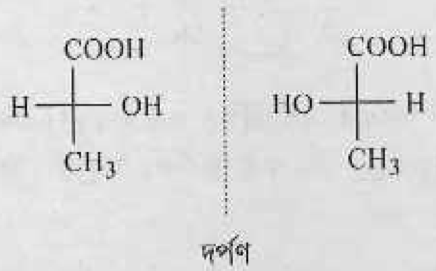



অতএব ট্রান্স-1, 3-ডাইব্রোমোসাইক্লোবিউটেনে $S_2$ অক্ষ বর্তমান। অণুটিতে 'i' বর্তমান। অর্থাৎ কোনো অণুতে 'i' উপস্থিত থাকলে এতে অক্ষটি $S_2$ হবে। $S_n$ অক্ষযুক্ত অণুগুলি সর্বদাই অ্যাকাইরেল ও আলোক নিষ্ক্রিয় হয়।

## 3.10.6 এনানসিওমার ও ডায়াস্টিরিওআইসোমার (Enantiomer and Diastereo-isomers)

যে সকল যৌগের অণুর গঠন কাঠামো একই কিন্তু ত্রিমাত্রিক বিন্যাস ভিন্ন প্রকৃতির হয় তাদের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী বা স্টিরিওআইসোমার (Stereoisomer) বলে। স্টিরিওআইসোমার দুপ্রকারের হয়—এনানসিওমার ও ডায়াস্টিরিওআইসোমার।

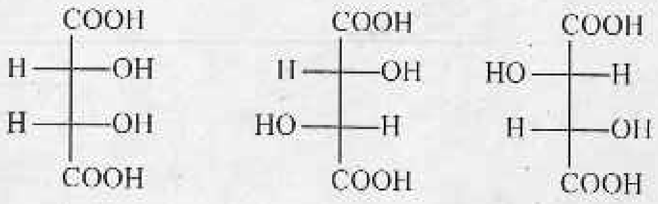
**এনানসিওমার ঃ** যখন দুটি আলোক সক্রিয় ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী একে অপরের দর্পণ প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত হয় কিন্তু এরা উপরিপাত হয় না তখন এদের এনানসিওমার বলে। যেমন, ল্যাকটিক অ্যাসিডের এনানসিওমার। নিচে এদের ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে দেখানো হলো। (ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত এই এককের (3.20.10) পাঠ্যাংশে দেখুন।)




(+) ল্যাকটিক অ্যাসিড (–) ল্যাকটিক অ্যাসিড

এনানসিওমারের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মান সর্বদাই সমান কিন্তু একটি দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) হলে অপরটি বামাবর্তী (laevorotatory) হবে। এদের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম এক।

ডায়াস্টিরিওআইসোমার ঃ যখন দুই বা ততোধিক ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী একে অপরের সাথে দর্পন সম্বন্ধযুক্ত হয় না তখন তাদের ডায়াস্টিরিওআইসোমার বলে। যেমন, মেসো-টারটারিক অ্যাসিড ও আলোক সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড। এরা একে অপরের ডায়াস্টিরিওআইসোমার। ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে এগুলি দেখানো হলো।

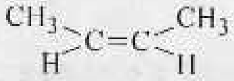


I      II      III

মেসো-টারটারিক অ্যাসিড      আলোক-সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড

I, II এবং I, III ডায়াস্টিরিওআইসোমার

সিস্-2-বিউটিন এবং ট্রান্স্-2-বিউটিন ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী দুটি একে অপরের প্রতিবিম্ব সম্পর্কযুক্ত নয়। সুতরাং এরা ডায়াস্টিরিওআইসোমার।



সিস্-2-বিউটিন

ট্রান্স্-2-বিউটিন

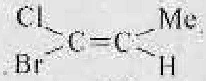
ডায়াস্টিরিওআইসোমারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ভিন্ন।

অনুশীলনী-3

এনানসিওমার ও ডায়াস্টিরিওআইসোমার কাকে বলে ? উদাহরণসহ বুঝিয়ে দিন।

## 3.10.7 দ্বিবন্ধন ঘটিত জ্যামিতিক সমাবয়বীর E, Z নামকরণ (E, Z nomenclature)

যখন অলিফিনীয় যৌগের C=C দ্বিবন্ধের কার্বনের সাথে চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলকযুক্ত থাকে যেমন

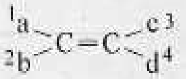


তখন সিস্ এবং ট্রান্স নামকরণ ব্যবহার করে চিহ্নিত করা যায় না। এসব ক্ষেত্রে কান্, ইনগোল্ড ও প্রেলগের (Cahn, Ingold and Prelog) নীতি বা CIP নীতি অনুযায়ী যৌগগুলির নামকরণ করা হয়। যেমন,

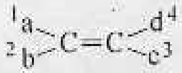
এক্ষেত্রে CIP প্রাধান্যক্রম $a > b > c > d$

যখন দুটি কার্বনে অধিক গুরুত্বের (higher priority) পরমাণু বা মূলক একই দিকে থাকে তখন সমাবয়বীটিকে 'Z' (জার্মান শব্দ Zusammen, অর্থ একসাথে (together) সমবয়বীরূপে চিহ্নিত করা হয়। আবার যখন উপরোক্ত অধিক গুরুত্বের পরমাণু বা মূলক দুটি দ্বিবন্ধনের দুটি কার্বনের বিপরীত দিকে যুক্ত থাকে তখন সেই সমাবয়বীটিকে 'E' (জার্মান শব্দ Entgegen অর্থ বিপরীত (opposite) সমবয়বীরূপে চিহ্নিত করা হয়।

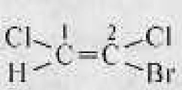
অর্থাৎ,



প্রথম কার্বনে (1) এবং (2) এর মধ্যে (1) আবার দ্বিতীয় কার্বনে (3) এবং (4) এর মধ্যে (3) হলো অধিক গুরুত্বের মূলক যেহেতু (1) এবং (3) একই দিকে অবস্থান করে, অতএব এটিকে 'Z' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

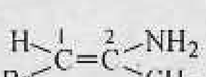


এক্ষেত্রে অধিক গুরুত্বের মূলক দুটি (1) এবং (3) বিপরীত দিকে অবস্থান করে। তাই এটিকে 'E' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

**উদাহরণ : (1)** এবং 

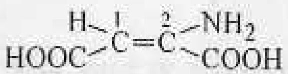
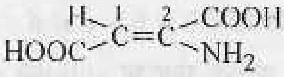
I II

CIP নীতি অনুযায়ী $C^1$ কার্বনে Cl (17) এর গুরুত্ব H(1) অপেক্ষা বেশি ($Cl > H$) এবং $C^2$ কার্বনে Br (35) এর গুরুত্ব Cl (17) অপেক্ষা বেশি ($Br > Cl$)। $C^1$ কার্বনে Cl এবং $C^2$ কার্বনে Br অণুটির C=C দ্বিবন্ধনের একই দিকে অবস্থান করে বলে I নং সমাবয়বীটিকে 'Z' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আবার $C^1$ কার্বনে Cl এবং $C^2$ কার্বনে Br অণুটির C = C দ্বিবন্ধনের বিপরীতদিকে থাকে বলে II নং সমাবয়বীটিকে 'E' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

**উদাহরণ : (2)**  এবং

$C^1$ কার্বনে যুক্ত Br (35) -এর গুরুত্ব H(1) অপেক্ষা বেশি ($Br > H$) এবং $C^2$ কার্বনে যুক্ত $NH_2$ (N এর পা. সং 7) এর গুরুত্ব $CH_3$ (C এর পা. সং 6) অপেক্ষা গুরুত্ব বেশি ($NH_2 > CH_3$)।

I নং সমাবয়বীতে Br এবং $NH_2$ কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের বিপরীত দিকে অবস্থিত। তাই এটি 'E' সমাবয়বী। II নং সমাবয়বীতে Br এবং $NH_2$ কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের একই দিকে অবস্থিত। সুতরাং এটি 'Z' সমাবয়বী।

উদাহরণ-3  এবং 

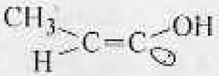
সিস্ ট্রান্স

কিন্তু CIP নীতি অনুযায়ী $C^1$ কার্বনে COOH > H এবং $C^2$ কার্বনে $NH_2$ > COOH অতএব CIP নীতি অনুযায়ী সিস্-সমাবয়বীকে 'E' এবং ট্রান্স সমাবয়বীকে 'Z' দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। অর্থাৎ সিস্-সমাবয়বী সব সময় 'Z' এবং ট্রান্স সমাবয়বী সবসময় 'E' নাও হতে পারে।

অনুশীলনী-4 E, Z নামকরণ করুন ঃ

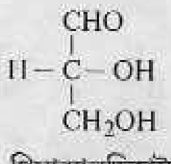
(i)

(ii)

(iii) 

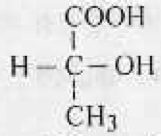
## 3.10.8 D এবং L নামকরণ (D and L nomenclature)

আলোক সক্রিয় যৌগের অণুর প্রকৃত ত্রিমাত্রিক সজ্জা বা বিন্যাস (Configuration) জানবার জন্য D, L নামকরণ ব্যবহার করা হয়। এটি একটি প্রাচীন পদ্ধতি। বর্তমানে কার্বোহাইড্রেট ও অ্যামিনো অ্যাসিড ছাড়া অন্য কোনো জৈব যৌগের ক্ষেত্রে D, L নামকরণের প্রচলন নেই। বিজ্ঞানী ফিশার ও পরবর্তীকালে বিজ্ঞানী রোজানফ্ বিভিন্ন কাইরাল (chiral) যৌগের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয়ের জন্য গ্লিসার‍্যালডিহাইডের ত্রিমাত্রিক সংকেতকে প্রমাণ পদার্থের সংকেত হিসাবে গ্রহণ করেন। গ্লিসার‍্যালাডিহাইডে ($HOCH_2\overset{*}{C}HOHCHO$) একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর (তারকা চিহ্নিত) সাথে চারটি ভিন্ন পরমাণু/মূলক (H, OH, $CH_2OH$, CHO) যুক্ত থাকে। বিজ্ঞানী ফিশার ধরে নেন যে নিম্নোক্ত গ্লিসার‍্যালডিহাইডের গঠনে মূলকসমূহের আপেক্ষিক অবস্থান D দ্বারা বোঝান হয়।

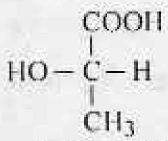


D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড

এভাবে মূল যৌগের কার্বন শৃঙ্খলকে ফিশার সংকেত অনুযায়ী লম্ব অভিমুখী বন্ধন দ্বারা উপর থেকে নিচ বরাবর লেখা হয়। সর্বোচ্চ জারিত অবস্থার কার্বন পরমাণু সম্পন্ন কার্যকরী মূলককে উপরে লেখা হয়। ফিশার সংকেতে কাইরাল কেন্দ্রে যুক্ত দুটি বন্ধনের একটিতে যদি H ও অপরটিতে OH যুক্ত থাকে তাহলে OH মূলকটির অবস্থান ডানদিকে হলে D এবং বাম দিকে হলে L নামকরণ করা হয়। যেমন,



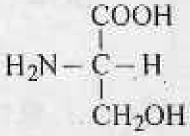
D-ল্যাকটিক অ্যাসিড



L-ল্যাকটিক অ্যাসিড

H এবং OH মূলকের মধ্যে তফাৎ হল H অপেক্ষা O-এর অপরাতড়িৎধর্মিতা বেশি। অর্থাৎ OH মূলকের তড়িৎঋনাত্মকতা H অপেক্ষা বেশি। তাই সাধারণভাবে বলা যায় যে, দুটি মূলকের মধ্যে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক মূলকটি ডানদিকে থাকলে D এবং বামদিকে থাকলে L নামকরণ করা হয়।

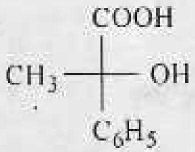
যেমন,



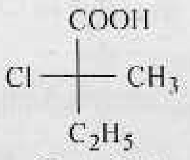
L-সিরিন

এক্ষেত্রে ঋণাত্মকধর্মী মূলক হল $-NH_2$ মূলক।

অন্যান্য উদাহরণ ঃ



D-অ্যাট্রোল্যাকটিক অ্যাসিড

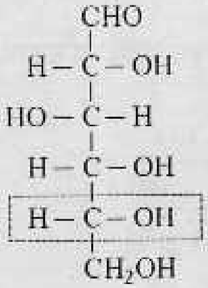


L-2-ক্লোরো-D-2-মিথাইলবিউটানোয়িক অ্যাসিড

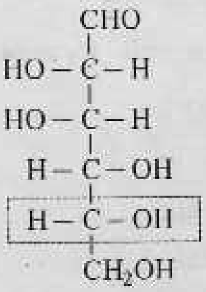
অনুশীলনী-5

D-ল্যাকটিক অ্যাসিড ও L-ল্যাকটিক অ্যাসিডে D- এবং L-বলতে কী বুঝায় ?

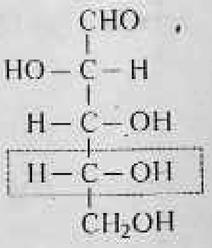
বিভিন্ন কার্বোহাইড্রেট অণুতে একের অধিক অপ্রতিসম (asymmetic) কার্বন পরমাণু থাকলেও এদের মধ্যে একটি মাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত H ও OH মূলকের বিন্যাস অনুযায়ী যৌগটিকে D বা L রূপে চিহ্নিত করা হয়। এক্ষেত্রে সর্বনিম্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যুক্ত H ও OH মূলকের বিন্যাস অনুযায়ী D, L নামকরণ করা হয়। যেমন,



D–গ্লুকোজ



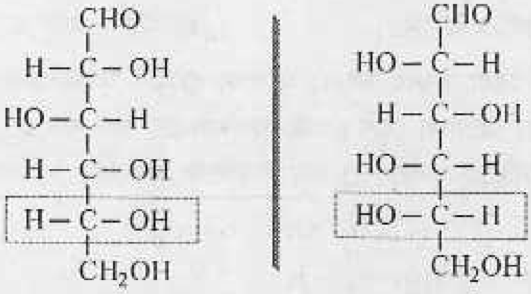
D–ম্যানোজ



D–অ্যারাবিনোজ

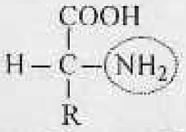
এই যৌগগুলির দর্পন প্রতিবিম্ব যৌগের পরমাণুর বিন্যাস L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

যেমন D গ্লুকোজের দর্পন প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত আলোক সক্রিয় সমাবয়বীটিকে L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

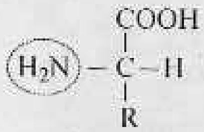


D-গ্লুকোজ দর্পন L-গ্লুকোজ

অ্যামিনো অ্যাসিডের অপ্রতিসম কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণ/মূলকগুলির বিন্যাসও D ও L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। অ্যামিনো মূলক ($-NH_2$) ডানদিকে থাকলে D এবং বামদিকে থাকলে L বিন্যাস হয়।

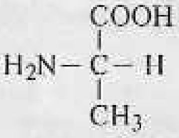


D–অ্যামিনো অ্যাসিড

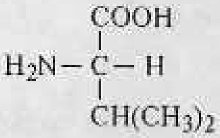


L-অ্যামিনো অ্যাসিড

উদাহরণ ঃ



L-অ্যালানিন



L-ভ্যালিন

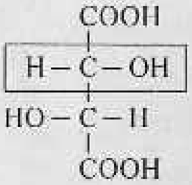
প্রকৃতিতে যে সমস্ত অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায় তাদের সকলেরই বিন্যাস L-শ্রেণিভুক্ত।

**অনুশীলনী-6**

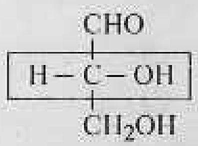
L-ম্যানোজ এবং L-অ্যারাবিনোজ-এর গঠন সংকেত লিখুন।

**D, L পদ্ধতিতে নামকরণের ত্রুটি**

আলোক সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিডের নামকরণ ঃ D-গ্লিসার্যালডিহাইডের সাপেক্ষে এর নাম হলো ঃ

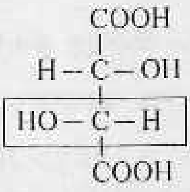


D-টারটারিক অ্যাসিড



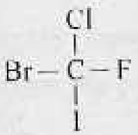
D-গ্লিসার্যালাডিহাইড

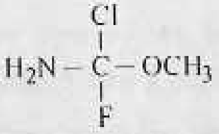
কিন্তু কার্বোহাইড্রেটের সর্বনিম্ন কাইরাল কার্বনের পরমাণ / মূলকের বিন্যাস অনুযায়ী এর নাম হলো ঃ



L–টারটারিক অ্যাসিড

আবার, একটি অপ্রতিসম কার্বনে চারটি কার্বন বিহীন মূলক বা লিগ্যান্ড যুক্ত থাকলে D, L পদ্ধতিতে নামকরণ করা যায় না। যেমন,





এই সকল অসুবিধা দূর করার জন্য কান, ইনগোল্ড এবং প্রেলগ (Cahn, Ingold and Prelog) এই তিনজন বিজ্ঞানী নতুন তথ্য প্রয়োগ করে CIP নামে একটি পদ্ধতির প্রচলন করেন। এই পদ্ধতিটি IUPAC কর্তৃক গৃহীত এবং এটি অণুর প্রকৃত ত্রিমাত্রিক সজ্জার ওপর প্রয়োগ করা হয়। CIP পদ্ধতিতে কাইরাল অণুর ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের নামকরণ R ও S চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই পদ্ধতিকে পরম বিন্যাস (absolute configuration) বা R, S- বিন্যাস (R, S-Configuration) বলা হয়। R বা S কে বাঁকা ছাদের অক্ষরে (italic)এ R বা S লেখা হয়।

## 3.10.9 কাইরাল অণুর R, S নামকরণ ঃ

কোনো কাইরাল অণুর R, S নামকরণের জন্য দুটো নিয়ম বা নীতি প্রয়োগ করা হয় ঃ

(1) কাইরাল অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে যুক্ত মূলক সমূহের পরমাণুগুলোর প্রাধান্যক্রম নিয়ম (priority sequence rule) এবং (2) কাইরালজনিত নিয়ম (chirality rule)।

(1) প্রাধান্যক্রম নিয়ম (কতকগুলি উপনিয়মের সমন্বয়) ঃ Cabcd প্রকৃতির চতুস্তলকীয় কাইরাল অণুর ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে যুক্ত মূলক বা পরমাণু a, b, c, d কে প্রাধান্যক্রম অনুযায়ী সাজানো হয়। প্রাধান্যক্রমের নিয়মের ভিত্তিতে $a>b>c>d$ হয়। পরমাণু বা মূলকের প্রাধান্যক্রম পরমাণু ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভরশীল।

(2) কাইরালজনিত বা কাইরালিটির নিয়ম (chirality rule):

এই নিয়ম অনুযায়ী কাইরাল অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুটিকে সর্বনিম্ন অর্থাৎ চতুর্থ ক্রম বিশিষ্ট পরমাণু বা গ্রুপের (এক্ষেত্রে d) অবস্থানের উল্টোদিক থেকে দেখলে যদি a, b, c এর ধারাবাহিক অবস্থান ঘড়ির কাঁটার আবর্তনমুখী (clockwise) হয় তবে সেই কাইরাল অণুটির নামকরণ R (লাতিন শব্দ rectus মানে right বা ডান) চিহ্ন দ্বারা এবং উপরোক্ত ধারাবাহিক অবস্থান যদি ঘড়ির কাঁটার বিপরীতমুখী

(anticlockwise) হয় তাহলে কাইরাল অনুটির (কনফিগারেশনের) নামকরণ S (লাতিন শব্দ sinister মানে left বা বাম) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(1) প্রাধান্যক্রম নিয়মসমূহ (কতকগুলি নির্বাচিত উপ-নিয়ম নিয়ে গঠিত) ঃ

1. উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যার পরমাণু নিম্ন পারমাণবিক সংখ্যার পরমাণু থেকে অগ্রাধিকার পাবে। যেমন, Br (35) > Cl (17) > S(16) > O(8) > N(7) > C(6) > H(1)

2. উচ্চ পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট পরমাণু নিম্ন পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট পরমাণু থেকে অগ্রাধিকার পাবে। যেমন $T^3 > D^2 > H^1$;   $C^{13} > C^{12}$;   $N^{15} > N^{14}$;   $O^{18} > O^{16}$

3. যখন কোনো কাইরাল কার্বনের সাথে যুক্ত দুটো মূলক সিস্ এবং ট্রান্স সম্পর্কযুক্ত হয় তখন সিস্ মূলক ট্রান্স মূলকের তুলনায় অগ্রাধিকার পাবে।

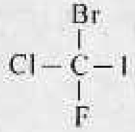
4. যখন কোনো কাইরাল কার্বনের সাথে যুক্ত দুটো মূলক নিজেরাই কাইরাল কেন্দ্র কিন্তু একটির ত্রিমাত্রিক বিন্যাস R এবং অপরটির S তখন R কেন্দ্রযুক্ত মূলক S কেন্দ্রযুক্ত মূলকের থেকে অগ্রাধিকার পাবে।

5. RS অথবা SR অপেক্ষা RR বা SS অগ্রাধিকার পাবে।

উপ-নিয়ম **(subrule)-1 :**

(i) কাইরাল অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে যুক্ত পরমাণুগুলির পারমাণবিক সংখ্যাকে প্রথমে বিবেচনা করতে হবে। যেমন,

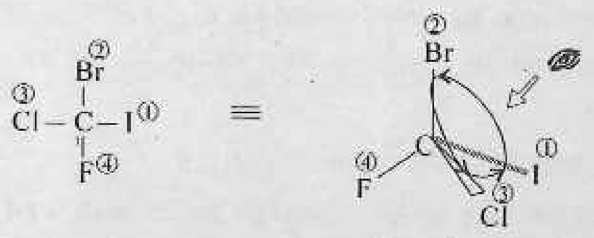
উদাহরণ (a)




এখানে কেন্দ্রীয় কাইরাল পরমাণুর সাথে যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ F (পা. সং 9), Cl (পা. সং 17), Br (পা. সং. 35), I (পা. সং 53)।

অতএব এদের প্রাধান্যক্রম হলো ঃ I > Br > Cl > F

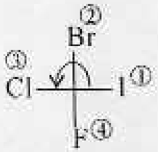
কাইরেলজনিত নিয়ম প্রয়োগ করলে যৌগটির পরম বিন্যাস হয় ঃ



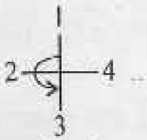

বামাবর্তী আবর্তন বলে S-বিন্যাস

কাইরেলিটির নিয়ম ফিশার গঠন সংকেত এঁকেও প্রয়োগ করা যায়।

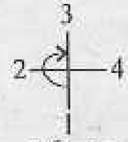
উপরোক্ত যৌগটির ফিশার গঠন সংকেত হলো ঃ



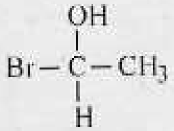
এক্ষেত্রে প্রাধান্য ক্রমের সর্বনিম্ন মূলক/পরমাণুটি ফিশার লম্ব অভিমুখী বন্ধনের নিচে অবস্থান করলে ওপরের তিনটি মূলক/পরমাণুর প্রাধান্যক্রমের অবস্থান ঘড়ির কাঁটার আবর্তনমুখী অনুযায়ী যৌগটির পরম বিন্যাস প্রকাশ করা হয়। এই নিয়মে পাশের যৌগটির পরম বিন্যাস হলো ঃ S-বিন্যাস (S-Configuration). কিন্তু প্রাধান্য ক্রমের সর্বনিম্ন মূলক/পরমাণুটি অনুভূমিক তলে অবস্থান করলে 'খুব ভাল নিয়ম' ('very good rule') অনুযায়ী প্রথম দ্বিতীয় ও তৃতীয় প্রাধান্যক্রমের অবস্থান ঘড়ির কাঁটার বিপরীতমুখী আবর্তন অনুসারে যৌগটির পরম বিন্যাস (absolute configuration) প্রকাশ করা হয়।



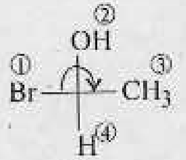
R-বিন্যাস



S-বিন্যাস

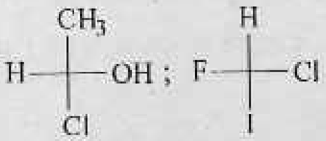
উদাহরণ ঃ **(b)** 

উপরোক্ত যৌগটিতে কেন্দ্রীয় কাইরাল পরমাণু কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ Br(35), OH এর O(8), $CH_3$ এর C(6) এবং H(1)। অতএব এদের প্রাধান্যক্রম হলো ঃ $Br > OH > CH_3 > H$

পরম বিন্যাস ঃ 

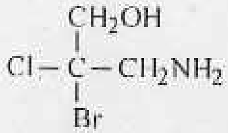
R-বিন্যাস

**অনুশীলনী-7 ঃ** নিচের যৌগগুলির R, S-বিন্যাস লিখুন।

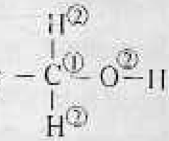
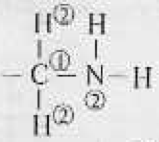


(ii) কাইরাল অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে সরাসরি যুক্ত মূলকের পরমাণুগুলির পারমাণবিক সংখ্যা একই হলে প্রাধান্যক্রম নির্বাচনে মূলকের দ্বিতীয় পরমাণুগুলিকে বিবেচনা করতে হবে। দ্বিতীয় পরমাণুগুলি দিয়েও যদি প্রাধান্যক্রম নির্বাচন করা না যায় তাহলে পরবর্তী পরমাণুগুলি বিবেচনা করতে হবে যতক্ষণ

না পার্থক্য নিরূপিত হচ্ছে। কয়েকটি উদাহরণ দিয়ে বোঝানো হলো ঃ

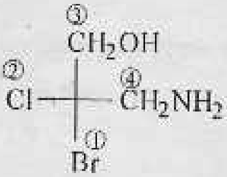
(a) 

এক্ষেত্রে কাইরাল কার্বনের সাথে সরাসরি যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ

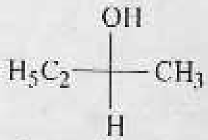
Cl (17), Br (35), $CH_2OH$ এর C(6) এবং $CH_2NH_2$ এর C(6)। অর্থাৎ $-CH_2OH$ এবং $-CH_2NH_2$ মূলক দুটির মধ্যে উভয় ক্ষেত্রেই প্রথম পরমাণু হলো C। প্রথম মূলকের  দ্বিতীয় পরমাণুগুলি (H, H, O) এবং  দ্বিতীয় মূলকের দ্বিতীয় পরমাণুগুলি (H, H, N) বিবেচনা করলে দেখা যাবে যে—$CH_2OH$ এর দ্বিতীয় পরমাণু O এর পারমাণবিক সংখ্যা (8) — $CH_2NH_2$ এর দ্বিতীয় পরমাণু N-এর পারমাণবিক সংখ্যার (7) চেয়ে বেশি। তাই প্রাধান্যক্রমের বিচারে,

$$-CH_2OH > -CH_2NH_2$$

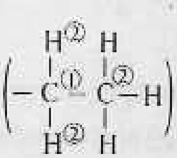
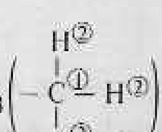
কাইরেলিটির নিয়ম অনুসারে যৌগটির পরম বিন্যাস হলো ঃ



S-বিন্যাস

আরো উদাহরণ ঃ 

এক্ষেত্রে কাইরাল অণুটির কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে সরাসরি যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ

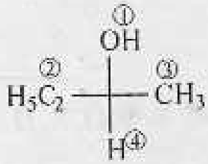
H (1), OH মূলকের O (8), $CH_3$ মূলকের C(6) এবং $CH_3CH_2$ মূলকের C (6) অর্থাৎ $-CH_2CH_3$  এবং $-CH_3$  মূলক দুটির দ্বিতীয় পরমাণুগুলি হলো যথাক্রমে (H, H, C)

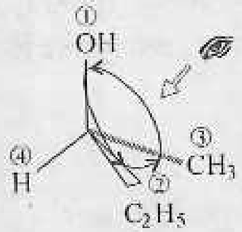
এবং (H, H, H)। প্রথম মূলকের ক্ষেত্রে দ্বিতীয় পরমাণু C-এর পরমাণু সংখ্যা (6) দ্বিতীয় গ্রুপের H পরমাণু সংখ্যা (1) অপেক্ষা বেশি। তাই প্রাধান্যক্রম অনুযায়ী $-CH_2CH_3 > -CH_3$

অতএব যৌগটির মূলকগুলির প্রাধান্যক্রম হলো ঃ

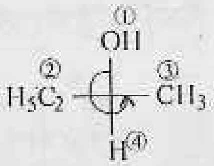
$-OH > -C_2H_5 > -CH_3 > -H$

এবং পরম বিন্যাস হলো ঃ



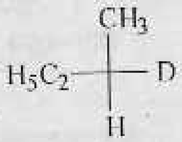


বা

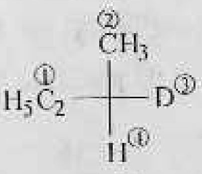


S-বিন্যাস S-বিন্যাস

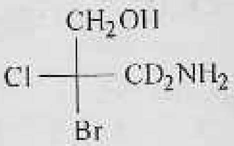
উপরোক্ত নিয়মগুলি প্রবর্তন করে পারমাণবিক সংখ্যা দিয়ে পার্থক্য নিরূপণ করা না গেলে মূলকের পরমাণুগুলির পারমাণবিক ভর বিবেচনা করতে হয়। অর্থাৎ উপনিয়ম-2 ব্যবহার করতে হয়। এক্ষেত্রে অধিকতর ভর সংখ্যা বিশিষ্ট পরমাণু (অর্থাৎ আইসোটোপ) অধিকতর প্রাধান্য পায়। যেমন,

উদাহরণ ঃ (a) 

এক্ষেত্রে প্রাধান্যক্রম হলো ঃ $-CH_2CH_3 > -CH_3 > -D > -H$

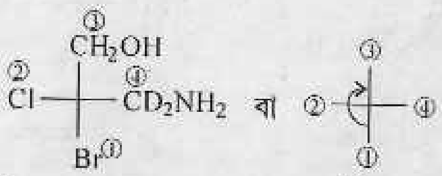


R-পরম বিন্যাস

উদাহরণ ঃ (b) 

এখানে, কাইরাল কার্বনের সাথে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত মূলকগুলির প্রত্যেকটির পরমাণুসমূহের পারমাণবিক সংখ্যাগুলি হলো ঃ

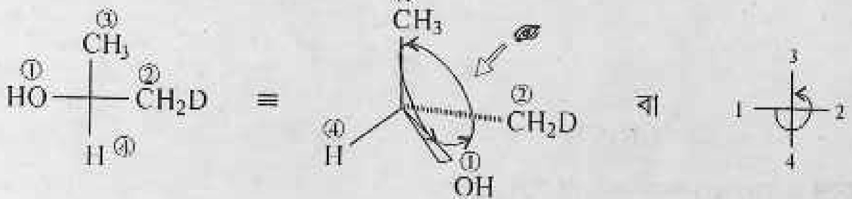
– Cl (17), – Br (35), – $CH_2OH$ এর C(6) এবং – $CD_2NH_2$ এর C(6)। অর্থাৎ – $CH_2OH$ এবং –$CD_2NH_2$ মূলক দুটির প্রথম পরমাণু হলো C। –C①(H②)(H②)–O②–H -এর দ্বিতীয় পরমাণুগুলি হলো H, O, H এবং –C①(D②)(D②)–N②(H)–H -এর দ্বিতীয় পরমাণুগুলি হলো D, N, D। যেহেতু O-এর পারমাণবিক সংখ্যা (8) 'N' এর পারমাণবিক সংখ্যা (7) থেকে বেশি, তাই প্রাধান্যক্রম (priority sequence) অনুযায়ী, –$CH_2OH$ > –$CD_2NH_2$। যৌগটির কাইরাল কার্বনে যুক্ত মূলক/পরমাণুগুলির বিন্যাস (configuration) হলো ঃ



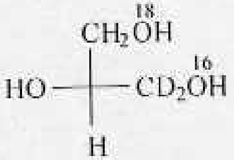

S-বিন্যাস

উদাহরণ ঃ (c) HO – C($CH_3$)(H) – $CH_2D$

এক্ষেত্রে কাইরাল কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ –OH এর O(8), –$CH_3$ এর C(6), –$CH_2D$ এর C(6) এবং H(1)। ফলে –$CH_3$ এবং $CH_2D$ এর মধ্যে প্রাধান্যক্রম নির্ণয় করতে হবে। –$CH_3$ বা –C①(H②)(H②)–H② এবং –$CH_2D$ বা –C①(H②)(H②)–D② গ্রুপের দ্বিতীয় পরমাণুগুলি হলো যথাক্রমে (H, H, H) এবং (H, H, D)। যেহেতু D (ডয়টেরিয়াম) এর ভরসংখ্যা (2) H এর ভরসংখ্যা (1) অপেক্ষা বেশি, তাই প্রাধান্যক্রম নিয়ম অনুযায়ী –$CH_2D$ > –$CH_3$। অর্থাৎ,

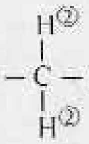


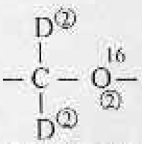

S-বিন্যাস S-বিন্যাস

উদাহরণ ঃ (d) 

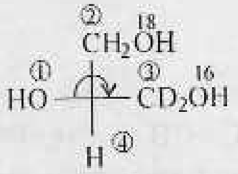
কাইরাল কার্বনের সাথে যুক্ত গ্রুপগুলির প্রত্যেকটির পরমাণুসমূহের পারমাণবিক সংখ্যাগুলি হলো ঃ

$-OH$ মূলকের O (8), $-CH_2\overset{18}{O}H$ মূলকের C(6), $-CD_2\overset{16}{O}H$ মূলকের C(6) এবং H(1)। প্রাধানক্রম অনুযায়ী, প্রথম ও চতুর্থ ক্রম হলো ঃ

$-OH$ এবং $-H$। $-CH_2\overset{18}{O}H$ এবং $-CD_2\overset{16}{O}H$ মূলক দুটির মধ্যে অর্থাৎ  এবং

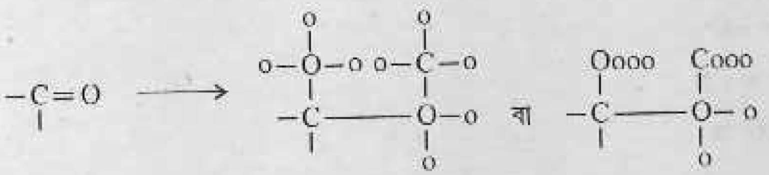
 -এর মধ্যে দ্বিতীয় পরমাণুগুলি হলো যথাক্রমে $(H, H, O^{18})$ এবং $(D, D, O^{16})$। যেহেতু $O^{18}$ পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ভর এই দুটোই D থেকে বেশি, তাই প্রাধান্যক্রম অনুযায়ী

$-CH_2\overset{18}{O}H > -CD_2\overset{16}{O}H$।

অর্থাৎ 

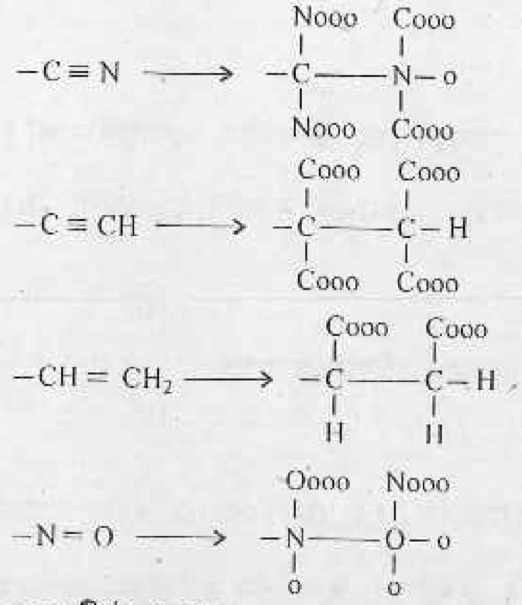
R- পরম বিন্যাস।

6. দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন যুক্ত মূলকের ক্ষেত্রে দ্বি-বন্ধন এবং ত্রি-বন্ধনকে দুটি বা তিনটি পৃথক পৃথক বন্ধনরূপে গণ্য করতে হবে। দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনে যে যে পরমাণু যুক্ত থাকে তাদের প্রত্যেকটি পরমাণুকে যথাক্রমে দু'বার এবং তিনবার করে লিখতে হবে। হাইড্রোজেন ছাড়া প্রতিটি পরমাণুর যোজ্যতা 4 ধরা হয়। যেসব ক্ষেত্রে ঐ পরমাণুর যোজ্যতা 4 থেকে কম সেসব ক্ষেত্রে অবশিষ্ট যোজ্যতাগুলি কল্পিত বা অলীক (phantom) পরমাণু যোগ করে চতুর্যোজী পরমাণুতে পরিণত করতে হবে। এরূপ কল্পিত বা অলীক পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা শূন্য (0) ধরা হয়। প্রাধান্যক্রম নিয়ম অনুযায়ী অলীক পরমাণুর স্থান 'H' এর পরে থাকে। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দিয়ে দেখানো হলো ঃ

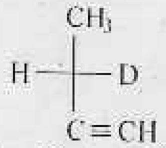


('o' চিহ্ন দ্বারা কল্পিত পরমাণু বোঝানো হয়েছে)

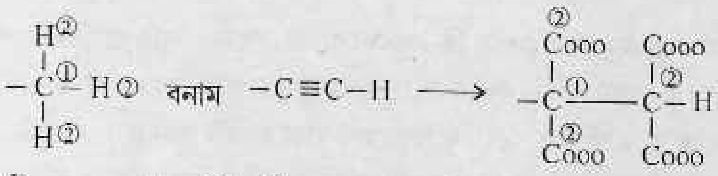
অনুরূপভাবে



কয়েকটি উদাহরণ ঃ

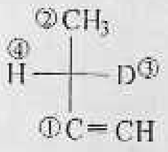
(a) 

উপরোক্ত কাইরাল কার্বনে যুক্ত পরমাণুগুলি হলো ঃ H(1), D(1), $C \equiv CH$ এর C(6) এবং $CH_3$ এর C (6)। উপ-নিয়ম (2) অনুসারে, $D^2 > H^1$। $-CH_3$ এবং $-C \equiv H$ মধ্যে প্রাধান্যক্রম নির্ণয়ের ক্ষেত্রে।

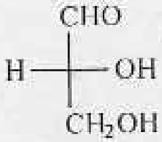


| | | |
|---|---|---|
| (1) C | (1) C | কোনো সিদ্ধান্তে আসা গেল না। |
| (2) H, H, H | (2) C, C, C | |

যেহেতু $C > H$; তাই $-C \equiv CH > -CH_3$

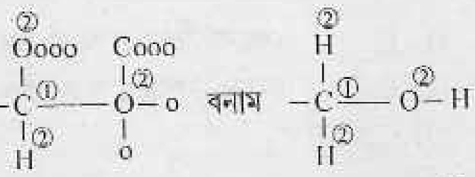
পরম বিন্যাস ঃ 

S-বিন্যাস

(b) 

এখানে কাইরাল কার্বনে যুক্ত পরমাণুগুলি হলো : H (1), OH-এর 0(8), CHO-এর C(6) এবং $CH_2OH$ এর C(6)। তাই প্রাধান্য ক্রম – OH > C > – H

–CHO এবং $-CH_2OH$ এর মধ্যে প্রাধান্যক্রম নির্ধারণ :

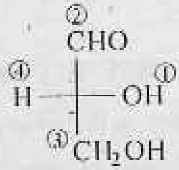



| | | |
|---|---|---|
| (1) C | (1) C | কোনো সিদ্ধান্তে আসা গেল না। |
| (2) O, O, H | (2) O, H, H | |

যেহেতু O (8) > H (1)

অতএব – CHO > $-CH_2OH$

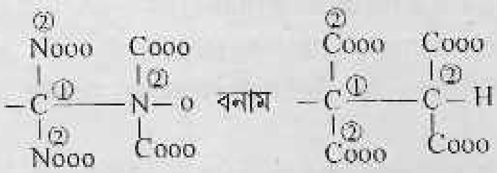
যৌগটির পরম বিন্যাস



R-বিন্যাস

কাইরাল কার্বনে একই পরমাণুযুক্ত মূলকযুক্ত থাকলে তাদের মধ্যে প্রাধান্যক্রম নির্ণয়ের আরও উদাহরণ :

উদাহরণ : (i) $-C \equiv N$ বনাম $-C \equiv CH$

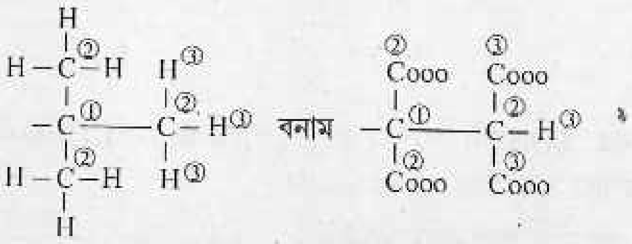



| | | |
|---|---|---|
| (1) C | (1) C | কোনো সিদ্ধান্তে আসা গেল না। |
| (2) N, N, N | (2) C, C, C | |

যেহেতু N (7) > C (6)

অতএব $-C \equiv N > -C \equiv CH$

উদাহরণ ঃ (ii) $-CMe_3$ বনাম $-C\equiv CH$



(যে-কোনো শাখা দেখলেই হবে)

| | |
|---|---|
| (1) C | (1) C কোনো সিদ্ধান্তে আসা গেল না। |
| (2) C, C, C | (2) C, C, C কোনো সিদ্ধান্তে আসা গেল না। |
| (3) H, H, H | (3) C, C, H |

যেহেতু C(6) > H(1)

অতএব, $-C\equiv CH > -CMe_3$

**অনুশীলনী-8 ঃ** নিচের মূলক জোড়গুলির মধ্যে প্রাধান্যক্রম নিরূপণ করুন ঃ

(i) $-C\equiv CH$ বনাম $-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2$

(ii) $-COOH$ বনাম $-CH_3$

## 3.10.10 ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত এবং নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত

কোনো অণুর নির্দিষ্ট পরমাণুর সাথে যুক্ত মূলকগুলির স্থায়ী বিন্যাসকে ত্রিমাত্রিক বিন্যাস বা কনফিগারেশন (configuration) বলে। এই ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের দ্বিমাত্রিক গঠনাকৃতিকে অভিক্ষেপ সংকেতের (projection formula) সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এজন্য নিচের চারটি পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

(1) ফ্লাইংওয়েজ অভিক্ষেপ সংকেত (Flying wedge formula)

(2) ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত (Fischer projection formula)

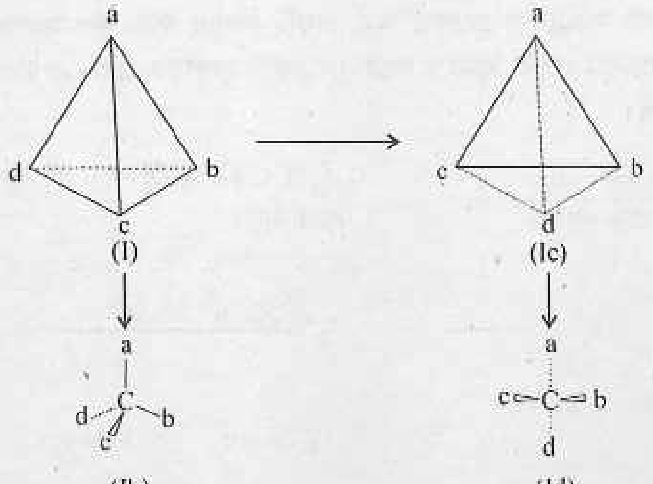
(3) সহর্স অভিক্ষেপ সংকেত (Sawhorse projection formula)

(4) নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত (Newman projection formula)

পাঠ্যক্রম অনুসারে ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত এবং নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত আলোচনা করা হলো।

**ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত ঃ** ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত হলো ত্রিমাত্রিক অণুর একটি দ্বিমাত্রিক অভিক্ষেপ চিত্র।

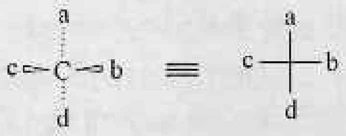
Cabcd চতুস্তলকটির গঠন হলো—(1)। এতে রাসায়নিক বন্ধন আরোপ করলে ত্রিমাত্রিক গঠন সংকেত হয়—(1b)। চতুস্তলকটির অবস্থানের একটু পরিবর্তন করলে (1C) চতুস্তলকটি পাওয়া যায়। এতে রাসায়নিক বন্ধন আরোপ করলে ত্রিমাত্রিক গঠন সংকেত হয় (Id)।



(Ib) (Id)

(Id) গঠন সংকেতে কাগজের তলের নীচের দিক বরাবর বন্ধনকে ভাঙ্গারেখা দ্বারা এবং কাগজের তলের ওপরের দিক বরাবর বন্ধনকে স্থূলরেখা দ্বারা নির্দেশিত হয়েছে। অর্থাৎ (Id) ত্রিমাত্রিক গঠনে অনুভূমিক বন্ধন দুটি কাগজের তলের ওপর দিক বরাবর এবং লম্ব অভিমুখী বন্ধন দুটি কাগজের তলের নিচের দিক বরাবর প্রসারিত রয়েছে। কিন্তু যদি (Id) ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের কাগজ তলে লম্ব অভিক্ষেপ নেওয়া হয় তখন ত্রিমাত্রিক গঠন সংকেতটি দ্বিমাত্রিক গঠনে রূপান্তরিত হয়। এই দ্বিমাত্রিক গঠন সংকেতটি হলো ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত।

অর্থাৎ



ত্রিমাত্রিক সংকেত ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত

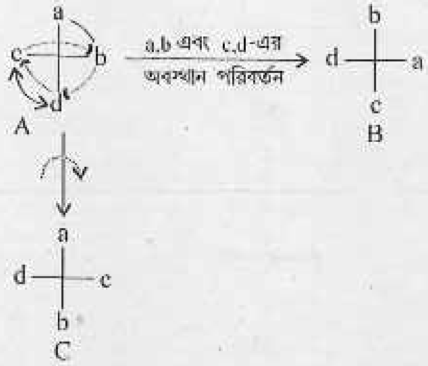
অর্থাৎ ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের ক্ষেত্রে কোনো জৈব যৌগের অপ্রতিসম বা কাইরাল কার্বন পরমাণুকে কাগজের তলে বিবেচনা করা হয়। এর সাথে যুক্ত চারটি সমযোজী বন্ধনের দুটিকে অনুভূমিক রেখা দ্বারা এবং দুটিকে লম্ব অভিমুখী রেখা দ্বারা দেখানো হয়। রেখা দুটি যে বিন্দুতে মিলিত হয় সেখানেই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর অবস্থান ধরা হয়। সাধারণত অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুটি (C) চিহ্নের সাহায্যে দেখানো হয় না।

**ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের বৈশিষ্ট্য এবং সীমাবদ্ধতা ঃ**

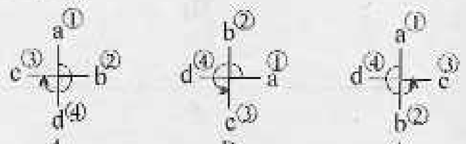
(1) অভিক্ষেপ সংকেতের কোনটিকেই কাগজের তল থেকে তুলে অন্য তলে আবর্তন করা যাবে না। কিন্তু কাগজের তলে 180° বা 360° আবর্তন করা যাবে।

(2) কোনো অভিক্ষেপ সংকেতকে 90° বা 270° আবর্তন করা যাবে না, কারণ এতে অনুভূমিক বন্ধনগুলি কাগজের তলের নীচে এবং লম্ব অভিমুখী বন্ধনগুলি কাগজের তলের ওপরে চলে আসবে যা ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের পরিপন্থী।

(3) একটি ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত অন্য একটি ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতে রূপান্তর দু-ভাবে করা যায় : (a) দু-জোড়া মূলকের বিনিময় করে (b) একটি মূলককে ঠিক রেখে অন্য তিনটি মূলককে পরপর ঘোরানো হলে।




A, B, C প্রত্যেকটি অণুতেই প্রাধান্যক্রম a>b>c>d ধরে নিলে,



A B A

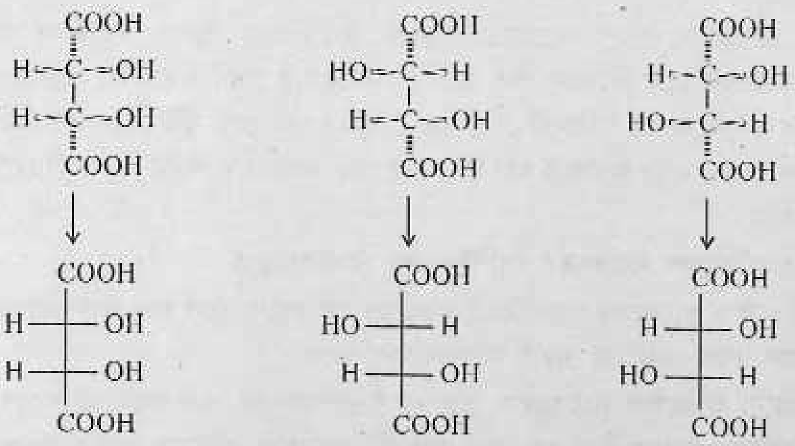
R-বিন্যাস R-বিন্যাস R-বিন্যাস

অতএব, A, B, C তিনটি অণুরই বিন্যাস এক।

অনুশীলনী-9 : নিচের I, II ও III, IV গঠনগুলির মধ্যে সম্পর্ক কী?

(I) (II) (III) (IV)

যখন একটি অণুতে একাধিক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে তখন প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বনের জন্য অনুভূমিক ও লম্ব অভিমুখী রেখা দিয়ে ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত লিখতে হবে। যেমন, টারটারিক অ্যাসিডে (HOOC C*HOH C*HOH COOH) দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু (তারকা চিহ্নিত) বর্তমান। টারটারিক অ্যাসিডের তিনটি ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী সম্ভব। প্রত্যেকটি সমাবয়বীর ত্রিমাত্রিক বিন্যাস ও ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত দেখানো হলো।



আলোক নিষ্ক্রিয় মেসো-টারটারিক অ্যাসিড আলোক সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড

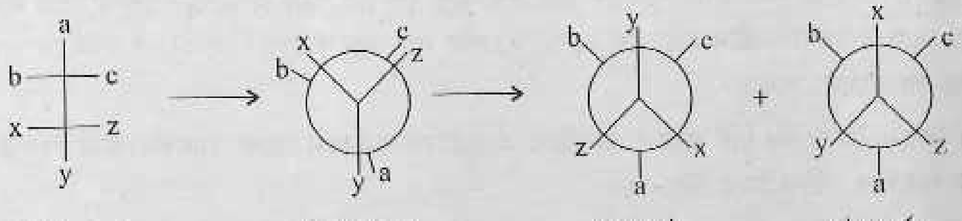
অনুশীলনী-10

ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত কী ? ল্যাকটিক অ্যাসিডের ($CH_3\overset{*}{C}HOHCOOH$) ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত লিখে প্রত্যেকটির R, S-পদ্ধতিতে নামকরণ করুন।

**নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত** (Newman projection formula) ঃ নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণু অতি অবশ্যই দরকার। এরা কাইরাল (অপ্রতিসম) বা অ্যাকাইরাল (প্রতিসম) উভয়ই হতে পারে। এই দুটি সন্নিহিত কার্বনকে একটি বৃত্তের সাহায্যে দেখানো হয়। বৃত্তের কেন্দ্রবিন্দুকে অণুর সামনের কার্বন এবং পরিধিকে অণুর পিছনের কার্বনরূপে দেখানো হয়। অণুটির কার্বন-কার্বন (C–C) বন্ধনকে নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে দেখা যায় না। প্রতিটি কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণু / মূলক গুলিকে ছোটো ছোটো সরলরেখার সাহায্যে দেখানো হয়। নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে C–C অক্ষরেখাকে কেন্দ্র করে একটি কার্বনের পরিপ্রেক্ষিতে অপরটিকে আবর্তন করা যায়। এই আবর্তনের ফলে সৃষ্ট ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীগুলিকে কনফরমেশনঘটিত (conformational) ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী বলে।

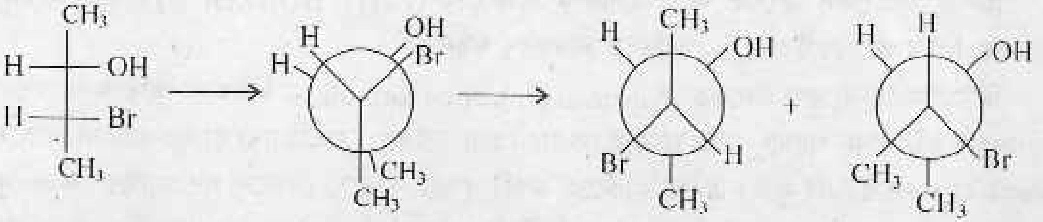
নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত

দুই কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতকেই নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে রূপান্তরিত করা হয়। ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের নিচের কাইরাল কার্বনকে নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে সামনের কার্বন ধরা হয়।




(ইক্লিপস্ড) (eclipsed) → (ইক্লিপস্ড) (eclipsed) → (স্ট্যাগার্ড) (staggered) + (স্ট্যাগার্ড) (staggered)

উদাহরণ ঃ 3-ব্রোমোবিউটান-2-অল-এর নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত দেখানো হলো।




3-ব্রোমোবিউটান-2-অল (স্থিতিশীল) (কম স্থিতিশীল)

## 3.11 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যেগুলি জেনেছেন সেগুলি হলো ঃ

প্রচলিত ও IUPAC পদ্ধতিতে কীভাবে জৈব যৌগের নামকরণ করা হয়। প্রচলিত পদ্ধতিতে জৈব যৌগের উৎস, প্রস্তুতির ইতিহাস প্রভৃতির সাহায্য নেওয়া হয়। IUPAC পদ্ধতিতে নিরবচ্ছিন্ন দীর্ঘতম কার্বন-শৃঙ্খল নির্বাচন করে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামানুসারে মূল নাম দেওয়া হয়। এরপর মূলনামের সাথে প্রিফিক্স ও সাফিক্স যোগ করে IUPAC নামকরণ করা হয়। একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট জৈব যৌগের বিভিন্ন গঠনাকৃতির যৌগগুলিকে সমাবয়বী বলে এবং ঘটনাকে সমাবয়বতা বলে। সমাবয়বতা দু'প্রকারের হয়—গঠনঘটিত এবং ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা। জৈব অণুর মধ্যস্থ পরমাণু / মূলকের আপেক্ষিক বিন্যাসের ফলে যে ধরনের সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে গঠনগত সমাবয়বতা বলে। গঠনগত সমাবয়বতাকে আবার কাঠামোগত, অবস্থানগত, কার্যকরী মূলকগত এবং মেটামেরিজমের মধ্যে ভাগ করা হয়। একই গঠন কাঠামোর জৈব যৌগের অণুতে একই কার্যকরী মূলকের আলাদা আলাদা ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের ফলে যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা বলে। এগুলি দু'প্রকারের হয়—জ্যামিতিক সমাবয়বতা এবং আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা। দ্বি-বন্ধনের কার্বনের সাথে যুক্ত পরমাণ/মূলক গুলি দুটি ভিন্ন সমাবয়বী রূপে থাকতে পারে। সদৃশ পরমাণু / মূলকগুলি দ্বি-বন্ধনের একই দিকে থাকলে সিস্ এবং বিপরীতদিকে থাকলে ট্রান্স সমাবয়বী বলে। এই সমাবয়বী দুটি জ্যামিতিক সমাবয়বী এবং ঘটনাটি জ্যামিতিক সমাবয়বতা। জৈব যৌগের চতুস্তলকীয় ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামোয় কার্বনের চারটি বন্ধন চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলকের সাথে যুক্ত থাকলে দুটি সমাবয়বীর সৃষ্টি হয়। এই সমাবয়বী দুটি যদি একে অপরের দর্পন প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত হয় এবং এরা উপরিপাতবিহীন হয় তবে এদের আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বী বলে। এই ঘটনাকে আলোক সম্বন্ধযুক্ত সমাবয়বতা বলে।

● কোনো জৈব যৌগ যদি সমতল সমবর্তিত আলোকের সমবর্তন তলের আবর্তন ঘটায় তবে ঐ জৈব যৌগকে আলোক সক্রিয় জৈব যৌগ বলে।

● জৈব যৌগের অণু মধ্যস্থিত কার্বন পরমাণুতে চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে ঐ কার্বন পরমাণুকে অপ্রতিসম বা কাইরাল (chiral) কার্বন বলে। অণু ও তার প্রতিবিম্বের আণবিক মডেল তৈরি

করে একটিকে অপরটির ওপর স্থাপন করলে যদি উপরিপাতবিহীন হয় তবে অণুটি কাইরাল অন্যথায় অ্যাকাইরাল হবে। কাইরেলিটি অন্যভাবেও জানা যায়। যেমন, অণুটির মধ্যে যদি প্রতিসাম্য তল, σ বা প্রতিসাম্য কেন্দ্র, 'i' বা প্রতিসাম্যের একান্তর অক্ষ, 'Sn' অনুপস্থিত থাকে তবে অণুটি কাইরাল অন্যথায় অ্যাকাইরাল হবে। প্রতিসাম্য তল, σ হলো একটি কাল্পনিক তল যা অণুকে এমন দুভাগে ভাগ করে যে অণুর একটি ভাগ অপর ভাগটির প্রতিবিম্ব হয়। প্রতিসাম্য কেন্দ্র 'i' হলো অণুমধ্যস্থ এমন একটি বিন্দু যে অণুর কোনো পরমাণু বা মূলক থেকে ঐ বিন্দু বরাবর অঙ্কিত সরলরেখা বিন্দু অপর প্রান্তে সমপরিমাণ বাড়ালে অনুরূপ পরমাণু বা মূলকে মিলিত হয়। প্রতিসাম্যের একান্তর অক্ষ Sn অণুর মধ্যে এমন একটি অক্ষ যে ঐ অক্ষকে কেন্দ্র করে অণুটিকে $\frac{360^o}{n}$ কোনে আবর্তন করে আবর্তিত গঠনাকৃতিকে যদি ঐ অক্ষের লম্বভাবে অবস্থিত দর্পণে প্রতিফলিত করা হয় তবে প্রতিবিম্বের আকৃতি ও আবর্তনের পূর্বে অণুর আকৃতি অবিকল এক হয়।

● আলোক সক্রিয় দুটি সমাবয়বী যখন একে অপরের দর্পন প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত হয় তখন এদের এনানসিওমার বলে। আবার যখন দুই বা ততোধিক ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী একে অপরের দর্পন প্রতিবিম্ব সম্বন্ধযুক্ত হয় না তখন তাদের ডায়াস্টিরিওআইসোমার বলে।

● কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের একই দিকের দুটি কার্বনে অধিক গুরুত্বের পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে Z এবং বিপরীতদিকের কার্বনে যুক্ত থাকলে E-সমাবয়বী বলে।

● কার্বোহাইড্রেটের সর্বনিম্ন অপ্রতিসম কার্বনের বিন্যাস অনুযায়ী D, L নামকরণ করা হয়। OH মূলক ডানদিকে থাকলে D এবং বামদিকে থাকলে L নাম হয়। অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্ষেত্রেও ডানদিকে $NH_2$ মূলক থাকলে D এবং বামদিকে থাকলে L নাম হয়।

● কাইরাল অণুর ক্ষেত্রে R, S নামকরণ করা হয়। এজন্য দুটো নিয়ম প্রয়োগ করা হয়।

(1) কাইরাল কেন্দ্রে যুক্ত পরমাণু/মূলক সমূহের প্রাধান্যক্রম নির্ণয়।

(2) কাইরালিটি নিয়ম।

(1) প্রাধান্যক্রম নির্ণয়ে উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যা ও উচ্চ পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট পরমামু নিম্ন পারমাণবিক সংখ্যা বা নিম্ন পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট পরমাণু থেকে অগ্রাধিকার পাবে।

(2) প্রাধান্যক্রম নির্ণয় হয়ে গেলে চতুর্থ ক্রম বিশিষ্ট পরমাণু/মূলকের উল্টোদিক থেকে দেখলে যদি প্রাধান্যক্রমের ধারাবাহিক অবস্থান ঘড়ির কাঁটার আবর্তনমুখী হয় তবে R এবং এর উল্টো হলে S নামকরণ করা হয়।

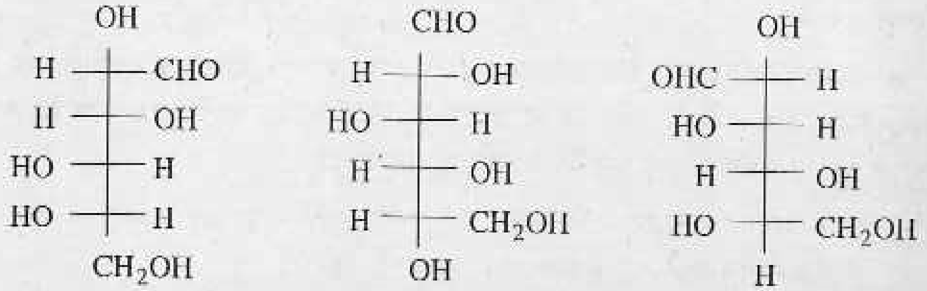
● ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতে কোনো জৈব অণুর অপ্রতিসম কার্বনকে কাগজের তলে বিবেচনা করা হয়। লম্ব অভিমুখী বন্ধন দুটি কাগজের তলের নিচের দিক বরাবর ভাঙ্গারেখা দ্বারা এবং অনুভূমিক বন্ধন দুটি কাগজের তলের ওপরের দিক বরাবর স্থূলরেখা দ্বারা দেখানো হয়।

দুই কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে দুটি সন্নিহিত কার্বনকে একটি বৃত্তের সাহায্যে দেখানো হয়। বৃত্তের কেন্দ্রবিন্দুতে অণুর সামনের কার্বন এবং পরিধিকে অণুর পিছনের কার্বনরূপে দেখানো হয়। C–C বন্ধনকে দেখা যায় না।

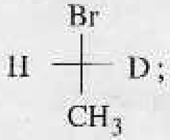
## 3.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

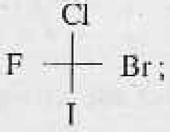
(1) যে-কোনো 10টি প্রচলিত যৌগের আণবিক গঠন লিখে সেগুলির IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করুন।

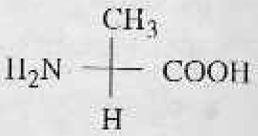
(2) নিচের যৌগগুলির মধ্যে একটির গঠন হলো D-গ্লুকোজ, অন্যটির L-গ্লুকোজ এবং তৃতীয়টি এদের কোনটিই নয়। কোনটি কী ? উত্তর দিন।




(3) নিচের অণুগুলির R, S-বিন্যাস (configration) লিখুন।

(a) 

; (D) 

; (c) 


(4) টারটারিক অ্যাসিডের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীগুলির ফিশার-অভিক্ষেপ সংকেত আঁকুন। এদের মধ্যে কোনগুলি আলোক-সক্রিয় এবং কোনগুলি আলোক-সক্রিয় নয় কারণসহ বলুন।

(5) আলোক নিষ্ক্রিয় মেসো টারটারিক অ্যাসিডের নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত লিখুন।

(6) সংক্ষিপ্ত টীকা লিখুন :

(a) আলোক-সক্রিয় জৈব যৌগ।

(b) সিস্-ট্রান্স সমাবয়বতা

(c) মেটামেরিজম

## 3.13 উত্তরমালা

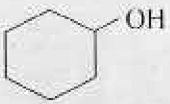
**অনুশীলনী-1**

(1) (i) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-CH_2-NH_2$

(ii) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

(iii) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-Cl$

(iv) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-Cl$

(v) 


(2) জৈব রসায়নের গোড়ার দিকে জৈব যৌগগুলির উৎস এবং ভৌত ধর্মের প্রকাশ অনুযায়ী কিছু নামকরণ ঘটে। যেমন, লাল পিঁপড়ের লাতিন নাম ফরমিকা (formicae) থেকে ফরমিক অ্যাসিড, লেবু জাতীয় (citrus) গাছ থেকে সাইট্রিক অ্যাসিড, ভিনিগার (লাতিন acetum) থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের নাম অ্যাসিটিক অ্যাসিড। এইভাবে নামকরণকে প্রাচীন নাম বা প্রচলিত নাম বলে।

| প্রাচীন যৌগের নাম | আণবিক গঠন |
|---|---|
| (i) মিথাইল অ্যালকোহল | $CH_3OH$ |
| (ii) অ্যাসিটোন | $CH_3COCH_3$ |
| (iii) ফরমিক অ্যাসিড | $HCOOH$ |
| (iv) অ্যাসিটিক অ্যাসিড | $CH_3COOH$ |
| (v) সাইট্রিক অ্যাসিড | $HO_2CCH_2C(OH)\,(COOH)\,CH_2COOH$ |
| (vi) গ্লিসারল | $HOCH_2CHOHCH_2OH$ |
| (vii) ইউরিয়া | $NH_2CONH_2$ |
| (viii) অক্সালিক অ্যাসিড | $HOOC-COOH$ |
| (ix) ল্যাকটিক অ্যাসিড | $CH_3CH(OH)COOH$ |
| (x) টারটারিক অ্যাসিড | $HOOC-CHOH-CHOH-COOH$ |

অনুশীলনী-2

(i) 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রোপান্যাল

(ii) বিউট-3-ইন-2-ওন

(iii) 2-মিথাইলবিউট-3-আইন-1-অ্যাল

(iv) 3-কিটোবিউটানোয়িক অ্যাসিড বা 3-অক্সোবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(v) 3-ফরমাইলবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(vi) 3-হাইড্রক্সি-2, 2-ডাইমিথাইলবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(vii)
$$\begin{array}{l} CH_3-CH_2-\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3 \\ \qquad\qquad\qquad | \qquad\quad | \\ \qquad\qquad\ {}^{1}CHO \quad CH_3 \end{array}$$

2-ইথাইল-3-মিথাইলপেন্টান্যাল

(viii)
$$\begin{array}{l} \overset{5}{C}H_2=\overset{4}{C}-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_3 \\ \qquad\quad | \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\ CH_3 \qquad\quad OH \end{array}$$

4-মিথাইলপেন্ট-4-ইন-2-অল

(ix)
$$\begin{array}{l} \overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_2OH \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad\qquad CH_3 \end{array}$$

2 মিথাইলপেন্ট-3-আইন-1-অল

(x)
$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad\ \ O \\ \qquad\qquad\qquad\ \ \| \\ CH_3-CH-C-O-\overset{1}{C}H_2\overset{2}{C}H_3 \\ \qquad\quad | \\ \qquad\ CH_3 \end{array}$$

যৌগটি এস্টার শ্রেণিভুক্ত এবং এর নাম হবে অ্যালকিল অ্যালকানোয়েট। অ্যালকক্সিল মূলকের অ্যালকিন অংশের সংখ্যায়ন সর্বদা অক্সিজেন পরমাণুর পরের কার্বন থেকে শুরু করা হয়। এক্ষেত্রে ইথাইল। ইথাইল মূলকের পরিবর্তে H বসালে যে অ্যাসিডটি পাওয়া যাবে তার নাম হবে 2-মিথাইলপ্রোপানোয়িক অ্যাসিড।

সুতরাং, IUPAC নাম ঃ ইথাইল 2-মিথাইলপ্রোপানোয়েট।

অনুশীলনী-3

3.20.6 পাঠ্যাংশ দেখুন।

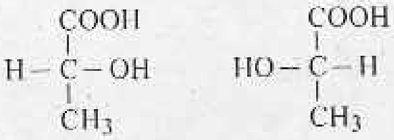
অনুশীলনী-4

(i) Z, (ii) কোনোটাই নয় ; (iii) Z

অনুশীলনী-5

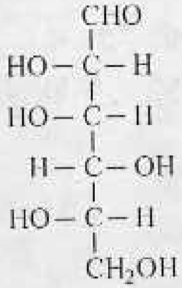
D এবং L দ্বারা যৌগের বিন্যাসকে (configuration) বুঝায়।

ল্যাকটিক অ্যাসিডের ফিশার-অভিক্ষেপ সংকেত হলো ঃ

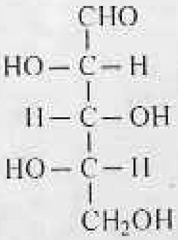


এরূপ বিন্যাসের যে গঠনে OH মূলক ডানদিকে থাকে তাকে D এবং যে গঠনে OH মূলক বাম দিকে থাকে সেটিকে L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

অনুশীলনী-6



L-ম্যানোজ

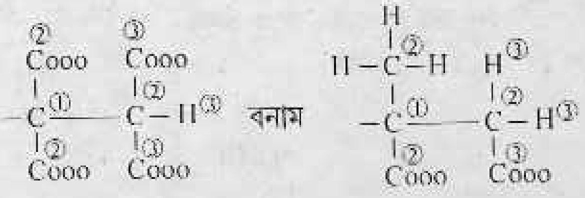


L-অ্যারবিনোজ

অনুশীলনী-7

R-; S-

অনুশীলনী-8 (i) $-C\equiv CH$ বনাম $-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2$



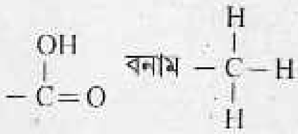

(1) C
(2) C, C, C
(যোজ্যতাগুলি দেখানো হয় না)
(3) C, C, H

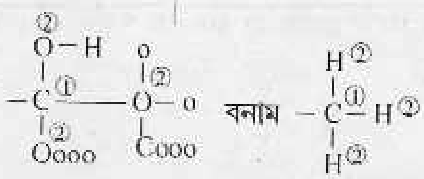
(1) C একই, ফলে কোনো সিদ্ধান্ত নেওয়া গেল না
(2) C, C, C একই, ফলে সিদ্ধান্ত হলো না।

(3) H, H, C বা C, H, H; C > H

অতএব $-C \equiv CH > -\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$

(ii) $-COOH$ বনাম $-CH_3$

বা 

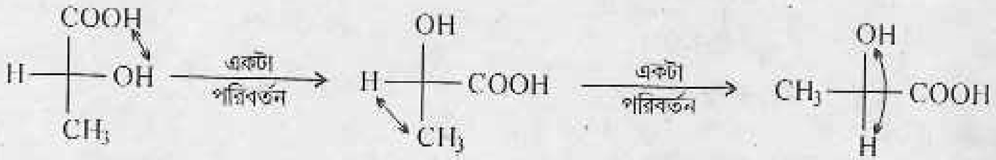


(1) C      (1) C   সিদ্ধান্ত হলো না।

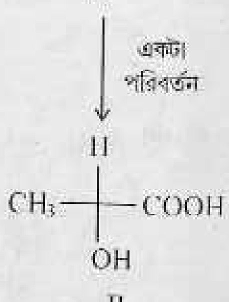
(2) O, O, O    (2) H, H, H যেহেতু $O(8) > H(1)$

অতএব, $-COOH > -CH_3$

অনুশীলনী-9




I




II

I থেকে II তে যেতে হলে তিনটি পরিবর্তন করা দরকার। ফলে অযুগ্ম পরিবর্তনের জন্য এনানসিওমার। অর্থাৎ I ও II এনানসিওমার।

III      IV

∴ III ও IV এনানসিওমার।

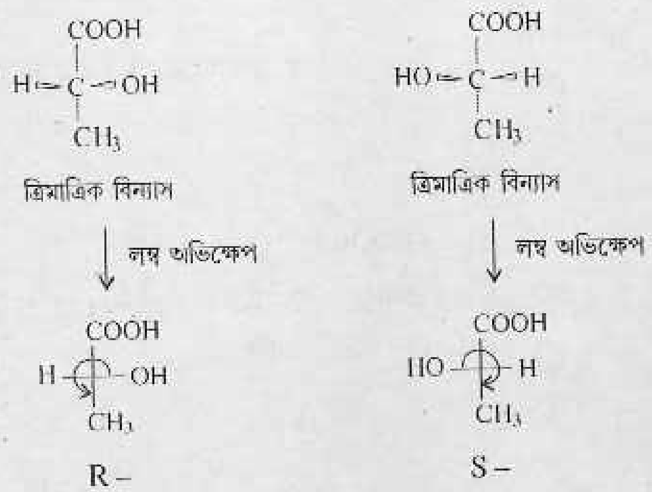
অনুশীলনী-10

প্রথম অংশটি পাঠ্যপুস্তকে দেখুন (3.20.10)

ল্যাকটিক অ্যাসিডের $\overset{3}{C}H_3-\overset{2*}{C}H(OH)-\overset{1}{C}OOH$ ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত নিম্নভাবে লেখা যায় ঃ

ল্যাকটিক অ্যাসিড অণুটিকে লম্ব অভিমুখী মূল শৃঙ্খল হিসাবে দেখুন যার $C_1$ (সবচেয়ে জারিত মূলক) শৃঙ্খলের ওপরে থাকে। দুটি বন্ধনই কাগজের তলের নিচের দিকে থাকে।

এরপর H পরমাণু ও OH মূলককে $C_2$ এর সাথে যোগ করুন। এটা দুভাবে হতে পারে ঃ দুটি বন্ধনই কাগজের তলের ওপরের দিকে থাকে।




প্রাধান্যক্রম ঃ $OH > COOH > CH_3 > H$

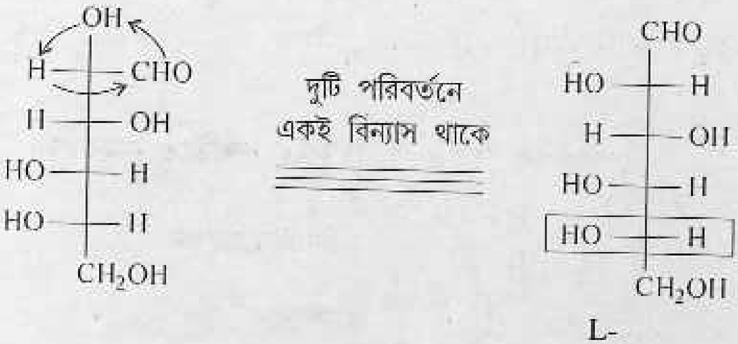
সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1)

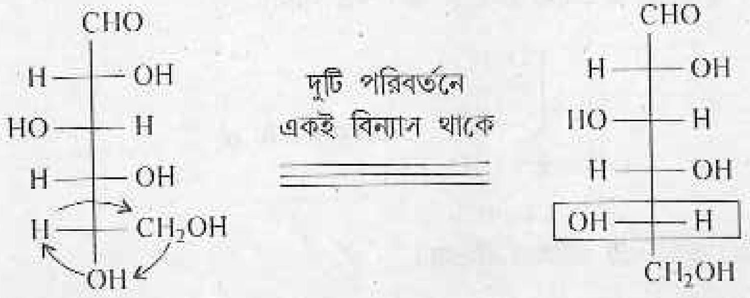
| প্রচলিত নাম | আণবিক গঠন | IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ |
|---|---|---|
| (i) আইসোবিউটেন | $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ | 2-মিথাইলপ্রোপেন |
| (ii) অ্যাসিটোন | $CH_3COCH_3$ | প্রোপানোন |
| (iii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড | $CH_3COOH$ | ইথানোয়িক অ্যাসিড |

| | | |
|---|---|---|
| (iv) ল্যাকটিক অ্যাসিড | $CH_3CH(OH)COOH$ | 2-হাইড্রক্সিপ্রোপানোয়িক অ্যাসিড |
| (v) অক্সালিক অ্যাসিড | $COOH$<br>$\vert$<br>$COOH$ | ইথেনডাইওয়িক অ্যাসিড |
| (vi) ইথাইল অ্যাসিটেট | $CH_3COOC_2H_5$ | ইথাইল ইথানোয়েট |
| (vii) অ্যাসিটামাইড | $CH_3CONH_2$ | ইথেন্যামাইড |
| (viii) গ্লিসারিন | $CH_2OH$<br>$\vert$<br>$CHOH$<br>$\vert$<br>$CH_2OH$ | 1,2,3-ট্রাইহাইড্রক্সিপ্রোপেন |
| (ix) টারটারিক অ্যাসিড | $COOH$<br>$\vert$<br>$CHOH$<br>$\vert$<br>$CHOH$<br>$\vert$<br>$COOH$ | 2, 3-ডাইহাইড্রক্সিবিউটেনডাইওয়িক অ্যাসিড |
| (ix) সাইট্রিক অ্যাসিড | $^{1}CH_2-COOH$<br>$\vert$<br>$HO-{}_2C-COOH$<br>$\vert$<br>$^{3}CH_2-COOH$ | 2-হাইড্রক্সিপ্রোপেন-1, 2, 3- ট্রাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড |

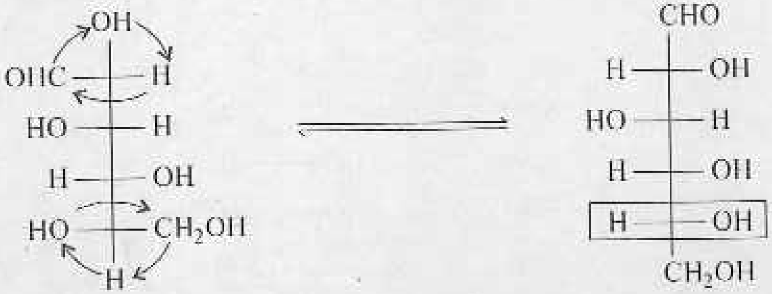
(2)




L-

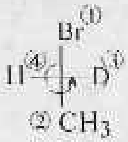



L-

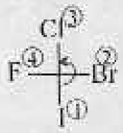


D

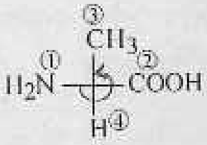
তৃতীয়টি D-শ্রেণির। অতএব এটিই D-গ্লুকোজ। এর দর্পন প্রতিবিম্ব হলো প্রথমটি। অতএব প্রথমটি L-গ্লুকোজ। দ্বিতীয়টি D- বা L গ্লুকোজের কোনোটিই নয়।

(3) (a) 

R-

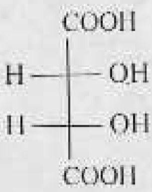
(b) 

R-

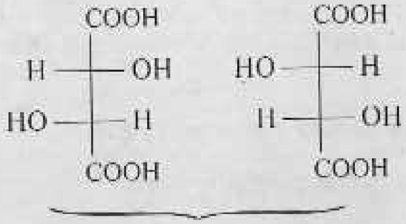
(c) 

S-

(4) টারটারিক অ্যাসিডের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীগুলির ফিশারসংকেতগুলি হলো ঃ

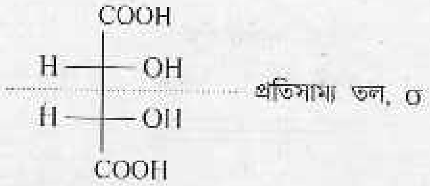


মেসো-টারটারিক অ্যাসিড
আলোক নিষ্ক্রিয়



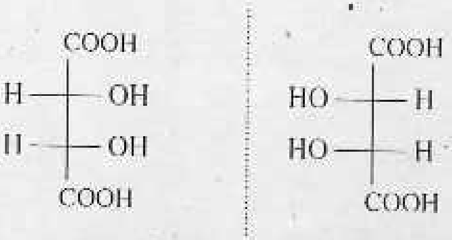
আলোক সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড

মেসো-টারটারিক অ্যাসিডে প্রতিসাম্য তল, σ উপস্থিত থাকায়




অণুটি অ্যাকাইরাল। ফলে এটি আলোকনিষ্ক্রিয়।

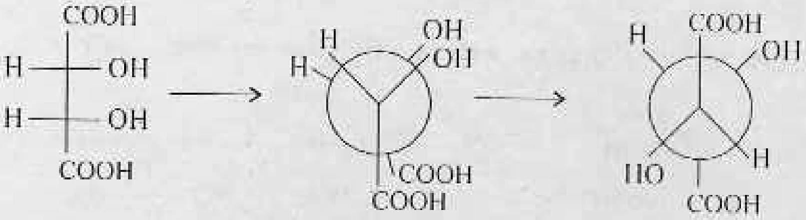
আলোক সক্রিয় যে নয় তা অন্য ভাবেও জানা যেতে পারে। সেটি হলো অণু ও তার দর্পন প্রতিবিম্বের আণবিক মডেল তৈরি করে একটিকে অন্যটির ওপর স্থাপন করা। উপরিপাত হলে অ্যাকাইরাল না হলে কাইরাল।




এক্ষেত্রে উপরিপাত ঘটবে। ফলে অ্যাকাইরাল এবং আলোকনিষ্ক্রিয়। অপর দুটি ফিশার সংকেতের এভাবে আণবিক মডেল তৈরি করে একটিকে অন্যটির ওপর স্থাপন করে উপরিপাত ঘটছে কি না দেখতে হবে। এক্ষেত্রে দেখা যাবে উপরিপাত ঘটছে না। ফলে উভয় অণুই কাইরাল হবে এবং আলোক সক্রিয় হবে।

প্রতিসাম্য উপাদান দিয়ে পরীক্ষা করলেও দেখা যাবে এদের মধ্যে $\sigma$, i, Sn সবকটি অনুপস্থিত। ফলে কাইরাল এবং আলোক সক্রিয় হবে।

(5)




মেসো-টারটারিক অ্যাসিড (আলোক-নিষ্ক্রিয়)

(6) (a), (b), ও (c) জন্য পাঠ্যাংশ দেখুন।

# 3 C অজৈব যৌগ

## গঠন

3.1. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.2. জটিল যৌগের সংজ্ঞা

জটিল যৌগ ও দ্বৈত লবণের পার্থক্য

3.3. ভার্নার তত্ত্ব

3.4. জটিল যৌগের নামকরণ

3.5. প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

সারাংশ

3.5.A. উত্তরমালা

## 3.1. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

প্রস্তাবনা ঃ

সন্ধিগত মৌলের আলোচনার সময় আপনারা জেনেছেন যে, ঐ মৌলগুলি বহু সংখ্যক জটিল যৌগ গঠন করে। জটিল যৌগের সঙ্গে মানুষের পরিচয় প্রাচীন কাল থেকে। কিন্তু ঐ যৌগগুলির সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা ছিল না। জটিল যৌগের সংখ্যা যত বাড়তে লাগল, তাদের সম্পর্কে আগ্রহও বৃদ্ধি পেল। এদের গঠন সম্পর্কে প্রথম সুস্পষ্ট ধারণা দেন অ্যালফ্রেড ভার্নার। এই অংশটিতে ভার্নারের মতবাদ সম্পর্কে আলোচনা করা হবে। জটিল যৌগের সংখ্যা অত্যন্ত দ্রুত বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং তাদের নামকরণ নিয়ে সমস্যা দেখা দিচ্ছে। এই সমস্যা নিরসনের জন্য IUPAC কিছু নির্দেশিকা দিয়েছেন। এই নির্দেশিকাগুলির ভিত্তিতে জটিল যৌগগুলির নামকরণের পদ্ধতিও এই অংশে আলোচিত হবে।

### উদ্দেশ্য :

এই অংশটিতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি তুলে ধরা হয়েছে—

- জটিল যৌগের সংজ্ঞা।
- দ্বৈতলবণ ও জটিল যৌগের পার্থক্য।
- ভার্নারের মতবাদ।
- জটিল যৌগের নামকরণ।

## 3.2. জটিল যৌগের (Complex Salt) সংজ্ঞা ঃ

দুই বা ততোধিক সরল যৌগের সম্মিলনে উৎপন্ন কোন যৌগ যদি কঠিন অবস্থায় এবং জলীয় দ্রবণে তার স্বকীয়তা বজায় রাখে, তবে ঐ যৌগকে জটিল যৌগ বলা হয়। উদাহরণ ঃ

এক মোল ফেরাস সায়ানাইড ($Fe\,(CN)_2$) এবং চার মোল পটাশিয়াম সায়ানাইড (KCN) জলে দ্রবীভূত করে ঐ দ্রবণকে কেলাসিত করলে হালকা হলুদ রঙের পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড কেলাসিত হয়। পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড জলে দ্রবীভূত করলে $K^+$ এবং $[\,Fe\,(CN_6]^4$ এই দুটি আয়ন পাওয়া যায় ;—$Fe^{2+}$ এবং CN আয়ন পাওয়া যায় না। সুতরাং পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড কঠিন অবস্থায় এবং জলীয় দ্রবণে স্বকীয়তা বজায় রাখে। পটাশিয়াম পেরোসায়ানাইড একটি জটিল যৌগকে 'সবর্গীয় যৌগ' (Coordination Compound) ও বলা হয়।

## দ্বৈত লবণ ও জটিল যৌগের পার্থক্য ঃ

এক মোল $K_2SO_4$ এবং এক মোল $Al_2(SO_4)_3$ জলে দ্রবীভূত করে ঐ দ্রবণকে কেলাসিত করলে 'পটাশ-অ্যালাম' ($K_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, 24 $H_2O$) এর বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়। কঠিন অবস্থায় পটাশ অ্যালামের আকৃতি পটাশিয়াম সালফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের থেকে আলাদা। কিন্তু জলীয় দ্রবণে এটি $K_2SO_4$ এবং $Al_2(SO_4)_3$ এর মিশ্রণের মত আচরণ করে। এই ধরনের যৌগকে বলা হয় দ্বৈত লবণ (Double Salt)। অর্থাৎ 'দুই বা ততোধিক সরল যৌগ থেকে উৎপন্ন কোন যৌগ যদি কঠিন অবস্থায় স্বকীয়তা বজায় রাখে কিন্তু জলীয় দ্রবণে সরল যৌগগুলির মিশ্রণের ন্যায় আচরণ করে তবে সেই যৌগকে 'দ্বৈত লবণ' বলে।

অনুশীলনী— 1

পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড একটি জটিল যৌগ কিন্তু মোরের লবণ দ্বৈত-লবণ কেন?

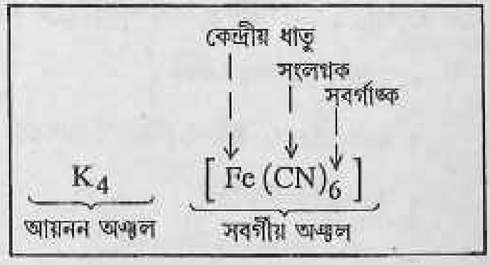
## 3.3. ভার্নার তত্ত্ব ঃ

জটিল যৌগগুলির প্রকৃতি ব্যাখ্যা করার জন্য ভার্নার (Alfred Werner) 1893 সালে একটি তত্ত্ব উপস্থাপিত করেন। এজন্য 1913 সালে তিনি নোবেল পুরস্কার পান। ভার্নার তত্ত্বের মুল স্বীকার্যগুলি হল—

[1] ধাতুগুলির দু'ধরণের যোজ্যতা থাকে—

(ক) প্রাথমিক (Primary) বা মুখ্য (Principal) যোজ্যতা—যা সব সময়েই পূর্ণ হয়।

(খ) গৌণ (Secondary) যোজ্যতা—যা কেবলমাত্র জটিল যৌগ গঠনের সময় পূর্ণ হয়।



[2] প্রত্যেক মৌলের গৌণ যোজ্যতা নির্দিষ্ট। এই সংখ্যাকে বলা হয় সবর্গাঙ্ক (Coordination number)।

[3] প্রাথমিক যোজ্যতা কেবলমাত্র ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা পূর্ণ হয়। কিন্তু গৌণ যোজ্যতা পূর্ণ করতে পারে প্রশম অণু, ঋণাত্মক আয়ন এমনকি ধনাত্মক আয়ন।

[4] কেন্দ্রীয় ধাতুর গৌণ যোজ্যতা পূর্ণকারী অণু বা আয়নগুলিকে বলা হয় সংলগ্নক (Ligand)। কেন্দ্রীয় ধাতু এবং সংলগ্নকগুলি বর্গ বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয়। এই অংশটিকে বলা হয় সবর্গীয় অঞ্চল (Coordination Sphere)। এটি একটিমাত্র আয়নের সৃষ্টি করে—অধিক আয়নিত হয়।

সবর্গীয় অঞ্চলের বাইরের অংশের স্বাভাবিক ভাবে আয়নন ঘটে। একে বলা হয় আয়নন অঞ্চল (Ionization Sphere)।

[5] গৌণ যোজ্যতা পূর্ণকারী সংলগ্নকগুলির নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক বিন্যাস থাকে। যেমন—

| সবর্গাঙ্ক | বিন্যাস |
|---|---|
| 4 | চতুস্তলকীয় বা সামতলিক বর্গাকার |
| 6 | অষ্টতলকীয় |

## 3.4. জটিল যৌগের নামকরণ

IUPAC পদ্ধতিতে কয়েকটি নির্দিষ্ট নীতি মেনে নামকরণ করা হয়।

(ক) সবর্গীয় যৌগটি লবণ হলে প্রথমে ধনাত্মক এবং পরে ঋণাত্মক আয়নের নাম লিখতে হবে।

(খ) সবর্গীয় আয়নের নামকরণের সময় প্রথমে সংলগ্নকগুলির নাম ও পরে কেন্দ্রীয় ধাতুর নাম লিখতে হবে।

(গ) সংলগ্নকগুলির নাম লেখার জন্য নীচের নিয়মগুলি মেনে চলা হয়—

[i] সংলগ্নক ঋণাত্মক হলে শেষ "e" র পরিবর্তে "O" লেখা হয়। যেমন—

| | | | |
|---|---|---|---|
| $SO_4^{2-}$ | সালফেটো | $SC\overline{N}$ | থায়োসায়ানেটো |
| $S_2O_3^{2-}$ | থায়োসালফেটো | $NO_2^-$ | নাইট্রাইটো |
| $S^{2}$ | সালফাইডো | $N_3$ | অ্যাজাইডো |

অবশ্য এর কয়েকটি ব্যতিক্রম আছে।

| | |
|---|---|
| Cl | ক্লোরো ; ক্লোরাইডো নয়। তেমনি— |
| F | ফ্লুরো |
| Br | ব্রোমো |
| I | আয়োডো |
| CN | সায়ানো |

[ii] প্রশম সংলগ্নকের ক্ষেত্রে প্রচলিত নাম ব্যবহৃত হয়।

| | | |
|---|---|---|
| $NH_3$ | অ্যামিন | (Ammine) |
| $H_2O$ | অ্যাকোয়া | (Aqua) |
| CO | কার্বনিল | |

[iii] ধনাত্মক সংলগ্নকের নামের শেষে 'ইয়াম' যোগ করা হয়। $N_2H_5^+$ হাইড্রাজিয়াম।

[iv] সংলগ্নকগুলি তাদের ইংরেজি নামের আদ্য অক্ষর ক্রম অনুযায়ী সাজানো হয়।

[v] কোন সংলগ্নকের সংখ্যা একাধিক হলে—সংখ্যা বোঝানোর জন্য ডাই, ট্রাই, টেট্রা, পেন্টা, হেক্সা ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

যদি সংলগ্নকের নামের মধ্যেই ডাই, ট্রাই, ইত্যাদি থাকে তবে ডাই এর পরিবর্তে 'বিস্', ট্রাই এর পরিবর্তে 'ট্রিস' ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট লিগ্যান্ডটি বন্ধনীর মধ্যে লিখতে হয়।

[vi] উভবন্ধন ক্ষমতা সম্পন্ন লিগ্যান্ড এর ক্ষেত্রে, যে দাতা পরমাণু ব্যবহৃত হয়েছে লিগ্যান্ড-এর পর সেই পরমাণুটি লিখতে হয়—আগে ও পরে 'হাইফেন' সহ। উদাহরণ

| | | |
|---|---|---|
| $-SCN^{\ominus}$ | থায়োসায়ানেটো | – S – |
| $-NCS^{-}$ | থায়োসায়ানেটো | – N – |

(ঘ) কেন্দ্রীয় ধাতুর জারণস্তর, ধাতুটির নামের পর বন্ধনীর মধ্যে রোমান হরফে লেখা হয়। জটিল আয়নটি যদি ঋণাত্মক আয়ন হয় তাহলে ধাতুর ল্যাটিন নামের শেষে 'এট' (ate) যোগ করা হয়।

সবশেষে একটি কথা আপনাকে মনে রাখতে হবে। নামের দুটি অংশ—একটি ধনাত্মক, অন্যটি ঋণাত্মক আয়নের জন্য। এই দুটি অংশের মধ্যে একটু ফাঁক থাকবে; কিন্তু সংলগ্নকগুলি এবং কেন্দ্রীয় ধাতুর নামের মধ্যে কোন ফাঁক থাকবে না। নীচের উদাহরণগুলি দেখুন।

| | |
|---|---|
| $[CO(NH_3)_6]Cl_3$ | হেক্সাঅ্যামিনকোবাল্ট (III) ক্লোরাইড |
| $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ | হেক্সাঅ্যাকোয়াক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড |
| $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ | ডাইঅ্যামিনডাইক্লোরোপ্লাটিনাম (II) |
| $K_4[Fe(CN)_6]$ | পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানোফেরেট (II) |
| $[CO(NH_3)_5(ONO)]Cl_2$ | পেন্টাঅ্যামিন নাইট্রাইটো – O – কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড |
| $[CO(en)_3]Cl_2$ | ট্রিস (ইথিলিন ডাই অ্যামিন) কোবাল্ট (II) ক্লোরাইড |

অনুশীলনী—2

[1] নীচের যৌগগুলির IUPAC নাম লিখুন।

(ক) $K[Ag(CN)_2]$ (খ) $[Cu(NH_3)_4]SO_4$

(গ) $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$ (ঘ) $Na_3[CO(NO_2)_6]$

(ঙ) $[Ni(CO)_4]$

[2] নীচের যৌগগুলির সংকেত লিখুন ঃ

(ক) পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানোফেরেট। (III)

(খ) ডাইক্লোরোবিস্ (ইথিলিন ডাই অ্যামিন) ক্রোমিয়াম (III) ব্রোমাইড

(গ) পটাশিয়াম ট্রিস্ (অক্সালেটো) ক্রোমেট (III)

(ঘ) অ্যামোনিয়াম ডাইঅ্যামিনটেট্রাথায়োসায়ানেটো – S – ক্রোমেট (III)

(ঙ) টেট্রাকিস্ (পিরিডিন) প্লাটিনাম (II) টেট্রাক্লোরোপ্লাটিনেট (II)

## 3.5. প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

[1] সংজ্ঞা লিখুন : (ক) লিগ্যান্ড (খ) সবর্গাঙ্ক

[2] দ্বৈত লবণ এবং জটিল যৌগের পার্থক্য উদাহরণসহ আলোচনা করুন।

[3] $Cr(H_2O)_6Cl_3$ যৌগের সম্ভাব্য সমাবয়বগুলি লিখে প্রত্যেকটির IUPAC নাম লিখুন।

[4] IUPAC নাম লিখুন—

(ক) $K_3[Cu(CN)_4]$ (খ) $[CoCl(H_2O)_2(NH_3)_2]Cl_2$ (গ) $(NH_4)_2[BeF_4]$

[5] সংকেত লিখুন—

(ক) অ্যামিনডাইক্লোরো (ইথিন) প্লাটিনাম (II)

(খ) সোডিয়াম কার্বনিলপেন্টাসায়ানোফেরেট (III)

(গ) পেন্টাঅ্যামিন অ্যাজাইডোকোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

## সারাংশ ঃ

এই এককটিতে আপনি জেনেছেন জটিল যৌগ কাকে বলে; দ্বৈত লবণ কি এবং জটিল যৌগ ও দ্বৈত লবণের পার্থক্য কি। পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড কেন জটিল যৌগ এবং মোরের লবণ কেন দ্বৈত লবণ এ কথা আপনি বুঝতে পেরেছেন। জটিল যৌগ সম্পর্কিত ভার্নার তত্ত্ব বিশদ ভাবে আলোচিত হয়েছে। IUPAC নির্দেশের সাহায্যে জটিল যৌগের নামকরণ আলোচনা করা হয়েছে। এই এককটি পাঠ করে জটিল যৌগ সম্পর্কে প্রাথমিক জ্ঞান আপনি অর্জন করেছেন।

## 3.5 C. উত্তরমালা

### অনুশীলনী—1

$K_4[Fe(CN)_6]$ তৈরি হয় KCN ও $Fe(CN)_2$ থেকে। কঠিন অবস্থায় ও জলীয় দ্রবণে স্বাতন্ত্র বজায় রাখে। জলীয় দ্রবণে আয়নন—

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$$

জলীয় দ্রবণে $Fe^{2+}$ এবং $CN^{(-)}$ আয়ন থাকে না। সেজন্য $K_4[Fe(CN)_6]$ একটি জটিল যৌগ।

মোরের লবণ হল—$(NH_4)_2SO_4$, $FeSO_4$, $6H_2O$। মোরের লবণে কঠিন অবস্থায় স্বাতন্ত্র বজায় থাকলেও জলীয় দ্রবণে $NH_4^+$, $Fe^{2+}$ এবং $SO_4^{2-}$ অর্থাৎ গঠনকারী আয়নগুলি পাওয়া যায়। তাই এটি দ্বৈত লবণ।

অণুশীলনী—2

[1] (ক) পটাশিয়াম ডাইসায়ানোআর্জেন্টেট (I)

(খ) টেট্রাঅ্যামিনকপার (II) সালফেট

(গ) সোডিয়াম বিস্ (থায়োসালফেটো) আর্জেন্টেট (I)

(ঘ) সোডিয়াম হেক্সানইট্রাইটো – N – কোবাল্টেট (III)

(ঙ) টেট্রাকার্বনিলনিকেল (O)

[2] (ক) $K_4$ [Fe (CN)$_6$] (খ) [ Cr Cl (en)$_2$ ] Br

(গ) $K_3$ [ Cr ($C_2O_4$)$_3$ ] (গ) $NH_4$ [C ($NH_3$)$_2$ (SCN)$_4$ ]

## প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

[1] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[2] পাঠ্যাংশ দেখুন।

[3] [ Cr ($H_2O$)$_6$ ] $Cl_3$ হেক্সাঅ্যাকোয়াক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড

[ Cr ($H_2O$)$_5$Cl ] $Cl_2$, $H_2O$ পেন্টাঅ্যাকোয়াক্লোরোক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড, মনো হাইড্রেট

[ Cr ($H_2O$)$_4$ $Cl_2$ ] $Cl_2$, $2H_2O$ টেট্রাঅ্যাকোয়াডাইক্লোরোক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড, ডাই হাইড্রেট

[ Cr ($H_2O$)$_3$ $CL_3$ ], $3H_2O$ ট্রাইঅ্যাকোয়াট্রাইক্লোরোক্রোমিয়াম (III), ট্রাই হাইড্রেট

[4] (ক) পটাশিয়াম টেট্রাসায়ানোকিউপ্রেট (I)

(খ) ট্রাইঅ্যামিন ড্রাইঅ্যাকোয়াক্লোরোকোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

(গ) অ্যামোনিয়াম ট্রোফ্লুরোবেরিলেট (II)

[5] (ক) [ Pt ($NH_3$] $Cl_2$ ($C_2H_4$)]

(খ) $Na_2$ [ Fe (CN)$_5$ CO ]

(গ) [ CO ($NH_3$)$_5$ ($N_3$)] $Cl_2$

## 3D অজৈব যৌগে সমাবয়বতা

গঠন

3.6 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

3.7 গঠন ঘটিত সমাবয়বতা

- আয়নায়ন সমাবয়বতা
- জল সম্পর্কিত সমাবয়বতা
- বন্ধন সমাবয়বতা
- লিগ্যান্ড সমাবয়বতা
- সবর্গীয় সমাবয়বতা
- সবর্গীয় স্থান সমাবয়বতা
- বহুলীভবন সমাবয়বতা

3.8 ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা

3.8.1 জ্যামিতিক সমাবয়বতা

(ক) চতুস্তলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে

(খ) সামতলিক বর্গাকার বিন্যাসের ক্ষেত্রে

(গ) অষ্টতলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে

3.8.2 আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়বতা

(ক) সামতলিক বর্গাকার বিন্যাসের ক্ষেত্রে

(খ) চতুস্তলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে

(গ) অষ্টতলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে

সারাংশ

3.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

3.10 উত্তরমালা

## 3.6 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

**প্রস্তাবনা ঃ**

অনেক সময় দেখা যায় যে, দুটি বা তার বেশি অজৈব যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু তাদের গঠন সংকেত ভিন্ন। এদের বলা হয় সমাবয়ব। এই সমাবয়বগুলি নানা রকমের হতে পারে। সমাবয়বগুলির ভৌত, রাসায়নিক এমনকি আলোক সম্বন্ধীয় ধর্মও ভিন্ন হতে পারে এই এককটিতে। অজৈব যৌগে যে সমস্ত ধরনের সমাবয়বতা দেখা যায় সেগুলি আলোচিত হবে। সমাবয়বতার মধ্যে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতার একটি বিশেষ স্থান আছে। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দু'ধরনের—জ্যামিতিক এবং আলোক সম্বন্ধীয়। এই দুই প্রকারের সম্পর্কেই আমরা বিশদভাবে আলোচনা করব।

এই সমাবয়বতাগুলি দেখা যায় 'জটিল' বা 'সবর্গীয়' যৌগে সমস্ত সবর্গাঙ্কের ক্ষেত্রেই সমাবয়বতা দেখা যায়, তবে সংখ্যার বিচারে চতুর্বর্গীয় এবং ষড়বর্গীয় যৌগেরই প্রাধান্য। এজন্য এই দুটি ক্ষেত্রে সমাবয়বতার বিস্তারিত আলোচনা হবে।

**উদ্দেশ্য ঃ**

এই এককটি পাঠ করলে আপনি জানতে পারবেন—

- সমাবয়বতা কি
- অজৈব যৌগে কোন কোন ধরনের সমাবয়বতা দেখা যায়।
- সমাবয়গুলির ধর্মে কি পার্থক্য দেখা যায়।
- সমাবয়বগুলিকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়।

ফলে সবর্গীয় যৌগ সম্পর্কে আপনার ধারণা আরও অনেক স্পষ্ট হবে।

## 3.7. গঠন-ঘটিত সমাবয়বতা (Structural Isomerism)

দুই বা ততোধিক যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু গঠন সংকেত ভিন্ন হলে তাদের বলা হয় গঠন ঘটিত সমাবয়ব। সবর্গীয় যৌগের ক্ষেত্রে বিভিন্ন ধরনের সমাবয়বতা দেখা যায়। নীচে এদের সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল।

### আয়নায়ন সমাবয়বতা (Ionization Isomerism)

এদের আণবিক সংকেত একই হলেও গঠন সংকেত ভিন্ন হবার জন্য জলীয় দ্রবণে ভিন্ন ভিন্ন আয়ন উৎপন্ন করে। উদাহরণ :

(ক) $[Co(NH_3)_5Br]SO_4 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_5Br]^{2+} + SO_4^{2-}$ ; এবং
বেগুনি

$[Co(NH_3)_5SO_4]Br \rightleftharpoons [Co(NH_3)_5SO_4]^{+} + Br^{-}$
লাল

(খ) $[Co(en)_2(NO_2)Cl_2]NO_2$ এবং $[Co(en)_2(NO_2)_2]Cl$ (en = ইথিলিন ডাইঅ্যামিন)

(গ) $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Br_2$ এবং $[Pt(NH_3)_4Br_2]Cl_2$

## জল সম্পর্কিত সমাবয়বতা (Hydrate Isomerism)

কোন সবর্গীয় যৌগে জলের অণু সবর্গীয় স্তরে (Coordination sphere) থাকতে পারে অথবা সবর্গীয় স্তরের বাইরে কেলাস জল হিসাবেও থাকতে পারে। এই শ্রেণির সমাবয়বতার উল্লেখযোগ্য উদাহরণ হল $CrCl_3$, $6H_2O$। নীচের তালিকায় এই যৌগের তিনটি সমাবয়বের ধর্মের পার্থক্য দেখান হল।

| সংকেত | বর্ণ | শোষকাধারে শোষিত জলের অণুর সংখ্যা | $AgNO_3$ দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত Cl আয়নের সংখ্যা | জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন আয়ন |
|---|---|---|---|---|
| $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ | বেগুনি | 0 | 3 | $[Cr(H_2O)_6]^{3+} + 3Cl^-$ |
| $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2H_2O$ | নীলাভ সবুজ | 1 | 2 | $[Cr(H_2O)_5Cl]^{2+} + 2Cl^-$ |
| $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl2H_2O$ | গাঢ় সবুজ | 2 | 1 | $[Cr(H_2O)_4Cl^+ + Cl^-$ |

## বন্ধন সমাবয়বতা (Linkage Isomerism)

কোন কোন সংলগ্নক (Ligand) এর অণুতে দুটি দাতা পরমাণু থাকে। কিন্তু এদের যে কোন একটি ব্যবহৃত হয়। একই সঙ্গে সাধারণতঃ দুটিই ব্যবহার করা যায় না। এই ধরনের লিগ্যান্ডকে বলা হয় 'উভবন্ধন ক্ষমতাসম্পন্ন' (Ambidentate)। যেমন—

| লিগ্যান্ড | দাতা পরমাণু | | | |
|---|---|---|---|---|
| SCN | S ও N | অর্থাৎ | — | SCN থায়োসায়ানেট |
| | | | — | NCS আইসো থায়োসায়ানেট |
| $NO_2^-$ | N ও O | অর্থাৎ | — | $NO_2$ নাইট্রো |
| | | | — | ONO নাইট্রাইটো |
| $S_2O_3^{2-}$ | S ও O | অর্থাৎ | — | $SSO_3$ |
| | | | — | $OS_2O_2$ |

এই সমস্ত লিগ্যান্ড থেকে সৃষ্টি হয় বন্ধন সমাবয়বতা। উদাহরণ ঃ

$[Co(NH_3)_5NO_2]Cl$ এবং $[Co(NH_3)_5ONO]Cl$

হলুদ লাল

## লিগ্যান্ড সমাবয়বতা (Ligand Isomerism)

কোন লিগ্যান্ড-এর নিজস্ব সমাবয়বতার জন্য এই ধরণের সমাবয়বতা দেখা যায়। উদাহরণ :

(1) $[CoCl_2(pm)_2]Cl$ ; pn = 1.2 ডাই অ্যামইনো প্রোপেন এবং

$$H_2N-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

$[COCl_2(tn)_2]Cl$ ; tn = ট্রাইমিথিলিন ডাইঅ্যামিন

$$H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$$

(2) $[Ag(pic)_2]^{\ominus}$ ; pic = পিকোলিনেট আয়ন বা পিরিডিন—2 কার্বক্সিলেট

$[Ag(nic)_2]^{\ominus}$ ; nic = নিকোটিনেট আয়ন বা পিরিডিন— 3 কার্বক্সিলেট

## সবর্গীয় সমাবয়বতা (Coordination Isomerism)

লবণটির ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক দুটি আয়নই যদি সবর্গীয় হয় তখন এক বা একাধিক লিগ্যান্ড, ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে পুনর্বিন্যস্ত হবার ফলে এই ধরনের সমাবয়বতা দেখা যায়। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে উপস্থিত কেন্দ্রীয় ধাতু, অভিন্ন অথবা পৃথক দুইই হতে পারে। উদাহরণ ঃ

(i) $[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$ এবং $[Cr(NH_3)_6][Co(CN)_6]$

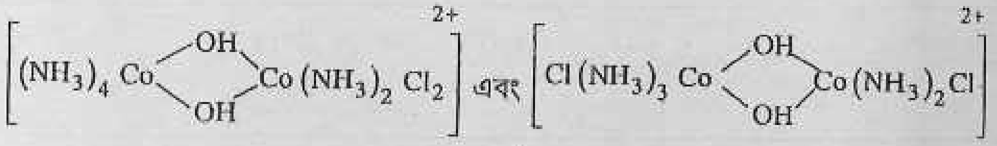
(ii) $[Co(NH_3)_6][Cr(C_2O_4)_3]$ এবং $[Cr(NH_3)_6][Co(C_2O_4)_3]$

(iii) $[Cr(en)_3][Cr(C_2O_4)_3]$ এবং $[Cr(en)_2(C_2O_4)][Co(en)(C_2O_4)_2]$

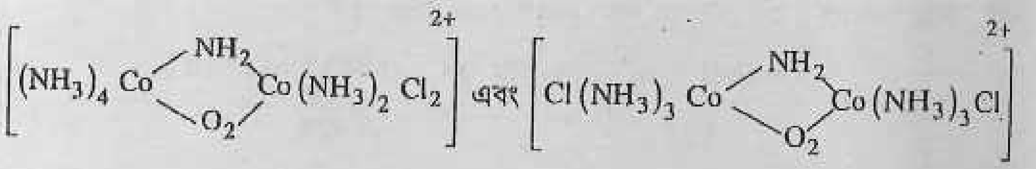
## সবর্গীয় স্থান সমাবয়বতা (Coordination Position Isomerism)

বহু নিউক্লীয় সবর্গীয় যৌগে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সাথে যুক্ত লিগ্যান্ডগুলি স্থান পরিবর্তন করলে এই ধরনের সমাবয়ব সৃষ্টি হয়। উদাহরণ ঃ

(i)



(ii)



### বহুলীভবন সমাবয়বতা (Polymerization Isomerism)

এই সমস্ত সবর্গীয় যৌগের স্থূল সংকেত একই কিন্তু আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের সরল গুণিতক।
উদাহরণ ঃ

$$[Pt(NH_3)_2Cl_2] \text{ এবং } [Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$$

এক্ষেত্রে দ্বিতীয় যৌগটির আণবিক ওজন প্রথমটির দ্বিগুণ। তবে, সঠিক অর্থে এদের সমাবয়ব বলা যায় না—কারণ এদের আণবিক সংকেত এক নয়।

অনুশীলনী—1

(ক) $[Cr(H_2O)_7]Cl_3$ এবং $[Cr(H_2O)_5Cl_2]$, $3H_2O$ যৌগ দুটির ধর্মের কি কি পার্থক্য দেখা যাবে?

(খ) $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Br_2$ এবং $[Pt(NH_3)_4Br_2]Cl_2$ যৌগ দুটিকে কিভাবে সনাক্ত করবেন?

(গ) উভবন্ধন ক্ষমতা সম্পন্ন লিগ্যান্ড কাকে বলে? এই জাতীয় লিগ্যান্ড থেকে কোন ধরণের সমাবয়বতা সৃষ্টি হয়?

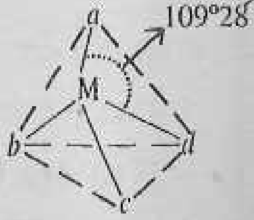
## 3.8. ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereoisomerism)

আণবিক সংকেত এবং গঠন কাঠামো একই রকম হওয়া সত্ত্বেও লিগ্যান্ডগুলির ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের পার্থক্যের জন্য যে সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে 'ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা' বলা হয়। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দু-ধরনের 'জ্যামিতিক' এবং 'আলোক সম্বন্ধীয়'।

সবর্গীয় যৌগের সর্বগাংক অনেক ধরনের। বিভিন্ন সর্বগাংকের জন্য ত্রিমাত্রিক গঠন বিভিন্ন। তবে, চতুর্বর্গীয় এবং ষড়বর্গীয় যৌগের সংখ্যাই বেশি। সেজন্য, এখানে ঐ দুটিই আলোচিত হবে।

### 3.8.1 জ্যামিতিক সমাবয়বতা (Geometrical Isomerism)

চতুর্বর্গীয় যৌগের ক্ষেত্রে ঃ চতুর্বর্গীয় যৌগের দু-রকম আকৃতি হয়। 'চতুস্তলকীয়' এবং 'সামতলিক বর্গাকার'।

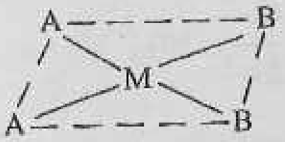



(ক) চতুস্তলকীয় যৌগের ক্ষেত্রে ঃ চতুস্তলকের চারটি শীর্ষ বিন্দুই সমতুল্য। প্রত্যেকে বন্ধনী কোণই 109°28′। প্রত্যেক লিগ্যান্ড অপর লিগ্যান্ড গুলি থেকে সমদূরত্বে। সুতরাং এক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাবয়বতা হবে না।

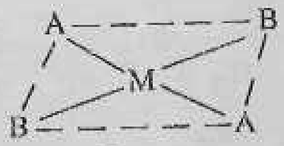
(খ) সামতলিক বর্গাকৃতির ক্ষেত্রে ঃ

(i) $[MA_4]$ এবং $[MA_3B]$ জাতীয় যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়ব হবে না।

(ii) $[MA_2B_2]$ জাতীয় যৌগের দুটি সমাবয়ব।

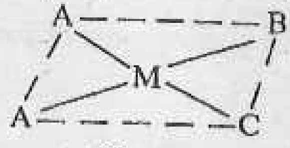


Cis

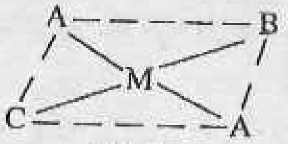


Trans

(iii) $[MA_2BC]$ জাতীয় যৌগের দুটি সমাবয়ব।

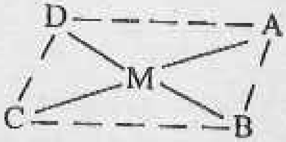


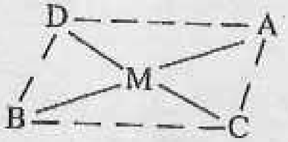

Cis

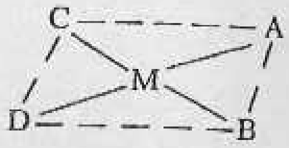



Trans

(iv) [MABCD] জাতীয় যৌগের তিনটি সমাবয়ব হয়।



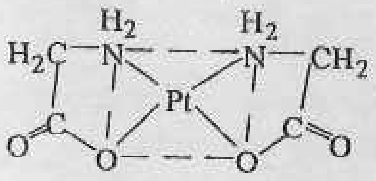



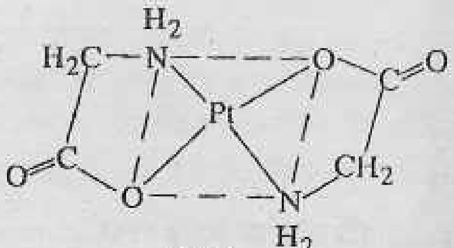

উদাহরণ : $[Pt\,(NO_2)\,(Py)\,(NH_3)\,(NH_2OH)]\,NO_2$

(v) $[M-(A-B)_2]$ জাতীয় যৌগের ক্ষেত্রে : A–B একটি অপ্রতিসম দ্বিযোজী বা চিলেট সৃষ্টিধারী লিগ্যান্ড। এ ক্ষেত্রে সমাবয়ব হবে।

বিস্ (গ্লাইসিনেটো) প্লাটিনাম (II) যৌগটির সমাবয়ব দুটি হল—




Cis



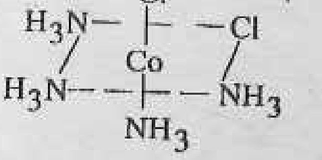

Trans

(গ) অষ্টতলকীয় যৌগের ক্ষেত্রে ঃ

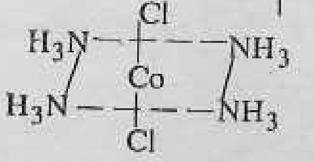
(i) $[MA_6]$ এবং $[MA_5B]$ জাতীয় যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়ব হয় না।

(ii) $[MA_4B_2]$ জাতীয় যৌগের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব হয়।

$[Co\,(NH_3)_4\,Cl_2]^+$ এর সমাবয়ব দুটি হল—




Cis বেগুনি



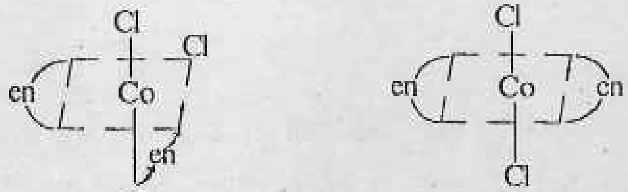

Trans সবুজ

(iii) $[MA_4BC]$ সংযুতির যৌগেরও দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব।

(iv) $[MA_3B_3]$ সংযুতির যৌগেরও দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব।
একটিতে তিনটি অভিন্ন লিগ্যান্ড অষ্টতলকের একটি তলে অবস্থান করে; তাকে বলা হয় facial বা fac। অপরটিকে বলা হয় Meridional বা mer।

fac mer

(v) দ্বিযোজী লিগ্যান্ড ঘটিত যৌগেও জ্যামিতিক সমাবয়ব হয়।
উদাহরণ ঃ $[Co(En)_2 Cl_2]$




Cis Trans

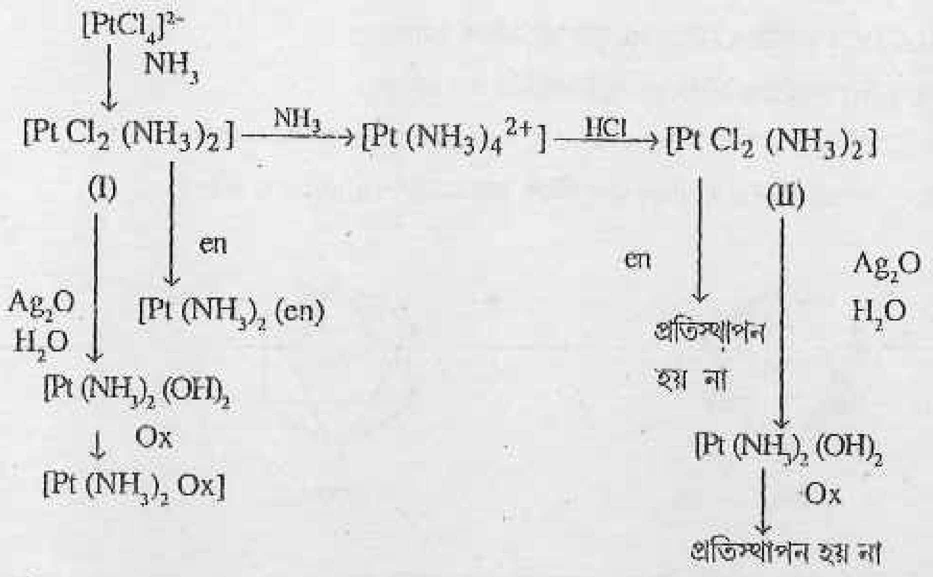
## 3.8.1.A জ্যামিতিক সমাবয়ব সনাক্ত করার উপায় ঃ

(1) 'X' রশ্মি বিশ্লেষণের সাহায্যে।

(2) দ্বিমেরু ভ্রামকের সাহায্যে—trans যৌগের দ্বিমেরু ভ্রামক শূন্য অথবা খুব কম হয়। Cis যৌগের দ্বিমেরু ভ্রামকের মান তুলনামূলক ভাবে অনেক বেশি হয়।

(3) Trans যৌগের কম্পন বর্ণালী (Vibrational Spectra) Cis যৌগের তুলনায় সরলতর।

(4) রাসায়নিক পদ্ধতি ঃ দুটি একযোজী লিগ্যান্ড যদি Cis অবস্থানে থাকে। তবে তাদের দ্বিযোজী লিগ্যান্ড দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। লিগ্যান্ড দুটি trans অবস্থানে থাকলে প্রতিস্থাপন সম্ভব হয় না।
নীচের বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করুন।




উপরের বিক্রিয়াসমূহ থেকে সহজেই এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে (I) চিহ্নিত যৌগটি Cis এবং (II) চিহ্নিত যৌগটি trans।

অনুশীলনী—2

(ক) ইলেকট্রোলিসিসের সাহায্যে কিভাবে নীচের যৌগ দুটি সনাক্ত করবেন?

$[Co\,(NH_3)_6]\,[Cr\,(NO_2)_6]$ এবং $[Cr\,(NH_3)_6]\,[Co\,(NO_2)_6]$।

(খ) $[Co\,(en)_2Cl_2]$ যৌগটির সম্ভাব্য জ্যামিতিক সমাবয়বগুলি লিখুন। এদের কি ভাবে সনাক্ত করবেন?

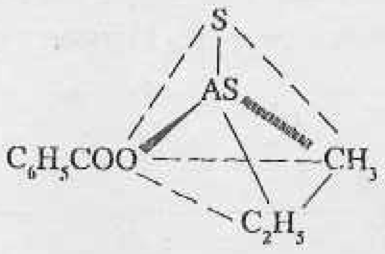
## 3.8.2 আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়বতা (Optical Isomerism)

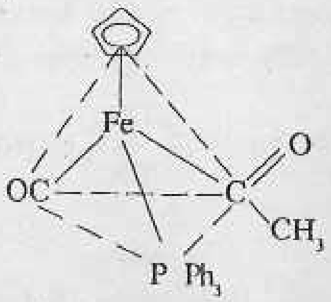
কোন অণুকে আয়নার সামনে রাখলে যে প্রতিবিম্ব হয়, মূল অণুটিকে সেই প্রতিবিম্বের উপর স্থাপন করলে একটির সমস্ত অংশ যদি অপরটির সমস্ত অংশের সাথে সম্পূর্ণভাবে মিলে না যায় (Non-Superimposable) তবে ওই অণুটিকে বলা হয় অপ্রতিসম বা কাইরাল (Chiral)। কাইরাল অণুগুলির কোন প্রকার প্রতিসাম্য উপাদান (Elements of Symmetry) থাকে না।

এগুলি আলোক সক্রিয় হয়। অণুটি এবং তার দর্পণ প্রতিবিম্বকে পরস্পরের আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়ব বলে।

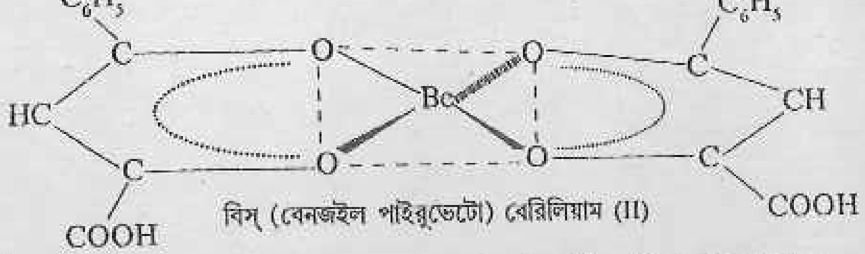
(ক) সামতলিক বর্গাকার বিন্যাসের ক্ষেত্রে—যৌগের তলটি হল প্রতিসাম্য তল (Plane of symmetry)। সেজন্য এই জাতীয় যৌগ আলোক নিষ্ক্রিয়।

(খ) চতুস্তলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে— [MABCD] সংযুতির যৌগ আলোক সক্রিয় হবে। তবে, এই জাতীয় যৌগের সংখ্যা অত্যন্ত কম। নীচে দুটি উদাহরণ দেওয়া হল।




অপ্রতিসম দ্বিযোজী লিগ্যান্ড যুক্ত চতুস্তলকীয় আলোক সক্রিয় যৌগও পাওয়া যায়—যেমন, বিস্ (বেনজইল অ্যাসিটোনেটো) বেরিলিয়াম (II) এবং বিস্ (বেনজইল পাইরুভেটো) বেরিলিয়াম (II)



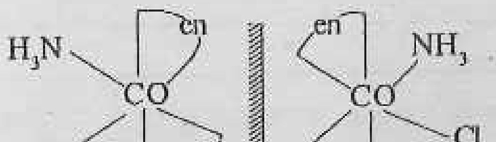

বিস্ (বেনজইল পাইরুভেটো) বেরিলিয়াম (II)

(গ) অষ্টতলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে ঃ বহু সংখ্যক আলোক সক্রিয় যৌগ পাওয়া যায়।

(i) অষ্টতলকীয় যৌগে দুইয়ের অধিক প্রকার লিগ্যান্ড যুক্ত থাকলে সম্ভাব্য সমাবয়বের সংখ্যাও বাড়বে। যেমন— [Pt $A_2B_2C_2$] যৌগের পাঁচটি বিভিন্ন সমাবয়ব সম্ভব। এক্ষেত্রে A B C তিনরকম একমুখী লিগ্যান্ড।

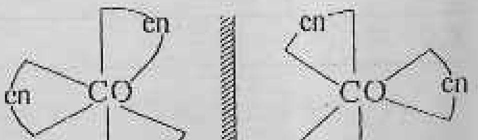
(ii) [MABCDEF] জাতীয় যৌগ অর্থাৎ যে যৌগে ছয়টি ভিন্ন ভিন্ন লিগ্যান্ড আছে। সামান্য কয়েকটি এমন যৌগ জানা আছে। এদের প্রত্যেকটির 15টি জ্যামিতিক সমাবয়ব আছে এবং প্রত্যেক জ্যামিতিক সমাবয়বের d ও l রূপ আছে। অর্থাৎ মোট সমাবয়ব সংখ্যা 30টি। উদাহরণ— [$Pt^{iv}$ (Py) ($NH_3$) ($NO_2$) (Cl) (Br) (I)]

(ii) অধিকাংশ আলোক সক্রিয় যৌগেই দ্বিযোজী লিগ্যান্ড থাকে। [M $(A - A)_3$] এবং [M $(A-A)_2 X_2$] বা [M $(A - A)_2$ XY] শ্রেণীর যৌগগুলি উল্লেখযোগ্য।




(Cis)

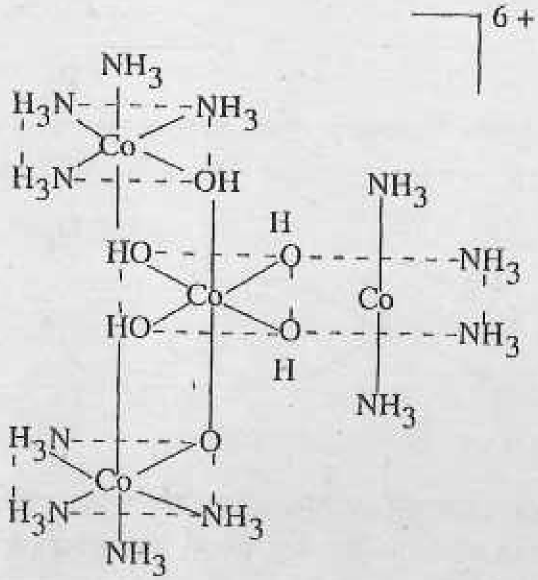
[ Co $(en)_2$ $(NH)_3$ (Cl) $]^+$ এর আলোক সমাবয়ব




(Cis)

[Co $(en)_3]^{3+}$ এর আলোক সমাবয়ব

এতক্ষণ যে সমস্ত আলোক সক্রিয় যৌগের কথা জেনেছেন তাদের প্রত্যেকের মধ্যেই কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং আপনার মনে হওয়া স্বাভাবিক যে অজৈব যৌগেও কাইরাল কার্বন পরমাণুই আলোক সক্রিয়তার কারণ। আণবিক অপ্রতিসাম্যই যে আলোক সক্রিয়তার প্রকৃত কারণ তা প্রমাণিত হয়েছে কার্বন-বিহীন অর্থাৎ সম্পূর্ণ অজৈব আলোক সক্রিয় যৌগ (Purely Inorganic) তৈরি করার ফলে। একটি উদাহরণ হল $\left[Co\left(\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}Co(NH_3)_4\right)_3\right]^{6+}$ অর্থাৎ




অনুশীলনী—3

(i) নীচের যৌগগুলির মধ্যে কোন কোনটি আলোক সক্রিয় হবে?

(ক) $[Pt\ (en)_2\ Cl_2]$ ; (খ) $[Cr\ (en)_3]^{3+}$ ; (গ) $[Co\ Cl_4]^-$

(ii) সামতলিক বর্গাকার যৌগগুলি সাধারণত আলোক নিষ্ক্রিয় কেন?

(iii) $[Co\ (en)_2\ Cl_2]\ Cl$ এর কতগুলি ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব সম্ভব—কারণ সহ আলোচনা করুন।

## 3.9 সারাংশ

এই এককটিতে অজৈব যৌগের সমাবয়বতা সম্পর্কে আলোচনা হয়েছে। সমাবয়বতা দুই শ্রেণীর—গঠনগত এবং ত্রিমাত্রিক। গঠনগত সমাবয়বতার মধ্যে আছে—আয়নায়ন সমাবয়বতা, জল সম্পর্কিত সমাবয়বতা, বন্ধন সমাবয়বতা, লিগ্যান্ড সমাবয়বতা, সবর্গীয় সমাবয়বতা, সবর্গীয় স্থান সমাবয়বতা এবং বহুলীভবন সমাবয়বতা।

ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতার দুটি শ্রেণি জ্যামিতিক এবং আলোক সম্বন্ধীয়।

চতুস্তলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাবয়ব হয় না। সামতলিক বর্গাকার এবং অষ্টতলকীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাবয়বতা আলোচিত হয়েছে। Cis এবং trans যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্যের সাহায্যে কিভাবে তাদের সনাক্ত করা যায় তাও আপনি জেনেছেন।

আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়বতা প্রদর্শন করতে হলে সমগ্র অণুটিকে কাইরাল হতে হয়। সামতলিক বর্গাকার বিন্যাসের ক্ষেত্রে যৌগের তলটি প্রতিসাম্য তল হওয়ায় আলোক সক্রিয় সামতলিক বর্গাকার যৌগ প্রায় নেই বলা চলে। চতুস্তলকীয় যৌগ আলোক সক্রিয় হতে গেলে চারটি বিভিন্ন লিগ্যান্ড দরকার—এরকম যৌগের সংখ্যা অত্যন্ত কম। অষ্টতলকীয় আলোক সক্রিয় যৌগ সংখ্যায় প্রচুর।

আলোক সক্রিয়তা যে কাইরাল কার্বন পরমাণুর জন্য নয়—সমগ্র অণুর অপ্রতিসাম্যই এর কারণ। একথা প্রমাণ করার জন্য গঠন করা হয়েছে কয়েকটি কার্বন-বিহীন অর্থাৎ সম্পূর্ণ অজৈব আলোক সক্রিয় যৌগ।

## 3.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত যৌগ আয়নগুলির কি কি সমাবয়ব হওয়া সম্ভব আলোচনা করুন।

(i) $CrCl_3, 6H_2O$ (ii) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

(iii) $[Pt(NH_3)(Py)(NO_2)(NH_2OH)]^{\oplus}$ (iv) $[Pt(gly)_2]$

(v) $[Co(C_2O_4)(NH_3)_2(NO_2)_2]^{\ominus}$ (vi) $[Cr(gly)_3]$

(vii) $[Co(en)(pn)(NO_2)_2]^{\oplus}$

en = ethylenediamine

pn = 1, 2–diaminopropane

$CH_2 - CH - CH_3$ (with $NH_2$ on $CH_2$ and $NH_2$ on $CH$)

(viii) $[Co(NH_3)_4Cl_2]^{\oplus}$

2. ফেসিয়াল ও মেরিডিয়াল সমাবয়ব বলতে কি বোঝায় তা উদাহরণ দিয়ে বোঝান।

## 3.10 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

(ক)

| যৌগ | শোষকাধারে শোষিত জলের অণুর সংখ্যা | $AgNO_3$-র সাথে বিক্রিয়া | তড়িৎ পরিবাহিতা |
|---|---|---|---|
| $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ | 0 | সাদা AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। | চারটি আয়নের জন্য। |
| $[Cr(H_2O)_3Cl_3]$, $3H_2O$ | 3 | বিক্রিয়া হয় না। | তড়িৎ পরিবাহী নয়। |

(খ) জলীয় দ্রবণে লঘু $HNO_3$ এবং $AgNO_3$ যোগ করলে—

$[Pt(NH_3)_4Cl_2]Br_2$ হালকা হলুদ অধঃক্ষেপ দেবে যা লঘু $NH_4OH$-এ অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় $NH_4OH$-এ দ্রাব্য।

$[Pt(NH_3)_4Br_2]Cl_2$ সাদা অধঃক্ষেপ দেবে যা লঘু $NH_4OH$-এ দ্রাব্য।

(গ) বন্ধন সমাবয়বতা দেখুন।

অনুশীলনী—2

(ক) $[Co(NH_3)_6][Cr(NO_2)_6]$ ক্যাথোডে Co ; অ্যানোডে Cr পাওয়া যায়।

$[Cr(NH_3)_6][Co(NO_2)_6]$ ক্যাথোডে Cr ; অ্যানোডে Co পাওয়া যাবে।

অনুশীলনী—3

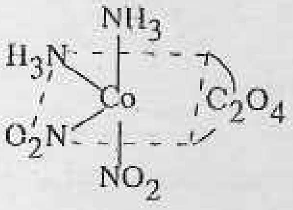
(i) (ক) হবে না (খ) হবে (গ) হবে না।

(ii) পাঠ্যাংশ দেখুন।

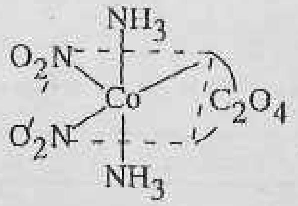
(iii) দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব। Cis যৌগটির আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়ব হবে ; trans-এর হবে না।

## প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

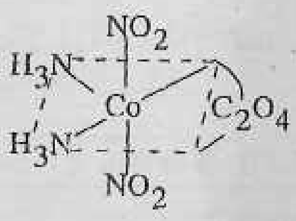
1. (i) জল সম্পর্কিত সমাবয়বতা।
   (ii) জ্যামিতিক সমাবয়বতা
   (iii) তিনটি জ্যামিতিক সমাবয়ব।
   (iv) দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব।
   (v) তিনটি জ্যামিতিক সমাবয়ব।




(ক)



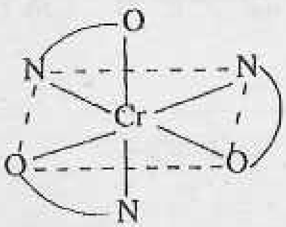

(খ)



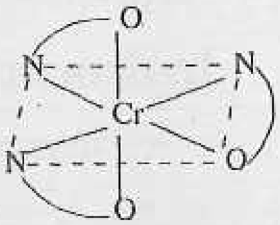

(গ)

এদের মধ্যে যৌগ Cis যৌগ (ক)-এর আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়ব হবে।
Trans যৌগ (খ) ও (গ)-এর আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়বতা হবে না—কারণ এদের প্রতিসাম্য তল আছে।
এ ছাড়া $NO_2$ লিগ্যান্ড-এর জন্য বন্ধন-সমাবয়ব হওয়া সম্ভব।

(vi) দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব হবে।




Cis




Trans

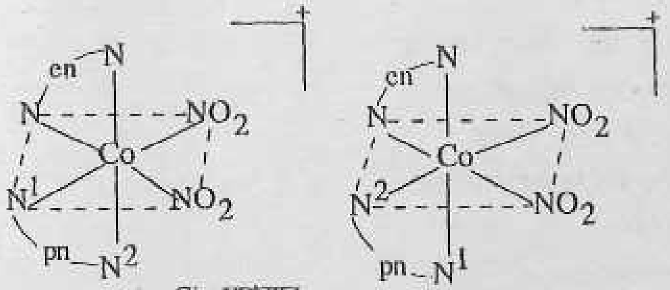
দুটিই আলোক সক্রিয় হবে।

(vii) en লিগ্যান্ডটি প্রতিসম এবং আলোক নিষ্ক্রিয়।

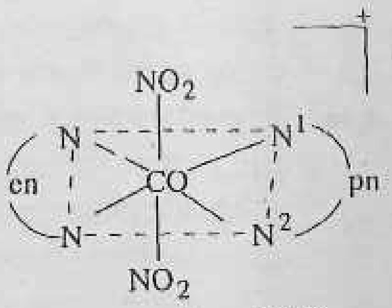
pn লিগ্যান্ডটি অপ্রতিসম এবং আলোক সক্রিয়।

$$\begin{array}{ccc} H_2C & - \; CH \; - & CH_3 \\ | & | & \\ H_2N^1 & N^2H_2 & \end{array}$$

দুটি নাইট্রোজেনকে আলাদাভাবে বোঝানোর জন্য মাথায় 1 ও 2 বসানো হয়েছে।




Cis সমাবয়ব

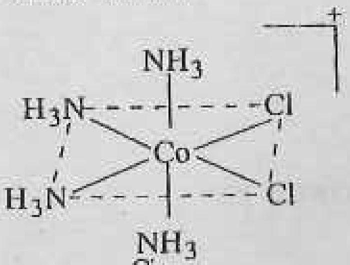



Trans সমাবয়ব

Cis সমাবয়বগুলি সাধারণতঃ আলোক সম্বন্ধীয় সমাবয়ব দেখাবে।

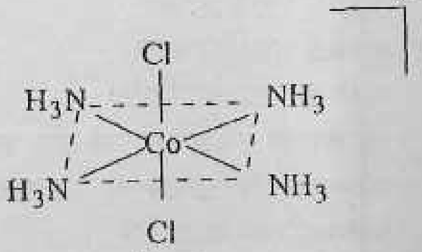
$NO_2$ থাকায় বন্ধন সমাবয়বও সম্ভব।

(viii) Cis ও trans সমাবয়ব।




Cis

দুটিই আলোক নিষ্ক্রিয়




Trans

প্রতিসাম্য তল আছে

(2) পাঠ্যাংশে দেখুন।

# একক 4 ☐ অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন (Aliphatic hydrocarbons)

## A. অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন

গঠন


4.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

4.2 সমাবয়বতা

4.3 অ্যালকেন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি

4.4 অ্যালকেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা

4.5 অ্যালকেনের হ্যালোজেনেশনের মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া কৌশল

4.6 অ্যালকেনের সালফোনেশন

4.7 পরিষ্কারক বা ডিটারজেন্ট

4.8 অ্যালকিন সংশ্লেষনের সাধারণ পদ্ধতি

4.9 হাইড্রোজেনেশনের তাপ এবং অ্যালকিনের স্থায়িত্ব

4.10 অ্যালকিনের ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া

4.10.1 ব্রোমিন যুক্ত হওয়ার বিক্রিয়া-কৌশল

4.10.2 হাইড্রোহ্যালোজেনেশনের বিক্রিয়া-কৌশল

4.10.3 মারকলিকভ সংযোজন

4.10.3.1 পার-অক্সাইড প্রভাব

4.10.4 হাইড্রেশন

4.10.5 হাইড্রোবোরেশন

4.10.6 ওজোনাইড গঠন

4.10.7 ইপক্সিডেশন

4.10.8 হাইড্রক্সিলেশন

4.10.9 পলিমেরাইজেশন

4.11 অ্যালকাইন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি

4.12 অ্যালকাইন হাইড্রোজেনের আম্লিকতা বা আম্লিক প্রকৃতি

4.13 অ্যালকাইনের হাইড্রেশন

4.14 অ্যালকাইনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

4.15 সারাংশ

4.16 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
4.17 উত্তরমালা

## B. বেঞ্জিন, টলুইন

গঠন

4.18 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
4.19 অ্যারোমেটিক যৌগের সমাবয়বতা
4.20 অ্যারোমেটিক যৌগসমূহের নামকরণ
4.21 বেঞ্জিনের রেজোনেন্স গঠন
4.22 বেঞ্জিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাধারণ বিক্রিয়া-কৌশল
4.23 অ্যারোমেটিক যৌগের সংশ্লেষণ
4.23.1 নাইট্রেশন
4.23.2 সালফোনেশন
4.23.3 হ্যালোজেনেশন
4.24 ফ্রিডেল-ক্র্যাফট্‌স্ অ্যালকিলেশন এবং অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া
4.24.1 ফ্রিডেল-ক্র্যাফট্‌স্ অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া
4.24.2 ফ্রিডেল-ক্র্যাফট্‌স্ অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া
4.25 টলুইনের বেঞ্জিন বলয়ে এবং পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজেনেশন
4.26 সারাংশ
4.27 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
4.28 উত্তরমালা

## 4.1 প্রস্তাবনা

হাইড্রোজেন ও কার্বনের যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে। হাইড্রোকার্বনগুলিকে মূলত দু'শ্রেণিতে ভাগ করা যায়ঃ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন মুক্ত-শৃখল ও বৃত্তাকার হতে পারে। উভয় প্রকার যৌগই আবার সম্পৃক্ত বা অসম্পৃক্ত হতে পারে। মুক্ত-শৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে অ্যালকেন এবং অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে অ্যালকিন বা অ্যালকাইন বলে। অ্যালকেনের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}$। এদের প্যারাফিনও বলে। এদের প্রাকৃতিক উৎস হলো পেট্রোলিয়াম এবং প্রাকৃতিক গ্যাস। প্রাকৃতিক উৎস থেকে প্রাপ্ত n-বিউটেনকে (মুখ্য উপাদান) তরলায়িত করে সিলিন্ডারে ভরে এল. পি. জি নামে বাজারে ছাড়া হয়। এই গ্যাস বাড়ীতে আমরা রান্নার কাজে ব্যবহার করি। যে সকল হাইড্রোকার্বনে এক বা একাধিক দ্বি-বন্ধন থাকে তাদের অ্যালকিন বলে। এক দ্বি-বন্ধনযুক্ত

অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}$। প্রকৃতিতে এগুলি উদ্ভিদ এবং পেট্রোলিয়ামে পাওয়া যায়। জীবজগতে এদের সক্রিয় ভূমিকা রয়েছে। যেমন ইথিলিন ফল পাকাতে কাজে লাগে। আবার, যে সকল হাইড্রোকার্বনে এক বা একাধিক ত্রি-বন্ধন থাকে তাদের অ্যালকাইন বলে। এদের বিশেষ ব্যবহারিক প্রয়োগ রয়েছে। যেমন, অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা ধাতুর ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটিলিন থেকে উৎপন্ন পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC), পলিঅ্যাক্রাইলো নাইট্রেট (PAN) প্রভৃতি যৌগের প্লাস্টিক শিল্পে প্রচুর চাহিদা রয়েছে। এছাড়াও বিভিন্ন জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে বিশেষ বিশেষ অ্যালকাইন ব্যবহার করা হয়। ফলে এদের রসায়ন আমাদের জানা উচিত। এই এককে তাই আমরা অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইন নিয়ে আলোচনা করবো।

## উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি যেগুলি জানতে পারবেন সেগুলি হলো —

- সমাবয়বতা কাকে বলে এবং বিভিন্ন সমাবয়বীর গঠন কীভাবে করা হয়
- অ্যালকেন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি, রাসায়নিক সক্রিয়তা, হ্যালোজেনেশন, সালফোনেশন বিক্রিয়ার মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশল
- অ্যালকিন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি হাইড্রোজেনেশন তাপ ও স্থায়িত্ব
- ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া, হাইড্রেশন, হাইড্রোবোরেশন, ওজোনাইড গঠন, ইপক্সিডেশন, হাইড্রক্সিলেশন, পলিমেরাইজেশন
- অ্যালকাইন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি, অ্যালকাইনের আম্লিকতা, হাইড্রেশন এবং প্রতিস্থাপন।

### A. অ্যালকেন

## 4.2 সমাবয়বতা (Isomerism)

**সমাবয়বতা (Isomerism) :** যে সমস্ত জৈব যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু গঠনাকৃতি আলাদা তাদের সমাবয়বী (isomers) বলে। এই ঘটনাকে সমাবয়বতা (isomerism) বলে।

হাইড্রোকার্বনের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা সম্ভব, তাই সেটিই এখানে আলোচনা করা হ'ল।

হাইড্রোকার্বন অণুতে কার্বন শৃঙ্খলের বিভিন্নতার ফলে যে ধরনের সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা (chain isomerism) বলে। মিথেন, ইথেন ও প্রোপেন ছাড়া আর সমস্ত অ্যালকেনই শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা দেখায় যেমন, বিউটেন ($C_4H_{10}$) দুটি সমাবয়বীরূপে থাকতে পারে

$CH_3CH_2CH_2CH_3$ — n- বিউটেন

$(CH_3)_2{>}CH-CH_3$ — আইসোবিউটেন

এভাবে,

| হাইড্রোকার্বন ⟶ | পেন্টেন ($C_5H_{12}$) | হেক্সেন ($C_6H_{14}$) | হেপ্টেন ($C_7H_{16}$) ইত্যাদি। |
|---|---|---|---|
| সমাবয়বীর সংখ্যা⟶ | 3 | 5 | 9 |

অ্যালকেনের গঠন কাঠামোয় কার্বন শৃঙ্খলে কার্বন পরমাণুগুলির বিভিন্ন সজ্জার ফলে এই সমাবয়বীগুলির সৃষ্টি হয়।

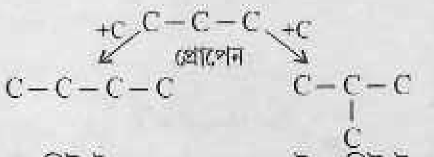
**সমাবয়বী গঠনের তত্ত্ব ঃ** মিথেনের অণুতে 1টি কার্বন পরমাণু (C) থাকে। যেহেতু 1 টি পরমাণু দিয়ে কোনো শৃঙ্খল রচনা করা যায় না তাই মিথেনের কোন সমাবয়বী নেই।
মিথেনের C এর সাথে 1টি C যোগ করে ইথেন অণুর কার্বন শৃঙ্খল C-C পাওয়া যায়।

$C \xrightarrow{+C} C-C$, দুটি পরমাণু দিয়ে একাধিক শৃঙ্খল গঠিত হয় না ফলে ইথেনের কোনো সমাবয়বী নেই।

ইথেনের কার্বন শৃঙ্খলে 1 টি C যোগ করে প্রোপেন পাওয়া যায়

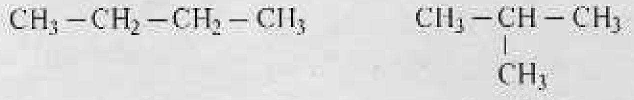
$$C-C \xrightarrow{+C} C-C-C$$

তিনটি পরমাণু দিয়ে যেহেতু একটি শৃঙ্খলই গঠন করা সম্ভব তাই প্রোপেনেরও কোনো সমাবয়বী নেই। প্রোপেনের কার্বন শৃঙ্খলে 1 টি C যোগ করলে বিউটেন পাওয়া যাবে। এই C টি প্রোপেনের শৃঙ্খলে দুভাবে যুক্ত হতে পারে।



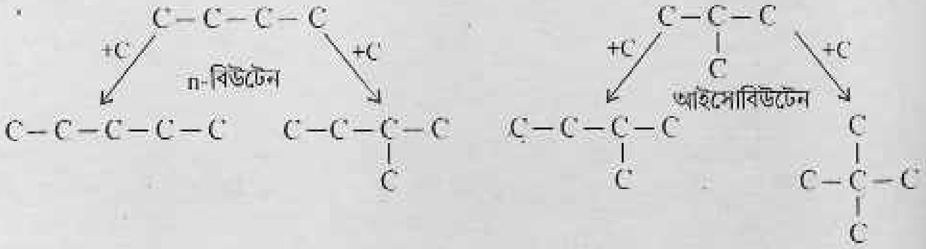

n-বিউটেন আইসোবিউটেন

ফলে তত্ত্ব অনুসারে দুটি বিউটেনের অস্তিত্ব থাকবে। এদের গঠন নিচে লেখা হলো ঃ




n-বিউটেন আইসোবিউটেন

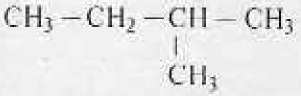
এইভাবেই, বিউটেনের কার্বন শৃঙ্খলে আরও 1 টি করে C যোগ করলে পেন্টেনের কার্বনশৃঙ্খলগুলি পাওয়া যাবে। এগুলি হলো ঃ



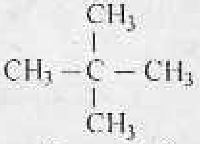

I II III IV

উপরোক্ত 4টি সম্ভাব্য গঠনের মধ্যে II এবং II অভিন্ন। ফলে তত্ত্ব অনুযায়ী পেন্টেন I, II এবং IV এই তিনটি সমাবয়বী রূপে থাকতে পারে।

এগুলি হলো ঃ $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ n-পেন্টেন

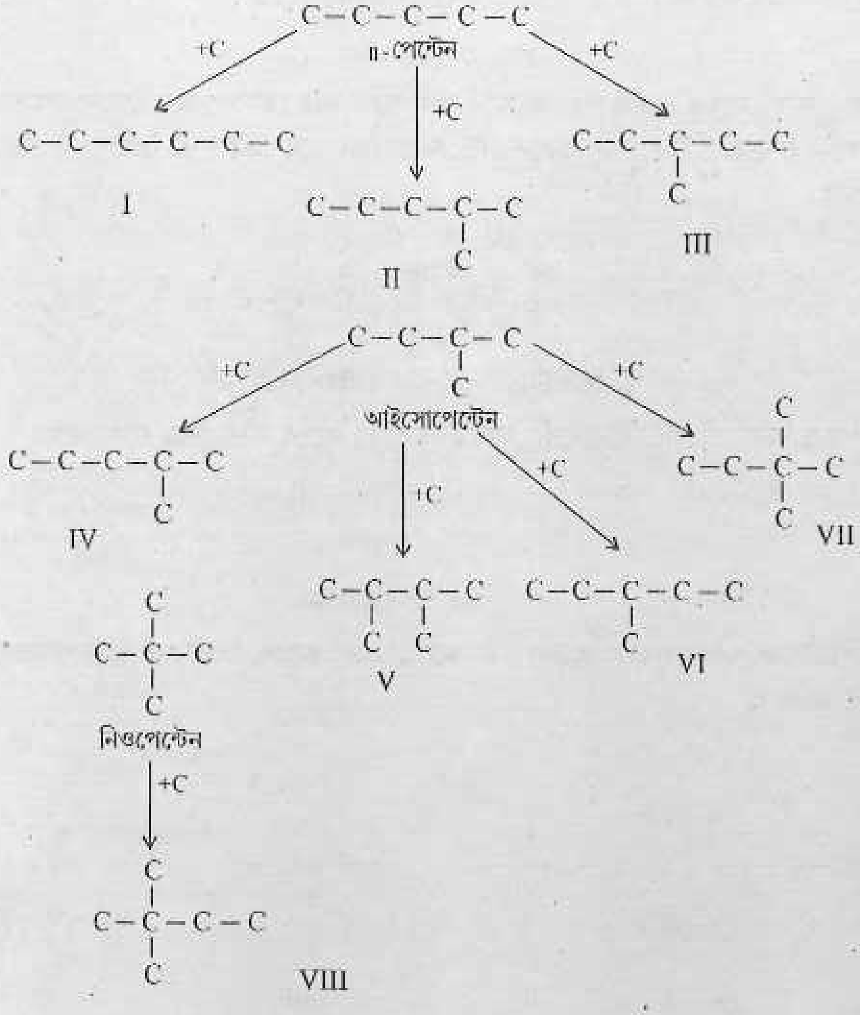


আইসোপেন্টেন বা 2- মিথাইলবিউটেন



নিওপেন্টেন বা 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রোপেন

একইভাবে, পেন্টেনের কার্বন শৃঙ্খলে আরও 1টি করে কার্বন পরমাণু (C) যোগ করলে হেক্সেনের কার্বন শৃঙ্খলগুলি পাওয়া যাবে।



উপরোক্ত ৪ (আট) টি সম্ভাব্য গঠনের মধ্যে II ও IV অভিন্ন, III ও VI একই এবং VII ও VIII একই। ফলে তত্ত্ব অনুসারে হেক্সেন 5 টি সমাবয়বীরূপে থাকতে পারে। এগুলি হলো ঃ

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$ n-হেক্সেন

$$\begin{array}{l} CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_3 \end{array}$$ 2-মিথাইলপেন্টেন

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_2-CH_3$$ 3-মিথাইলপেন্টেন

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_3$$ 2, 3-ডাইমিথাইলবিউটেন

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-CH_3$$ 2,2-ডাইমিথাইলবিউটেন

এভাবে যে-কোনো উচ্চতর অ্যালকেনের বিভিন্ন সমাবয়বীর গঠন আমরা তত্ত্বগতভাবে বলতে পারবো।

**অনুশীলনী-1**

হেপ্টেনের যে-কোনো ৪টি সমবয়বীর কার্বন শৃঙ্খলের গঠন লিখুন।

## 4.3 অ্যালকেন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি (General methods of synthesis of Alkanes)

1) অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বিজারণ দ্বারা ঃ

ধাতব অনুঘটকের (নিকেল, প্লাটিনাম, প্যালাডিয়াম) উপস্থিতিতে উচ্চচাপে (50 অ্যাটমসফিয়ার) হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যালকিনের ও অ্যালকাইনের বিজারণ ঘটিয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন করা হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় (25° সে.) এবং ইথাইল অ্যালকোহল দ্রাবকে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। ধাতব অনুঘটকের উপস্থিতিতে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন দ্বারা এই বিজারণ পদ্ধতিকে "স্যাবাটিয়ার সেনডারেনস্ বিজারণ" (Sabatier-Senderens reduction) বলা হয়।

$$\underset{\text{আলকিন}}{RCH=CHR} + H_2 \xrightarrow[\text{চাপ}]{Ni} \underset{\text{অ্যালকেন}}{RCH_2CH_2R}$$

$$RC\equiv CR + H_2 \xrightarrow[\text{চাপ}]{Ni} \underset{\text{অ্যালকেন}}{RCH_2CH_2R}$$

উদাহরণ ঃ $CH_3CH = CH_2 + H_2 \xrightarrow[\text{চাপ}]{Ni} CH_3CH_2CH_3$

প্রোপিন প্রোপেন

$HC \equiv CH + 2H_2 \xrightarrow[\text{চাপ}]{Ni} CH_3CH_3$

অ্যাসিটিলিন ইথেন

2) অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে ঃ

(a) **অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ দ্বারা ঃ** জিঙ্ক/হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, জিঙ্ক/অ্যাসিটিক অ্যাসিড, জিঙ্ক-কপার-যুগ্ম/ইথাইল অ্যালকোহল দ্বারা অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ ঘটালে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$R - X + 2H \xrightarrow[CH_3COOH]{Zn} RH + HX$$

অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ $CH_3I + 2H \xrightarrow[C_2H_5OH]{Zn/Cu} CH_4 + HI$

মিথাইল আয়োডাইড মিথেন

প্রাইমারি অ্যালকিল হ্যালাইড ও সেকেন্ডারি অ্যালকিল হ্যালাইডকে ইথার দ্রবণে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$) দ্বারা বিজারিত করলেও অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

প্রাইমারি অ্যালকিল হ্যালাইড ঃ

$$CH_3CH_2CH_2I \xrightarrow[\text{ইথার}]{LiAlH_4} CH_3CH_2CH_3$$

1-আয়োডোপ্রোপেন প্রোপেন

$$CH_3 - \underset{\underset{Br}{|}}{CH} - CH_3 \xrightarrow[\text{ইথার}]{LiAlH_4} CH_3CH_2CH_3$$

2-ব্রোমোপ্রোপেন প্রোপেন

(b) **কোরে হাউস সংশ্লেষণ (Corey House Synthesis) ঃ** অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকেন প্রস্তুতির এটি হলো একটি উত্তম পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে ইথার মাধ্যমে অ্যালকিল হ্যালাইড ও লিথিয়ামের বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যালকিল লিথিয়াম প্রস্তুত করা হয়। পরে এটি কিউপ্রাস আয়োডাইডের সাথে বিক্রিয়া করে লিথিয়াম ডাইঅ্যালকিল কিউপ্রেট উৎপন্ন করে। উৎপন্ন লিথিয়াম ডাইঅ্যালকিল কিউপ্রেট বিকারকের কাজ করে। এই বিকারকের সাথে একই অ্যালকিল হ্যালাইড বা ভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাল্কেন পাওয়া যায়।

$$RX + 2Li \xrightarrow{\text{ইথার}} RLi + LiX$$

অ্যালকিল লিথিয়াম

$$2RLi + CuI \longrightarrow R_2CuLi + LiI$$

লিথিয়াম ডাই-অ্যালকিল কিউপ্রেট

$$R_2CuLi + R'X \longrightarrow R - R' + RCu + LiX$$

অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2I \xrightarrow[\text{ইথার}]{Li} CH_3CH_2Li \xrightarrow{CuI} (CH_3CH_2)CuLi \xrightarrow{CH_3CH_2I} CH_3CH_2CH_2CH_3$

ইথাইল আয়োডাইড; n- বিউটেন

অনুশীলনী-2

নীচের বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করুন ঃ

$$(CH_3)_2CHI \xrightarrow[\text{ইথার}]{Li} A \xrightarrow{CuI} B \xrightarrow{CH_3I} C$$

(c) উর্জ বিক্রিয়ার (**Wurtz reaction**) সাহায্যে ঃ ইথারে দ্রবীভূত অ্যালকিল হ্যালাইডের সাথে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় দু'অণু অ্যালকিল হ্যালাইড যুক্ত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে উর্জ বিক্রিয়া বলে।

$$R\,X + Na + Na + X\,R \longrightarrow R - R + 2NaX$$

অ্যালকিল হ্যালাইড; অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ

(i) $CH_3I + 2Na + CH_3I \longrightarrow CH_3CH_3 + 2NaI$

মিথাইল আয়োডাইড; ইথেন

(ii) $CH_3Br + 2Na + CH_3CH_2Br \longrightarrow CH_3CH_2CH_3 + 2NaBr$

প্রোপেন

এই বিক্রিয়ায় আরও দুটি যৌগ ইথেন ($CH_3\,CH_3$) ও n-বিউটেন ($C_4H_{10}$) উৎপন্ন হয়। ফলে অযুগ্ম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিটি সুবিধাজনক নয়।

(d) গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে ঃ শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণে অ্যালকিল হ্যালাইড ও ম্যাগনেশিয়াম চূর্ণের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড বা গ্রিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন হয়।

$$R-X + Mg \xrightarrow[\text{ইথার}]{\text{শুষ্ক}} RMgX$$

অ্যালকিল হ্যালাইড — গ্রিগনার্ড বিকারক

গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথারীয় দ্রবণে শীতল জল বা লঘু অ্যাসিড যোগ করলে অ্যালকেন পাওয়া যায়।

$$RMgX + HOH \longrightarrow RH + Mg(OH)X$$

অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ

$$CH_3CH_2Br + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3CH_2MgBr \xrightarrow{H_2O} CH_3CH_3 + Mg(OH)Br$$

ইথাইল ব্রোমাইড — ইথেন

অনুশীলনী-3

নীচের বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করুন ঃ

$$CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} ? \xrightarrow{H_2O} ? + Mg(OH)I$$

3) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে ঃ

(a) ডি-কার্বক্সিলেশন (**Decarboxylation**) ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের শুষ্ক সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম (কলিচুনের ওপর শোষিত NaOH) সহ উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের কার্বন ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) অপসারিত হয়।

$$RCOONa + NaOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{CaO} RH + Na_2CO_3$$

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ — অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{CaO} CH_4 + Na_2CO_3$

সোডিয়াম অ্যাসিটেট — মিথেন

(b) কোলবের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Kolbe's electrolytic method) ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণ প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$2RCOOK + 2H_2O \longrightarrow R-R + 2CO_2 + 2KOH + H_2\uparrow$$

অ্যালকেন

উদাহরণ ঃ পটাশিয়াম অ্যাসিটেটের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে ইথেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে এই মিশ্রণ পাঠালে কার্বন ডাইঅক্সাইড শোষিত হয় এবং ইথেন নির্গত হয়। ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।

বিক্রিয়া : $CH_3COOK \underset{\text{দ্রবণ}}{\overset{\text{জলীয়}}{\rightleftharpoons}} CH_3COO^- + K^+$

অ্যানোডে বিক্রিয়া :

$$2CH_3COO^- \xrightarrow{-2e} \underset{\text{মুক্ত-মূলক}}{\left[2CH_3CO\dot{O}\right]} \longrightarrow CH_3CH_3 + 2CO_2$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া :

$$2K^+ \xrightarrow[2H_2O]{+2e} 2KOH + H_2\uparrow$$

**অনুশীলনী-4**

কীভাবে প্রস্তুত করবেন ?

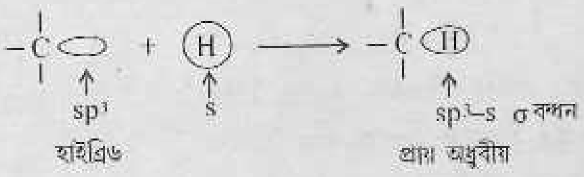
(i) প্রোপানোয়িক অ্যাসিড থেকে বিউটেন।

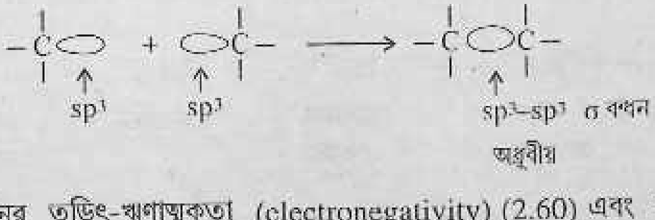
(ii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে মিথেন।

## 4.4 অ্যালকেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা (Chemical reactivity of alkanes)

সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যালকেনসমূহ বেশির ভাগ বিকারকের সাথেই বিক্রিয়া করে না।

অ্যালকেনগুলির আপেক্ষিক স্থায়িত্ব বা এদের বিভিন্ন বিকারকের প্রতি নিষ্ক্রিয়তা অ্যালকেনে উপস্থিত C - C এবং C - H বন্ধনের প্রকৃতি অনুযায়ী ব্যাখ্যা করা যায়।




যেহেতু কার্বনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (electronegativity) (2.60) এবং হাইড্রোজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (2.1) প্রায় কাছাকাছি ফলে C – H বন্ধনের ইলেকট্রন দুটি উভয় পরমাণুর মধ্যে প্রায় সমানভাবে বন্টিত হয়। ফলে C – H বন্ধন প্রায় অধ্রুবীয় (non-polar) প্রকৃতির হয়। এটি C – C বন্ধনের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। ফলে C – C বন্ধন অধ্রুবীয়। তাই ধ্রুবীয় বিকারক (যেমন অ্যাসিড, ক্ষার,

জারক, বিজারক দ্রব্য) ও অ্যালকেনের মধ্যে সাধারণ অবস্থায় কোনো বিক্রিয়া হয় না। আবার C – C এবং C – H বন্ধন দুটির বন্ধন-দৈর্ঘ্য কম এবং সুদৃঢ়। ফলে অ্যালকেন ও বিকারকের এলোমেলো সংঘর্ষের ফলে উৎপন্ন শক্তি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাতে সক্ষম হয় না। কিন্তু অধিক তাপমাত্রায় এই সংঘর্ষের ফলে যে শক্তি উৎপন্ন হয় তা C – H বন্ধন ভাঙতে সক্ষম হয়। এই ভাঙ্গানের ফলে মুক্ত-মূলক উৎপন্ন হয়।

$$R - H \xrightarrow{\Delta} R\cdot + \cdot H$$

মুক্ত-মূলক

উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যালকেন ও বিকারকের বিক্রিয়া মুক্ত-মূলকের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

অ্যালকেনসমূহ দুধরনের বিক্রিয়া দেয় ঃ 1) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ; 2) তাপীয় ও অনুঘটকজনিত বিক্রিয়া

1) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মধ্যে হ্যালোজেনেশন, নাইট্রেশন, সালফোনেশন প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

2) তাপীয় ও অনুঘটকজনিত বিক্রিয়ার মধ্যে জারণ, ক্র্যাকিং, সমাবয়বতা উল্লেখযোগ্য।

## 4.5 অ্যালকেনের হ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ার মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশল (Mechanism for free-radical halogenation reactions)

অ্যালকেনের এক বা তার অধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হলে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন–

$$R - H + X_2 \longrightarrow R - X + HX$$

হ্যালোজেনের বিক্রিয়ার ক্রম

$$F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$$

এক্ষেত্রে ফ্লুওরিন অত্যধিক সক্রিয় আবার আয়োডিন অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। তাই প্রধানত $Cl_2$ এবং $Br_2$ এর সাথে অ্যালকেনের বিক্রিয়াগুলি মুক্ত-মূলকের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।

**উদাহরণ ঃ** আলো বা তাপের উপস্থিতিতে অ্যালকেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঃ

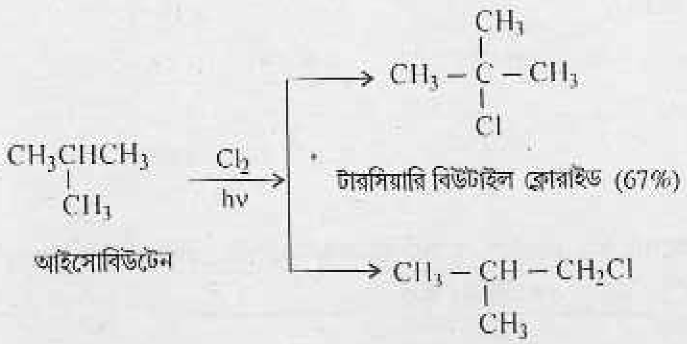
(i) $$CH_4 \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CHCl_3 \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CCl_4$$

মিথেন, মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম, কার্বনটেট্রা-ক্লোরাইড

(ii) $$C_2H_6 \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CH_3CH_2Cl \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} CH_3CHCl_2 + CH_2ClCH_2Cl$$

ইথেন, ইথাইল ক্লোরাইড, 1,1 ডাইক্লোরোইথেন, 1,2 ডাইক্লোরোইথেন

(iii)



আইসোবিউটেন → টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড (67%) + আইসোবিউটাইল ক্লোরাইড (33%)

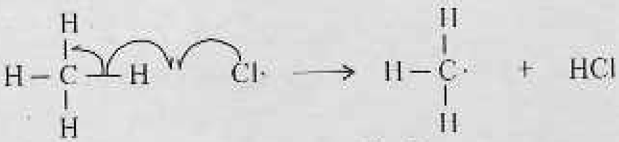
**বিক্রিয়া কৌশল ঃ** উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।

সূচনা (Initiation) ধাপে বা প্রথম ধাপে আলো বা তাপের প্রভাবে ক্লোরিন অণুর সুষম বিভাজনের ফলে ক্লোরিন মুক্ত-মূলক (Cl·) উৎপন্ন হয়। সুষম বিভাজন একটি তাপগ্রাহী বিক্রিয়া। ক্লোরিনের ক্ষেত্রে মোল প্রতি 58 Kcal শক্তির প্রয়োজন হয়।

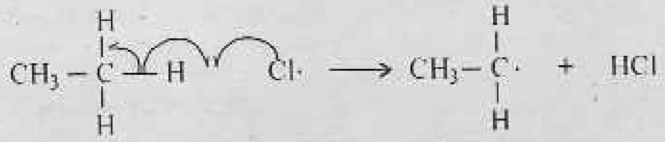
ক্লোরিন মুক্ত-মূলক

[এই ⌒ অর্ধতীরচিহ্নটি একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরকরণ বোঝায়]

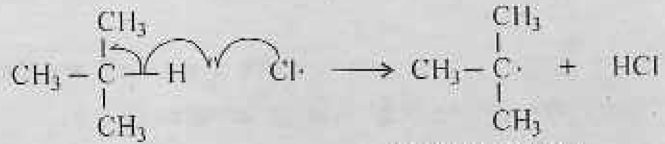
বিস্তার ধাপে (Propagation step) বা দ্বিতীয় ধাপে, ক্লোরিন মুক্ত-মূলক অ্যালকেন অণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু গ্রহণ করে HCl এবং অ্যালকিল মুক্ত-মূলক উৎপন্ন করে।



মিথাইল মুক্ত-মূলক

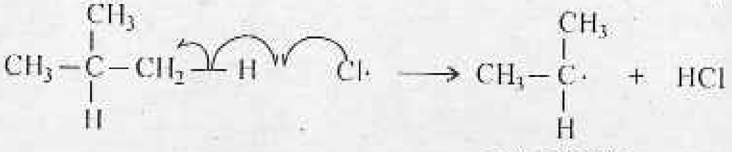


ইথাইল মুক্ত-মূলক



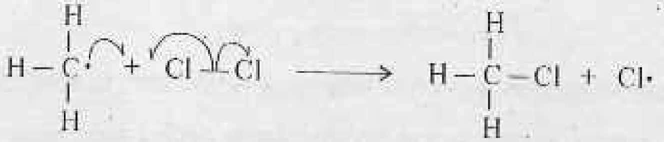
টারসিয়ারি বিউটাইল মুক্ত-মূলক

বা

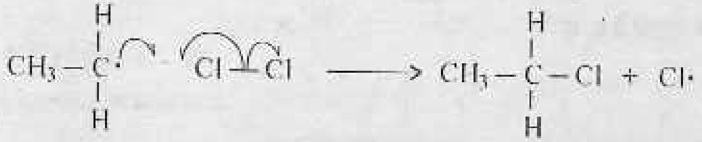


আইসোবিউটাইল
মুক্ত-মূলক

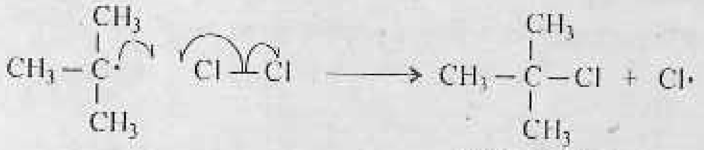
তৃতীয় ধাপে বা বিস্তার ধাপের দ্বিতীয় ধাপে অ্যালকিল মুক্ত-মূলকটি ক্লোরিন অণুর সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকিল ক্লোরাইড এবং ক্লোরিন মুক্ত-মূলক উৎপন্ন করে।



মিথাইল ক্লোরাইড

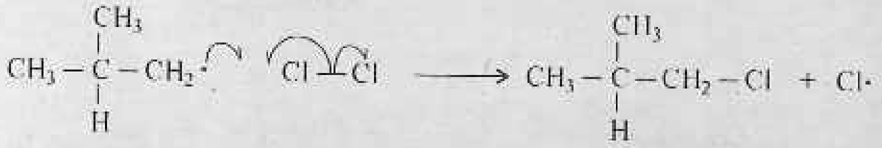


ইথাইল ক্লোরাইড



টারসিয়ারি বিউটাইল
ক্লোরাইড

বা

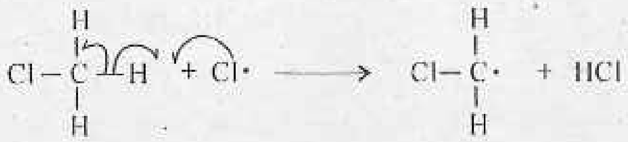


আইসোবিউটাইল ক্লোরাইড

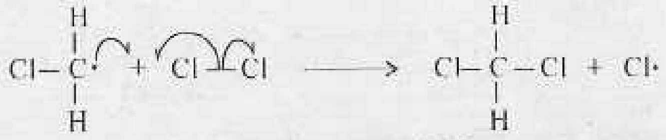
দ্বিতীয় এবং তৃতীয় ধাপটি এভাবে পর্যায়ক্রমে ঘটতে থাকে যতক্ষন পর্যন্ত মাধ্যমে ক্লোরিন অণু উপস্থিত থাকে।

মুক্ত-মূলকের স্থায়িত্বের বিচারে $3^{o} > 2^{o} > 1^{o}$ ; অর্থাৎ মুক্ত-মূলকটি যত স্থিতিশীল হবে বিস্তার ধাপে সেটিই প্রথমে উৎপন্ন হবে এবং পরবর্তী বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে।

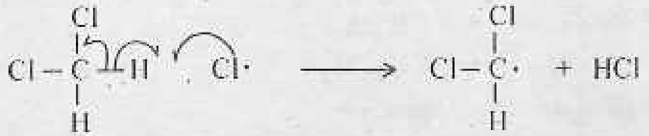
মিথেনের ক্ষেত্রে আগের ধাপে উৎপন্ন Cl· ও $CH_3Cl$ এর অনুরূপ বিক্রিয়ায় $\cdot CH_2Cl$ ও HCl গঠিত হয়।

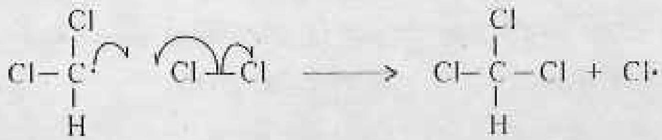


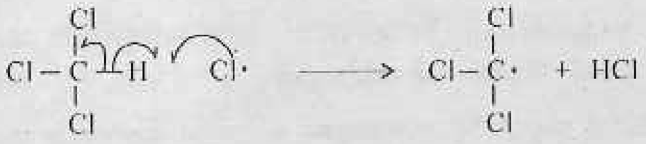
এভাবে,

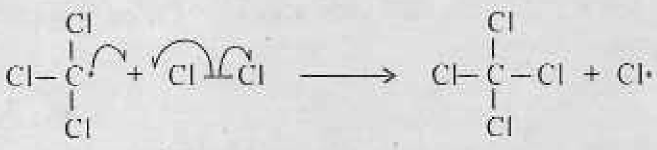


মিথিলিন ক্লোরাইড

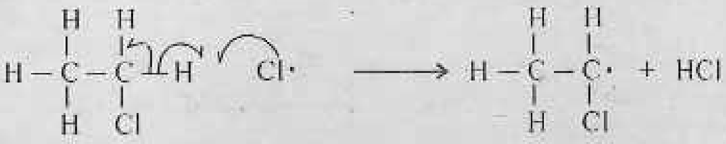


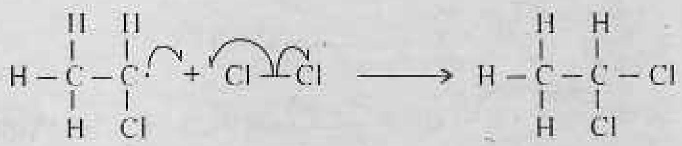




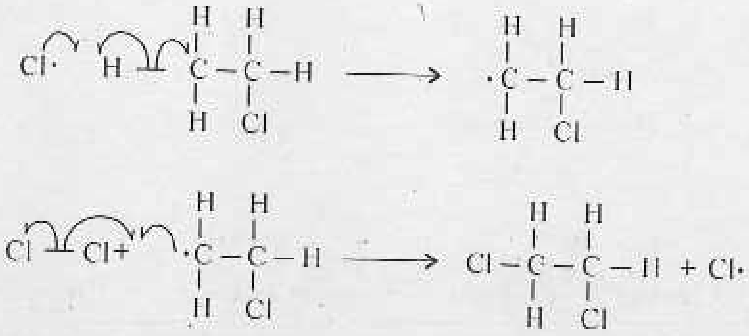


ইথেনের ক্ষেত্রে,





বা,



পরিশেষে মুক্ত-মূলকের মধ্যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে পরিসমাপ্তি (Termination) ঘটে।

$$Cl\cdot + Cl\cdot \rightarrow Cl_2$$
$$CH_3\cdot + Cl\cdot \rightarrow CH_3Cl$$
$$CH_3\cdot + CH_3\cdot \rightarrow CH_3CH_3$$

মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশলের সপক্ষে প্রমাণ ঃ

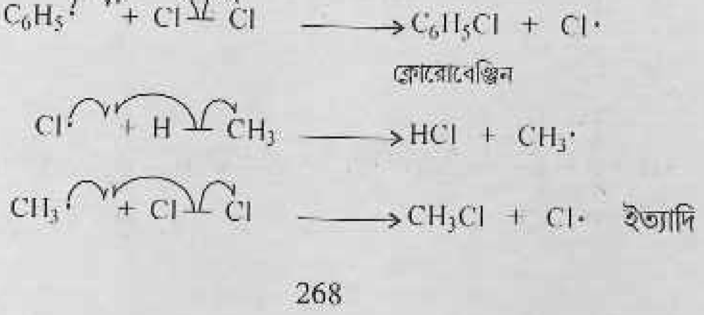
(1) অ্যালকেন ও ক্লোরিন মিশ্রণে স্বল্প পরিমাণ অক্সিজেন অণুর উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটির গতি মন্থর হয়। কারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মিথাইল মুক্ত-মূলকের সাথে অক্সিজেন অণুর বিক্রিয়া ঘটে এবং খুবই কম সক্রিয় মিথাইল পারক্সি ($CH_3 — O — O.$) মুক্ত-মূলক উৎপন্ন হয়।

বিস্তার ধাপে (Propagation step) উৎপন্ন মিথাইল পারক্সি মুক্ত-মূলকটির অবদান একেবারে কম। ফলে কম সক্রিয় মুক্ত-মূলকটি বিক্রিয়ার গতি কমিয়ে দেয়।

(2) আলো বা তাপের অনুপস্থিতিতে অ্যালকেন ও ক্লোরিন মিশ্রণের মধ্যে অন্যভাবে সৃষ্ট মুক্ত-মূলকের উপস্থিতিতে যদি বিক্রিয়াটি ঘটে থাকে তবে ধরে নিতে হবে যে বিক্রিয়াটি মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমেই ঘটছে।

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_5 \xrightarrow[\text{অন্ধকার}]{25^\circ \text{ সে.}} C_6H_5\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O\cdot \xrightarrow{CO_2} 2C_6H_5\cdot$$

বেঞ্জোয়িল পার-অক্সাইড — ফিনাইল মুক্ত-মূলক



অনুশীলনী-5

বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়াটির বিক্রিয়া-কৌশল আলোচনা করুন।

## 4.6 অ্যালকেনের সালফোনেশন (Sulphonation of Alkanes)

সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-SO_3H$) দ্বারা কোন জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপন করাকে সালফোনেশন বলে। সাধারণ অবস্থায় অ্যালকেনকে যখন ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে দীর্ঘক্ষণ বিক্রিয়া ঘটানো হয় তখন অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে অ্যালকিল সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{অ্যালকেন}}{R-H} + HO-SO_3H \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিল সালফোনিক অ্যাসিড}}{R-SO_3H} + H_2O$$

উদাহরণ ঃ

$$C_6H_{13}-H + HO-SO_3H \longrightarrow \underset{\text{হেক্সাইল সালফোনিক অ্যাসিড}}{C_6H_{13}-SO_3H} + H_2O$$

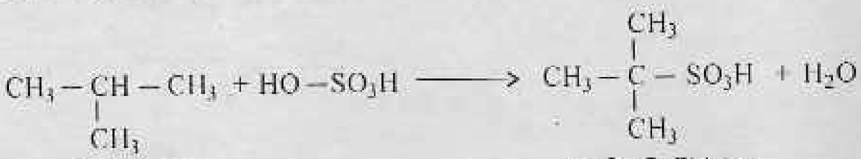
বিক্রিয়া-কৌশল ঃ সালফোনেশন বিক্রিয়া মুক্ত-মূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

$$HO-SO_3H \xrightarrow{\text{তাপ}} HO\cdot + \cdot SO_3H$$

$$C_6H_{13}-H + HO\cdot \longrightarrow C_6H_{13}\cdot + H_2O$$

$$C_6H_{13}\cdot + \cdot SO_3H \longrightarrow C_6H_{13}-SO_3H$$

মিথেন, ইথেন অপেক্ষা আইসোবিউটেনের সালফোনেশন সহজেই ঘটে।



আইসোবিউটেন

টারসিয়ারি বিউটাইল সালফোনিক আসিড

কারণ টারসিয়ারি হাইড্রোজেন, প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। সালফোনিক অ্যাসিড মূলক কর্তৃক হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপন ক্রম

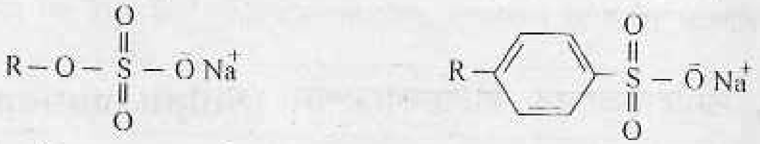
টারসিয়ারি > সেকেন্ডারি > প্রাইমারি

ব্যবহার ঃ অ্যালকিল সালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত লবণগুলি ডিটারজেন্ট রূপে ব্যবহৃত হয়।

## 4.7 পরিষ্কারক বা ডিটারজেন্ট (Detergents)

রাসায়নিকভাবে সাধারণত সোডিয়াম অ্যালকিল সালফেট এবং সোডিয়াম অ্যালকিল বেঞ্জিন সালফোনেটকে

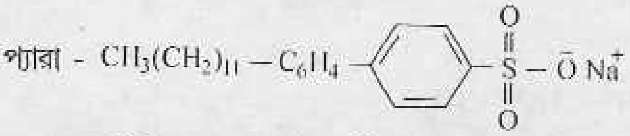
ডিটারজেন্ট বলে। [$SO_4^{=}$ এবং $SO_3^{-}$ মূলকদ্বয়কে যথাক্রমে সালফেট এবং সালফোনেট মূলক বলা হয়।]



সোডিয়াম অ্যালকিল সালফেট                সোডিয়াম অ্যালকিলবেঞ্জিন সালফোনেট

উদাহরণ ঃ $CH_3(CH_2)_{10}CH_2-O-\overset{O}{\underset{O}{\overset{\|}{\underset{\|}{S}}}}-\bar{O}\,Na^+$

সোডিয়াম লরিল সালফেট

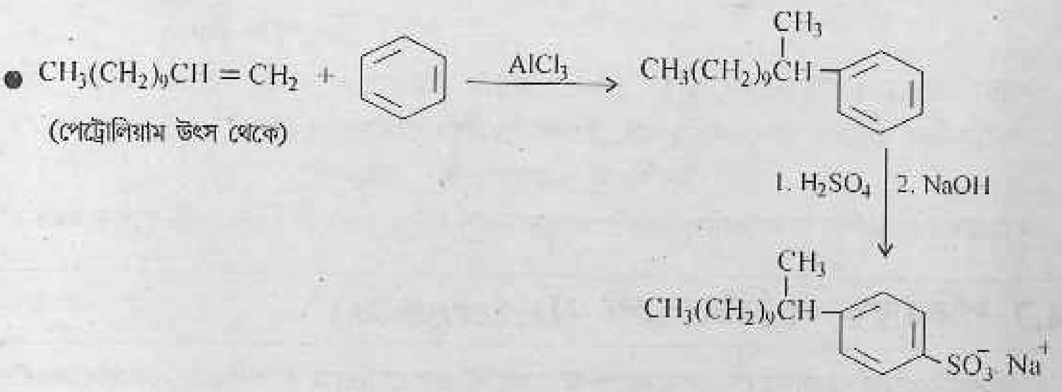


সোডিয়াম *p*-ডোডেসাইলবেঞ্জিনসালফোনেট

প্রস্তুতি ঃ ● পাম তেল বা নারকেল তেল $\xrightarrow{\text{হাইড্রোজেনোলিসিস}}$

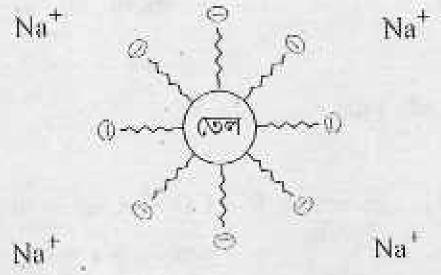
$$\underset{\text{লরিল অ্যালকোহল}}{CH_3(CH_2)_{10}CH_2OH} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{লরিল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3(CH_2)_{10}CH_2O-\overset{O}{\underset{O}{\overset{\|}{\underset{\|}{S}}}}-OH}$$

$$\xrightarrow{NaOH} \underset{\text{সোডিয়াম লরিল সালফেট}}{CH_3(CH_2)_{10}CH_2O-\overset{O}{\underset{O}{\overset{\|}{\underset{\|}{S}}}}-\bar{O}\,Na^+}$$



সোডিয়াম *p*-ডোডেসাইলবেঞ্জিনসালফোনেট

পরিষ্কার করার কৌশল ঃ ডিটারজেন্ট অণুতে একটি জল-বিকর্ষী সরল দীর্ঘ শৃঙ্খল বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন অংশ এবং একটি জল-আকর্ষী আয়নীয় অংশ $-SO_3Na^+$ থাকে। ডিটারজেন্ট অণু এমনভাবে জলে দ্রবীভূত হয় যে আয়নীয় অংশ জলের মধ্যে থাকে এবং হাইড্রোকার্বন অংশ জলের বাইরের দিকে থাকে। এই বিপরীত ধর্মের জন্য ডিটারজেন্ট জলের পৃষ্ঠ-টান (surface tension) কমিয়ে




মাইসেলি

দেয়। জলের ভিতরে যে ডিটারজেন্ট অণুগুলি থাকে সেগুলি একত্র হয়ে ত্রিমাত্রিক আকার গ্রহণ করে যার বাইরের দিকে আয়ণীয় অংশ এবং ভিতরের দিকে হাইড্রোকার্বন অংশ থাকে। এই ত্রিমাত্রিক আকারে অণুসমূহকে 'মাইসেলি' (micelles) বলে। যখন জামা কাপড়ের তেলজাতীয় ময়লা 'মাইসেলির' সংস্পর্শে আসে তখন হাইড্রোকার্বন অংশ তেলে দ্রবীভূত হয়। এর ফলে বাইরের দিকে ঋণাত্মক আধান থাকে। এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে কিন্তু জলের দ্বারা আকর্ষিত হয়। বিকর্ষণ করে বলে অধঃক্ষিপ্ত হয় না এবং জামা-কাপড়ে পুণরায় জমে যায় না। ফলে জল দিয়ে এগুলিকে সহজেই দূরীভূত করা যায়।

**অনুশীলনী-6**

ডিটারজেন্ট কাকে বলে? এর দ্বারা জামা-কাপড়ের তেলজাতীয় ময়লা দূরীভূত করার কৌশলটি আলোচনা করুন।

## 4.8 অ্যালকিন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি (General methods for synthesis of alkenes)

1) অ্যালকোহলের নিরুদন (Dehydration of alcohols) ঃ অ্যালকোহলকে নিরুদিত করে অর্থাৎ অ্যালকোহল থেকে জল অপসারিত করে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। অ্যালকোহলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে 170° সে. এর কাছাকাছি তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{RCH_2CH_2OH} \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{অ্যালকিন}}{RCH=CH_2} + H_2O$$

উদাহরণ ঃ

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

ইথাইল অ্যালকোহল ইথিলিন

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2SO_4} CH_3CH = CH_2 + H_2O$$

প্রোপাইল অ্যালকোহল প্রোপিন

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ**

সাধারণভাবে গৃহীত বিক্রিয়া-কৌশলটি হলো ঃ

$$R - CH_2 - CH_2 - \ddot{O}H \underset{\text{দ্রুতগতি}}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} R - CH_2 - CH_2 - \overset{+}{\ddot{O}}H_2$$

অ্যালকোহল অক্সোনিয়াম আয়ন

$$R - CH_2 - CH_2 - \overset{+}{\ddot{O}}H_2 \underset{-H_2O}{\overset{\text{ধীরগতি}}{\rightleftharpoons}} R - CH_2 - \overset{+}{C}H_2$$

কার্বোক্যাটায়ন

$$H_2\ddot{O} \quad R - \underset{|}{\overset{H}{C}}H - \overset{+}{C}H_2 \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} RCH = CH_2 + H_3O^+$$

অ্যালকিন

$H_2SO_4$-এর উপস্থিতিতে, মুক্ত কার্বোক্যাটায়ন হিসাবে না থেকে $RCH_2\overset{+}{C}H_2 + HS\bar{O}_4 \longrightarrow RCH_2CH_2 - O - SO_3H$ উৎপন্ন হতে পারে। পরবর্তী ধাপে

$$HS\bar{O}_4 \quad R - \underset{|}{\overset{H}{C}}H - CH_2 - O\,SO_3H \rightleftharpoons RCH = CH_2 + H_2SO_4$$

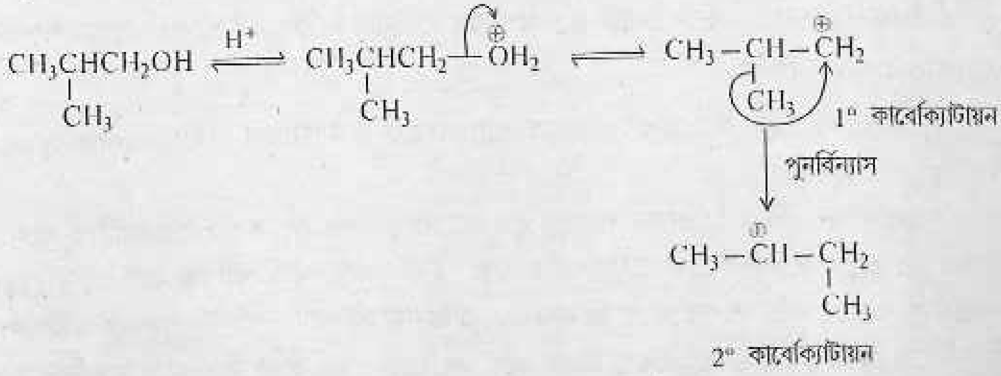
অ্যালকোহলের $-\ddot{O}H$ মূলকের অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় অ্যাসিড থেকে প্রোটন (H+) গ্রহণ করে দ্রুতগতিতে অক্সোনিয়াম আয়ন গঠন করে। এর থেকে ধীরগতিতে এক অণু জল অপসারিত হয়ে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। কার্বোক্যাটায়নটির সন্নিহিত কার্বণ পরমাণু থেকে দ্রুতগতিতে প্রোটন বেরিয়ে গেলে অ্যালকিন গঠিত হয়। এটি পরীক্ষাগার পদ্ধতি।

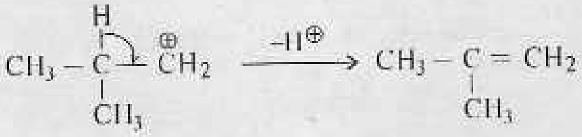
সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) ব্যবহার করা যেতে পারে। এক্ষেত্রে $350°$ সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার ওপর দিয়ে অ্যালকোহল বাষ্প পরিচালনা করা হয়। ($Al_2O_3$) লিউইস (Lewis acid) হিসাবে কাজ করে। এই পদ্ধতি শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{(Al_2O_3)} CH_3CH = CH_2 + H_2O$$

n- প্রোপাইল অ্যালকোহল　　　　　　　　প্রোপিন

অ্যালকোহলের নিরুদনের সময় অনেকক্ষেত্রে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া ঘটতে পারে। অধিক স্থিতিশীল 2° কার্বোক্যাটায়ন সৃষ্টির প্রবণতার জন্যই এই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া ঘটে। এর ফলে সমাবয়বী অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



1° কার্বোক্যাটায়ন

$$CH_3\overset{\oplus}{C}H - CH_2CH_3 \longrightarrow CH_2 = CH - CH_2CH_3 \text{ (গৌণ)}$$

2° কার্বোক্যাটায়ন

$$\longrightarrow CH_3CH = CHCH_3 \text{ (মুখ্য)}$$

2) অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অপসারণ (dehydrohalogenation of Alkyl halides) :

অ্যালকিল হ্যালাইডকে অ্যালকোহলীয় পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$RCH_2CH_2 - X \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{ইথানল, KOH}} RCH = CH_2 + KX + H_2O$$

(X = Cl, Br, I)　　　　　　　　অ্যালকিন

অ্যালকিল হ্যালাইড

উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2Br \xrightarrow[\text{ইথানল, তাপ}]{KOH} CH_2=CH_2 + KBr + H_2O$

ইথাইল ব্রোমাইড ইথিলিন

$CH_3CH_2CH_2I \xrightarrow[\text{ইথানল, তাপ}]{KOH} CH_3CH=CH_2 + KI + H_2O$

n- প্রোপাইল আয়োডাইড প্রোপিন

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ এই বিক্রিয়াটি E2 অপনয়ন বিক্রিয়ার বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়। এর জন্য একক 5 দেখুন।

3) অ্যালকিলিডিন ডাইহ্যালাইড থেকে হ্যালোজেনের অপসারণ (Dehydrohalogenation of vicinal dihalides) :

অ্যালকেনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি হ্যালোজেন পরমাণু কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকিলিডিন ডাইহ্যালাইড বলে। একই কার্বনে প্রতিস্থাপিত হলে 'জেম' (gem) এবং পাশাপাশি কার্বনে প্রতিস্থাপিত হলে 'ভিস' (vic) ডাইহ্যালাইড বলে। এই উভয়প্রকার ডাইহ্যালাইডকেই মিথানল ও জিঙ্ক চূর্ণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে এক অণু হ্যালোজেন অপসারিত হয়ে অ্যালকিন গঠন করে।

$RCH_2CHX_2 \xrightarrow[CH_3OH,\ \text{তাপ}]{Zn} RCH = CH_2 + ZnX_2$

'জেম'-ডাই-হ্যালাইড অ্যালকিন

$RCHXCH_2X \xrightarrow[CH_3OH,\ \text{তাপ}]{Zn} RCH = CH_2 + ZnX_2$

'ভিস'-ডাইহ্যালাইড অ্যালকিন

উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2CHBr_2 \xrightarrow[CH_3OH,\ \text{তাপ}]{Zn} CH_3CH=CH_2 + ZnBr_2$

প্রোপিলিডিন ডাইব্রোমাইড প্রোপিন

$\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}} - \overset{\displaystyle Br}{\overset{|}{CH_2}} \xrightarrow[CH_3OH\ \text{তাপ}]{Zn} CH_2 = CH_2 + ZnBr_2$

1.2- ডাইব্রোমোইথেন ইথিলিন

অনুশীলনী-7

নিচের বিক্রিয়ায় A, B সনাক্ত করুন ঃ

$(CH_3)_2CHCH_2OH \xrightarrow{H^+} A + B$

(মুখ্য) (গৌণ)

## 4.9 হাইড্রোজেনেশনের তাপ এবং অ্যালকিনের স্থায়িত্ব (Heat of hydrogenation and stability of alkenes)

অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় মোলপ্রতি যে পরিমাণ তাপ নির্গত হয় তাকে হাইড্রোজেনেশনের তাপ ($\Delta H$) বলে। অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশন হলো একটি তাপ উৎপাদনকারী বিক্রিয়া।

অ্যালকিন হাইড্রোজেন অ্যালকেন

হাইড্রোজেনেশনের ফলে একটি C – C $\pi$ বন্ধন ও একটি H – H $\sigma$ ভেঙ্গে দুটি C – H $\sigma$ গঠিত হয়। $\pi$ বন্ধন ভাঙ্গাতে মোল প্রতি প্রায় 60 কি.ক্যাল এবং H – H $\sigma$ বন্ধন ভাঙ্গাতে মোল প্রতি প্রায় 104 কি.ক্যাল তাপ প্রয়োজন। আবার দুটি C – H $\sigma$ বন্ধন গঠনের ফলে মোল প্রতি প্রায় 2 × 97 কি. ক্যাল তাপ উৎপন্ন হয়। সুতরাং হাইড্রোজেনেশের তাপ (heat of hydrogenation),

$$\Delta H = 2 \times 97 - (60 + 104) \text{ কি.ক্যাল/মোল}$$

$$= (194 - 164) \text{ কি.ক্যাল/মোল}$$

$$= 30 \text{ কি.ক্যাল/মোল}$$

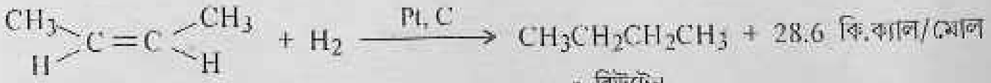
$\Delta H$-এর প্রকৃত মান অ্যালকিনের গঠন, কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে যুক্ত অ্যালকিল মূলকের সংখ্যা ও তাদের বিন্যাসের ওপর নির্ভর করে।

হাইড্রোজেনেশনের তাপ এবং অ্যালকিনের স্থিতিশীলতা ঃ হাইড্রোজেনেশনের তাপ পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা যায় এবং অ্যালকিনের আভ্যন্তরীণ শক্তিমাত্রা মাপতে এই মান সরাসরি প্রয়োগ করা হয়। অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশন শক্তি ($\Delta H$) বেশি হলে অ্যালকিনটির আভ্যন্তরীণ শক্তিমাত্রা বেশি হবে এবং অ্যালকিনটি কম স্থিতিশীল হবে।

নিচের উদাহরণগুলিতে কয়েকটি অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশনের তাপ ($\Delta H$) দেখানো হলো ঃ

$$CH_3CH_2CH = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt,\ C} CH_3CH_2CH_2CH_3 + 30.30 \text{ কি.ক্যাল/মোল}$$

1-বিউটিন n-বিউটেন




n-বিউটেন

সিস্-2-বিউটিন

$$\underset{\text{ট্রান্স-2-বিউটিন}}{\overset{CH_3}{\underset{H}{}}\!>\!C=C\!<\!\overset{H}{\underset{CH_3}{}}} + H_2 \xrightarrow{Pt, C} \underset{\text{n-বিউটেন}}{CH_3CH_2CH_2CH_3} + 27.6 \text{ কি. ক্যাল/মোল}$$

উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলিতে প্রতিক্ষেত্রেই উৎপাদিত যৌগ n- বিউটেন একই হয় কিন্তু হাইড্রোজেনেশনের তাপ ($\Delta H$) ভিন্ন মাত্রার হয়। তাপের ($\Delta H$) এই পার্থক্য অ্যালকিনের স্থিতিশীলতার সাথে সম্পর্কযুক্ত। সিস্-2-বিউটিন এবং ট্রান্স-2-বিউটিন অপেক্ষা 1-বিউটিন বেশি পরিমাণে হাইড্রোজেনেশনের তাপ নির্গত করে। সুতরাং 1-বিউটিনের আভ্যন্তরীণ শক্তিমাত্রা এই ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি। তাই 1-বিউটিন এদের মধ্যে সবচেয়ে কম স্থিতিশীল। অপরপক্ষে, ট্রান্স-2-বিউটিনে $\Delta H$-এর মান সর্বাপেক্ষা কম বলে আভ্যন্তরীণ শক্তিমাত্রাও কম। ফলে ট্রান্স-2-বিউটিন সর্বাপেক্ষা বেশি স্থিতিশীল। সিস্-2-বিউটিনের স্থিতিশীলতা এই দুটি যৌগের মাঝামাঝি।

ট্রান্স-অ্যালকিন সিস্-অ্যালকিন অপেক্ষা বেশি স্থিতিশীল। সিস্-অ্যালকিনের ক্ষেত্রে অ্যালকিল মূলক দুটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের একই দিকে এক তলে অবস্থান করে। অ্যালকিল মূলক দুটির পারস্পরিক দূরত্ব তাদের ভ্যান ডার ওয়াল ব্যাসার্ধের যোগফলের চেয়ে কম হয় এবং তারা পরস্পর বিকর্ষণ করে ফলে শক্তিমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এটিকে স্টেরিক প্রভাব বলে। অ্যালকিল মূলকের জায়গায় ছোট মূলক/পরমাণু থাকলে স্টেরিক প্রভাব জনিত শক্তিমাত্রা বৃদ্ধি পায় না। ফলে অ্যালকিনটি স্থিতিশীল হয়। অর্থাৎ কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনে ছোট আকারের মূলক/পরমাণু যুক্ত অ্যালকিন কার্বন - কার্বন দ্বিবন্ধনে বড় আকারের মূলক/পরমাণু যুক্ত অ্যালকিন অপেক্ষা বেশি স্থিতিশীল হয়।

**অনুশীলনী-৪**

হাইড্রোজেনেশনের তাপ কাকে বলে ? ব্যাখ্যা করুন।

## 4.10 অ্যালকিনের ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া (Electrophilic addition reactions of alkene)

যখন কোনো ইলেকট্রন-সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল বিক্রিয়কের (substrate) সাথে সরাসরি যুক্ত হয়ে যুত-যৌগ গঠন করে তখন সেই বিক্রিয়াকে ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া বলে। যেমন,

$$\underset{\text{বিক্রিয়ক}}{>C=C<} + \underset{\text{ইলেকট্রোফাইল}}{X_2} \longrightarrow \underset{\text{যুত-যৌগ}}{>\underset{X}{\underset{|}{C}}-\overset{X}{\overset{|}{C}}<}$$

উদাহরণ ঃ

(i) $CH_2{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2(Br){-}CH_2(Br)$

ইথিলিন (Br₂ থেকে ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক $Br^+$ উৎপন্ন হয়) — 1,2-ডাইব্রোমোইথেন যুত-যৌগ

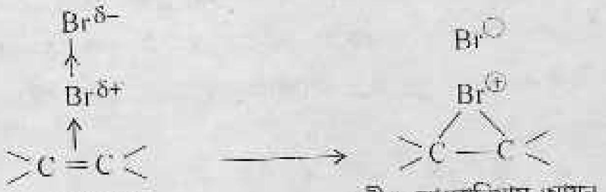
(ii) $CH_3CH = CH_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CH(Cl){-}CH_2(Cl)$

প্রোপিন — 1,2-ডাইক্লোরোপ্রোপেন

## 4.10.1 ব্রোমিন যুক্ত হওয়ার বিক্রিয়া-কৌশল (Mechanism of bromination) :

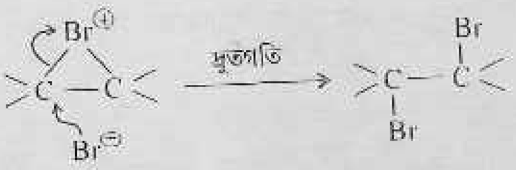
$$>C=C< + Br_2 \longrightarrow CH_2(Br){-}CH_2(Br)$$

ব্রোমিন অণু ($Br_2$) অধ্রুবীয় প্রকৃতির হয়। কিন্তু অ্যালকিনের π ইলেকট্রন কর্তৃক বিকর্ষনের ফলে ব্রোমিন অণুর মেরুকরণ বা ধ্রুবীয়তা (polarisation) ঘটে। ফলে ব্রোমিন অণুর এক প্রান্ত ধনাত্মক ও অপর প্রান্ত ঋণাত্মক আধানপ্রাপ্ত হয় এবং অ্যালকিন ও ব্রোমিন অণুর মধ্যে একটি পাই কমপ্লেক্স (π complex) গঠিত হয়। পরবর্তী পর্যায়ে π বন্ধন ভেঙে গিয়ে বৃত্তীয় ব্রোমোনিয়াম আয়নে রূপান্তরিত হয়।



π কমপ্লেক্স — বৃত্তীয় ব্রোমোনিয়াম আয়ন

বৃত্তীয় ব্রোমোনিয়াম আয়ন বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত নিউক্লিওফাইলের ($Br^-$) যুক্ত হয়ে 1,2-ডাইব্রোমোইথেন গঠন করে।




1,2-ডাইব্রোমোইথেন

## 4.10.2 হাইড্রোহ্যালোজেনেশনের বিক্রিয়া-কৌশল (Mechanism of hydrohalogenetion) :

অ্যালকিনসমূহ হ্যালোজেন অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন করে।

$$RCH=CHR + HX \longrightarrow RCH(H)-CH(X)R$$

অ্যালকিন  হ্যালোজেন অ্যাসিড $(X=Cl, Br)$  অ্যালকিল হ্যালাইড

উদাহরণ ঃ

$$CH_2=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_2(H)-CH_2(Br) \equiv CH_3CH_2Br$$

ইথিলিন  হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড  ইথাইল ব্রোমাইড

অ্যালকিনে **HX** সংযোজনের বিক্রিয়া-কৌশল ঃ এই বিক্রিয়াটি একটি ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া। প্রথম ধাপে, ইলেকট্রোফিলীয় বিকারকের $(\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{X})$ ধনাত্মক তড়িৎক্ষেত্রের প্রভাবে $\pi$ বন্ধনের মেরুকরণ বা ধ্রুবীয়তা (polarisation) ঘটে। এর ফলে HX-এর ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক, $H^+$ অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং দ্বি-বন্ধনের একটি কার্বনের সাথে H সমযোজী বন্ধন রচনা করে। দ্বি-বন্ধনের অপর কার্বন পরমাণুটি কার্বোক্যাটায়নে রূপান্তরিত হয়। দ্বিতীয় ধাপে হ্যালাইড আয়ন, $\bar{X}$ কার্বোক্যাটায়নের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন করে।

$$H_2C=CH_2 \;\; \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{X} \rightleftharpoons H_2\overset{+}{C}-CH_3 + \bar{X}$$

$$CH_3-\overset{+}{C}H_2 + \bar{X} \longrightarrow CH_3-CH_2-X$$

অ্যালকিল হ্যালাইড

প্রতিসম (symmetrical) অ্যালকিনের সাথে হ্যালোজেন অ্যাসিডের সংযোজনের ফলে একটি মাত্র অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$RCH=CHR + HX \longrightarrow R-CH(H)-CH(X)R$$

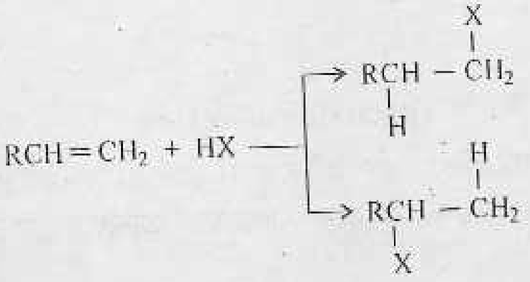
উদাহরণ ঃ $CH_3CH = CHCH_3 + HBr \longrightarrow CH_3CH_2CHBrCH_3$

বিউট-2-ইন 2-ব্রোমোবিউটেন

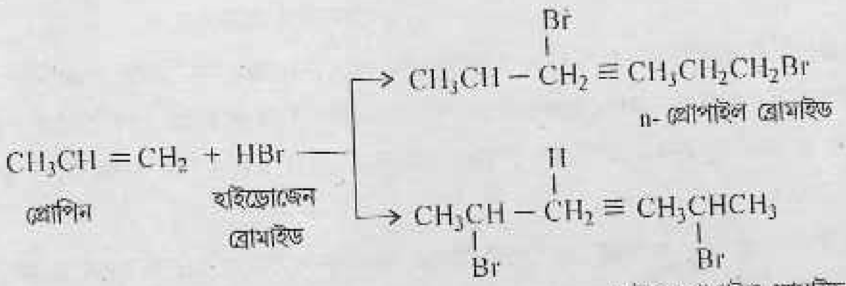
## 4.10.3 মারকনিকভ সংযোজন (Markownikoff's addition) :

মারকনিকভ নীতি অনুসারে অ্যালকিনে হ্যালোজেন অ্যাসিডের সংযোজনকে মারকনিকভ সংযোজন বলে।

অপ্রতিসম (unsymmetrical) অ্যালকিনের সাথে হ্যালোজেন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় একাধিক অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।



উদাহরণ ঃ প্রোপিনের সাথে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় দুটি সমাবয়বী ব্রোমাইড গঠিত হয়।




পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে বিজ্ঞানী মারকনিকভ দেখান যে, এরূপ সংযোজনে দুটি সম্ভাব্য সমাবয়বীর মধ্যে একটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়। এ সম্পর্কে তিনি একটি নিয়ম বা নীতি প্রকাশ করেন যা "মারকনিকভ নিয়ম বা নীতি" (Markwonikoff's Rule) নামে পরিচিত।

**মারকনিকভ নীতি** ঃ অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে কোনো ধ্রুবীয় বিকারকের সংযোজনের ক্ষেত্রে ধ্রুবীয় বিকারকের ঋণাত্মক অংশ অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনের সেই কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় যার সাথে সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। বিকারকের ধনাত্মক অংশটি অপর কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়ে মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন করে। উপরোক্ত উদাহরণে, হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ($H^+Br^-$) ধনাত্মক অংশ হলো $H^+$ এবং ঋণাত্মক অংশ হলো $Br^-$। প্রোপিনের ($\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$) 2 নং কার্বন পরমাণুতে 1 নং কার্বন পরমাণু অপেক্ষা কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত আছে। সুতরাং মারকনিকভ

নীতি অনুসারে $Br^-$ আয়ন 2 নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হবে। $H^+$ আয়ন 1নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়ে মুখ্য পদার্থ, 2-ব্রোমোপ্রোপেন উৎপন্ন করবে।

যে বিক্রিয়ায় সম্ভাব্য দুই বা ততোধিক গঠনগত সমাবয়বীর (structural isomers) মধ্যে একটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয় তাকে রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া বলে। ফলে মারকনিকভ সংযোজন একটি রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া।

অনুশীলনী-9

নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন এবং মুখ্য পদার্থটি চিহ্নিত করুন।

$$(CH_3)_2C = CH_2 + HCl \longrightarrow$$

### 4.10.3.1 পার-অক্সাইডের প্রভাব (peroxide effect) :

পার-অক্সাইডের (যেমন ডাইবেনজোয়িল পার-অক্সাইড, $C_6H_5CO-O-O-COC_6H_5$) উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে হ্যালোজেন অ্যাসিড যেমন হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সংযোজন মারকনিকভ-নীতির বিপরীতক্রমে ঘটে থাকে।

$$CH_3CH = CH_2 + HBr \xrightarrow{\text{পার-অক্সাইড}} CH_3CH_2CH_2Br$$

n-প্রোপাইল ব্রোমাইড

পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে সংযোজনের ক্ষেত্রে মারকনিকভ নিয়মের কেবলমাত্র হাইড্রোজেন ব্রোমাইড অণুর ক্ষেত্রেই দেখা যায়। একে পার-অক্সাইড প্রভাব বলে। অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অন্য কোনো হ্যালোজেন অ্যাসিডের যেমন, HF, HCl, HI সংযোজনের ক্ষেত্রে এই প্রভাব দেখা যায় না।

**বিক্রিয়া-কৌশল** ঃ পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HBr- এর এই সংযোজন মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।

$$C_6H_5-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O \,\vdots\, O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-C_6H_5 \xrightarrow[\text{বা তাপ}]{\text{আলো}} 2C_6H_5-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^{\cdot}$$

বেনজোয়িল পার-অক্সাইড      বেঞ্জোয়েট মুক্ত-মূলক

$$2C_6H_5-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^{\cdot} \xrightarrow{-CO_2} 2C_6H_5^{\cdot}$$

ফিনাইল মুক্ত-মূলক

$$C_6H_5\cdot + HBr \longrightarrow C_6H_6 + Br\cdot$$

ব্রোমিন মুক্ত-মূলক

$$CH_3CH=CH_2 + Br\cdot \longrightarrow CH_3\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}H}-\dot{C}H_2$$

প্রাইমারি মুক্ত-মূলক

$$CH_3CH=CH_2 + Br\cdot \longrightarrow CH_3\dot{C}HCH_2Br$$

সেকেন্ডারি মুক্ত-মূলক
অধিক স্থিতিশীল

$$CH_3\dot{C}HCH_2Br + HBr \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Br + Br\cdot$$

n-প্রোপাইল ব্রোমাইড

Br· বিক্রিয়ায় পুনরায় অংশগ্রহণ করে।

## 4.10.4 হাইড্রেশন (Hydration) :

স্বল্প পরিমাণ অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে জল যুক্ত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে হাইড্রেশন বিক্রিয়া বলে।

$$>C=C< + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} >\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}<$$

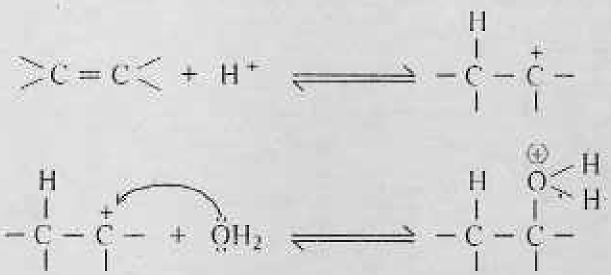
অ্যালকিন → অ্যালকোহল

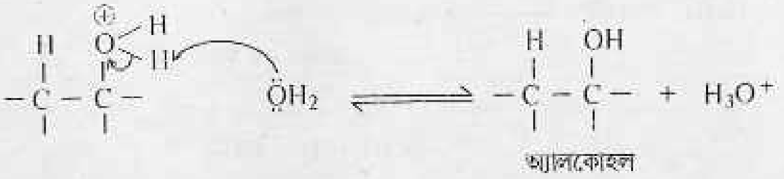
অপ্রতিসম অ্যালকিনে জলের সংযুক্তি মারকনিকভ নীতি অনুসারে ঘটে থাকে।

$$CH_2CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{65\text{-}70\%} CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}H}CH_3$$

প্রোপান-2- অল

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ






## 4.10.5 হাইড্রোবোরেশন (Hydroboration) :

ডাইবোরেন, $B_2H_6$ অ্যালকিনের কার্বন কার্বন দ্বি-বন্ধনে যুক্ত হয়ে ট্রাইঅ্যালকিলবোরেন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া বলে।

$$B_2H_6 \rightleftharpoons 2BH_3$$

$$3RCH=CH_2 + BH_3 \xrightarrow{\text{ইথার}} (RCH_2CH_2)_3B$$

ট্রাইঅ্যালকিল বোরেন

এই সংযুক্তি 'মারকনিকভ নিয়মের' বিপরীতক্রমে ঘটে থাকে। ডাইবোরেন, $B_2H_6$ ইথারে (যেমন টেট্রাহাইড্রোফুরান, ডাইইথাইলইথার ইত্যাদি) দ্রবীভূত হয়ে বোরেন-ইথার জটিল যৌগ গঠন করে।

বোরেন-ইথার জটিল যৌগ

এই বোরেন ইথার জটিল যৌগটিই হাইড্রোবোরশনে বিকারকের কাজ করে।

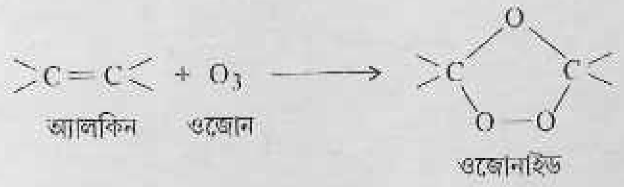
হাইড্রোবোরেশনে উৎপন্ন ট্রাইঅ্যালকিলবোরেনকে ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত করলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$(RCH_2CH_2)_3B \xrightarrow[\bar{O}H]{H_2O_2} 3RCH_2CH_2OH + H_3BO_3$$

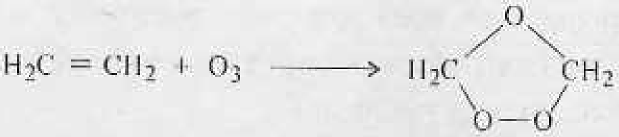
অ্যালকোহল

## 4.10.6 ওজোনাইড গঠন (Ozonide formation) :

অ্যালকিন এবং ওজোনের বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠিত হয়।

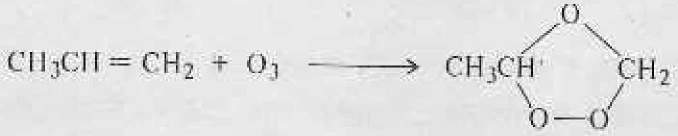


উদাহরণ ঃ (i) ইথিলিন ও ওজোনের বিক্রিয়ায় ইথিলিন ওজোনাইড উৎপন্ন হয়।



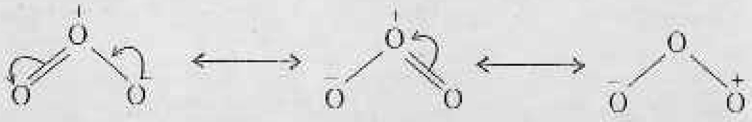
ইথিলিন ওজোনাইড

(ii) প্রোপিন ও ওজোনের বিক্রিয়ায় প্রোপিন ওজোনাইড উৎপন্ন হয়।

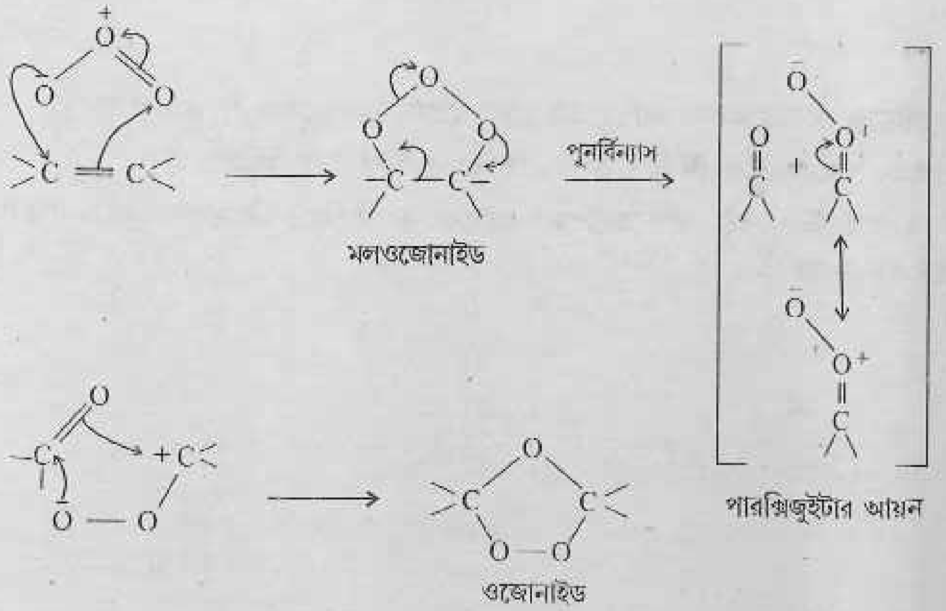


প্রোপিন ওজোনাইড

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ ওজোনের গঠনাকৃতি হলো নিচের রেজোনেটিং গঠনগুলির সমন্বয়।

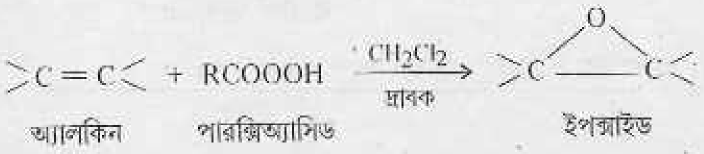


অ্যালকিনের C=C দ্বি-বন্ধনের সাথে ওজোনের বিক্রিয়ায় প্রথমে যুত যৌগ উৎপন্ন হয়। এই যৌগটিকে মলওজোনাইড (molozonide) বলে। বিক্রিয়া মাধ্যমে এটি পুনর্বিন্যাসিত হয়ে ওজোনাইড (ozonide) গঠন করে।

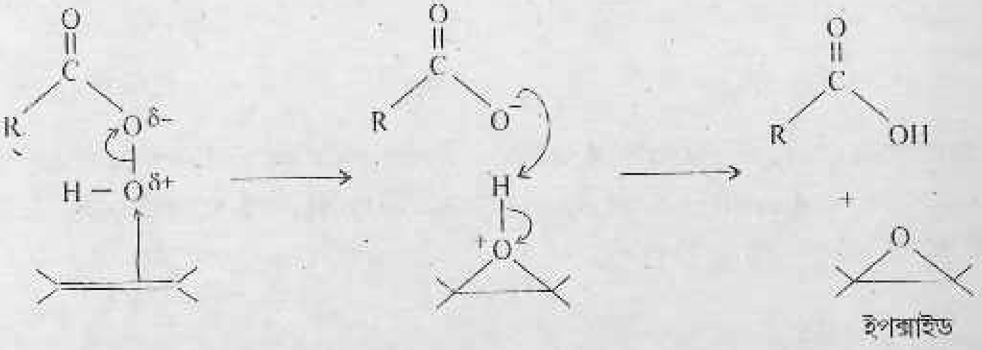


### 4.10.7 ইপক্সিডেশন (Epoxidation) :

পারক্সিঅ্যাসিড, RCOOOH অ্যালকিনকে জারিত করে। অর্থাৎ পারক্সিঅ্যাসিড ও অ্যালকিনের বিক্রিয়ায় অ্যালকিনের C = C দ্বি-বন্ধনে একটি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে ইপক্সাইড গঠিত হয়। বিক্রিয়াটি অধ্রুবীয় (nonpolar) দ্রাবকে (যেমন $CH_2Cl_2$) সংঘটিত হয়।



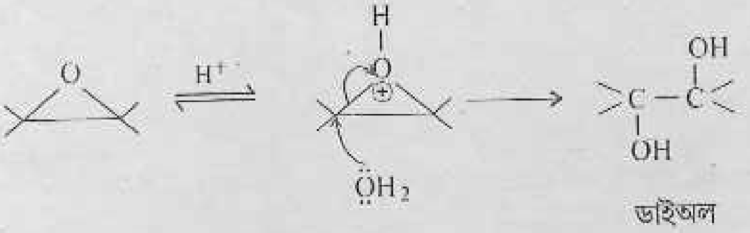

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ ইপক্সাইড তড়িৎ-নিরপেক্ষ যৌগ হলেও বৃত্তীয় ব্রোমোনিয়াম আয়নের সাথে এর অনেক সাদৃশ্য আছে। এক্ষেত্রেও অ্যালকিনের π ইলেকট্রন দ্বারা পারক্সিঅ্যাসিডের O – O বন্ধনের মেরুকরণ ঘটে। মেরুকরণের ফলে উৎপন্ন ধনাত্মক মেরু π ইলেকট্রন কর্তৃক আকর্ষিত হয়ে প্রথমে একটি π কমপ্লেক্স ও পরে ঐ π কমপ্লেক্স ভেঙ্গে গিয়ে ইপক্সাইড গঠন করে।



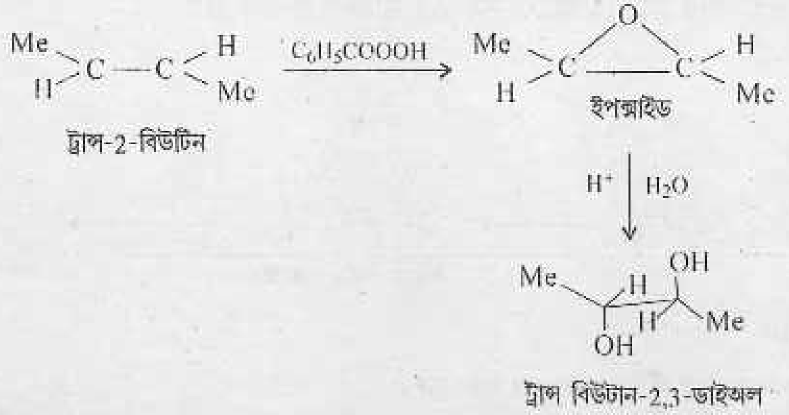

ইপক্সাইডের স্থায়িত্ব অনেক বেশি। তাই একে বিক্রিয়া মাধ্যম থেকে পৃথক করা যায়।

ইপক্সাইড গঠনের বিক্রিয়াটি দ্বিআণবিক এবং একধাপে সংঘটিত বিক্রিয়া।

এই ইপক্সাইডটি পরবর্তী ধাপে অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে নিউক্লিওফাইল, জল দ্বারা আক্রান্ত হয়ে ডাইঅল উৎপন্ন করে।



উদাহরণ ঃ ট্রান্স-2 -বিউটিন ইপক্সিডেশন ও আর্দ্র-বিশ্লেষণে ট্রান্স-বিউটান-2, 3- ডাইঅল উৎপন্ন করে।




## 4.10.8 হাইড্রক্সিলেশন (Hydroxylation) :

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের শীতল ও লঘু জলীয় দ্রবণ অ্যালকিনের সাথে বিক্রিয়ায় সিস্-1, 2-ডাইঅল (cis- 1,2–diol) উৎপন্ন করে।

$$>C-C< \xrightarrow[5^\circ]{KMnO_4, H_2O} >\underset{OH}{C}-\underset{OH}{C}<$$

সিস্-2, 3-ডাইঅল

এই বিক্রিয়াটিকে হাইড্রক্সিলেশন বিক্রিয়া বলে।

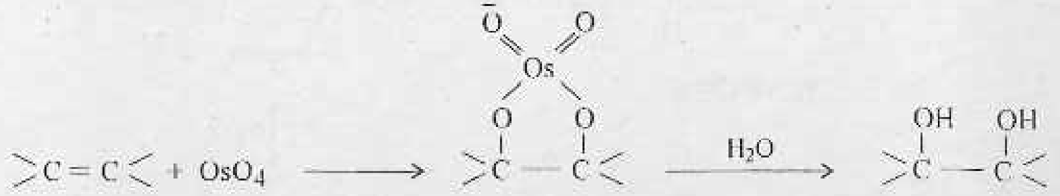
উদাহরণ ঃ

$$3\,CH_3CH=CHCH_3+2KMnO_4+4H_2O \longrightarrow 3\,CH_3\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH}CH_3+2MnO_2+4H_2O$$

সিস্-বিউটান-2, 3-ডাইঅল

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ অ্যালকিন ও $KMnO_4$ এর বিক্রিয়ায় প্রথমে বৃত্তীয় পারম্যাঙ্গানেট এস্টার মধ্যস্থ (বা মধ্যবর্তী) (intermediate) যৌগ হিসাবে উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে $KMnO_4$ অ্যালকিনের একদিক্ থেকে যুক্ত হয়। ফলে উৎপন্ন মধ্যস্থ যৌগে $KMnO_4$ এর সিস্-সংযোগ থাকে। পরবর্তী ধাপে এই বৃত্তীয় এস্টারটি দ্রুতগতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে 1,2 -ডাইঅল উৎপন্ন করে।

অ্যালকিন ও ওসমিয়াম টেট্রোক্সাইডের (osmium tetroxide) বিক্রিয়াতে বৃত্তীয় ওসমিক এস্টার উৎপন্ন হয়। এস্টারটির আর্দ্র-বিশ্লেষণে সিস্-1,2-ডাইঅল উৎপন্ন হয়।



বৃত্তীয় ওসমিক এস্টার

**অনুশীলনী-10**

নিচের পরিবর্তনটি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

$$CH_3CH_3=CH_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2OH$$

## 4.10.9 পলিমেরাইজেশন (Polymerisation) :

যে বিক্রিয়ায় কোনো পদার্থের অনেকগুলি ছোট অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে উচ্চ আণবিক ওজন বিশিষ্ট একটি বড় অণু গঠিত হয় তাকে পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া বলে। উৎপন্ন বড় অণুটিকে পলিমার বলে এবং যে সব ছোট অণু দিয়ে পলিমারটি গঠিত হয় তাদের মনোমার বলে।

অর্থাৎ,

$$n \text{ মনোমার} \xrightarrow{\text{পলিমেরাইজেশন}} \underset{\text{পলিমার}}{(\text{মনোমার})_n}$$

পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া সাধারণত দুভাবে ঘটতে পারে ঃ

(1) যুত-বিক্রিয়ার মাধ্যমে যুত-পলিমেরাইজেশন (Addition polymerisation)

(2) ঘনীভবন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ঘনীভবন পলিমেরাইজেশন (Condensation polymerisation)

**(1) যুত-বিক্রিয়ার মাধ্যমে যুত-পলিমেরাইজেশন ঃ**

$CH_2=CHY$ ($Y=H, Cl, CN$ ইত্যাদি) ধরনের যৌগসমূহ যুত-বিক্রিয়ার মাধ্যমে পলিমার গঠন করে।

উদাহরণ ঃ (i) ইথিলিন থেকে পলিইথিলিন বা পলিথিন

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{n\,CH_2=CH_2} \xrightarrow[\text{200° সে এবং জৈব পার-অক্সাইড}]{\text{2000 অ্যাটমস}} -CH_2-CH_2-CH_2-CH_2- \text{ বা } \underset{\text{পলিইথিলিন}}{-(CH_2-CH_2)_n}$$

(ii) **ভিনাইল ক্লোরাইড থেকে পলিভিনাইল ক্লোরাইড (P.V.C) ঃ** তাপ অথবা জৈব পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে ভিনাইল ক্লোরাইড পলিভিনাইল ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$n\,CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow[\text{বা তাপ}]{\text{জৈব পার-অক্সাইড}} \left(CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}\right)_n$$

ভিনাইল ক্লোরাইড PVC

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ যুত-বিক্রিয়ার মাধ্যমে পলিমেরাইজেশন ঘটানোর জন্য সামান্য পরিমাণ মুক্ত-মূলক উৎপদনকারী কোনো যৌগ যেমন বেনজয়িল পার-অক্সাইড যোগ করা হয়। এর থেকে উৎপন্ন মুক্ত-মূলক বিক্রিয়ার সূচনা করে। যেমন, ইথিলিন থেকে পলিথিন প্রস্তুতির সময় সামান্য পরিমাণে বেনজয়িল পার-অক্সাইড ($C_6H_5CO-O-O-COC_6H_5$) যোগ করা হয়। 70° - 80° সে. তাপমাত্রায় বেনজয়িল পার-অক্সাইড বেনজয়লক্সি মুক্ত-মূলক ($C_6H_5-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O\cdot$) উৎপন্ন করে। স্থায়িত্বের জন্য বেনজয়লক্সি মুক্ত-মূলক $CO_2$ ত্যাগ করে ফিনাইল মুক্ত-মূলক $C_6H_5\cdot$ গঠন করে। ফিনাইল মুক্ত-মূলক পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়ার সূচনা করে। নিচে এই ধাপগুলি পর পর দেখানো হলো।

মুক্ত-মূলক উৎপত্তি ঃ

$$C_6H_5-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O-O-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_5 \xrightarrow{70^\circ-80^\circ \text{ সে.}} 2C_6H_5-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-\dot{O} \xrightarrow{-2CO_2} 2C_6H_5\cdot$$

শৃঙ্খলের সূচনা ঃ

$$C_6H_5\cdot + CH_2=CH_2 \longrightarrow C_6H_5-CH_2-\dot{C}H_2$$

শৃঙ্খলের বিস্তার ঃ

$$C_6H_5-CH_2-\dot{C}H_2 + CH_2=CH_2 \longrightarrow C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2$$

$$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2 \xrightarrow{CH_2=CH_2} C_6H_5\left[CH_2-CH_2\right]_y CH_2-\dot{C}H_2$$

$$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2 \xrightarrow{CH_2=CH_2} C_6H_5\left[CH_2-CH_2\right]_x CH_2-\dot{C}H_2$$

শৃঙ্খলের সমাপ্তি ঃ শৃঙ্খলের সমাপ্তি বিভিন্নভাবে হতে পারে। এদের মধ্যে একটি হলো ঃ দুটি মুক্ত-মূলক শৃঙ্খলের সংযোগের ফলে শৃঙ্খলের সমাপ্তি ঘটতে পারে।

$$C_6H_5\left[CH_2-CH_2\right]_x CH_2-\dot{C}H_2 + C_6H_5\left[CH_2-CH_2\right]_y CH_2-\dot{C}H_2$$

$$\downarrow$$

$$C_6H_5\left[CH_2-CH_2\right]_x CH_2-CH_2 -CH_2-CH_2\left[CH_2-CH_2\right]_y C_6H_5$$

পলিথিন

(2) ঘণীভবন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ঘণীভবন পলিমেরাইজেশন : যে পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক কার্যকরীমূলক যুক্ত দুটি মনোমার থেকে $H_2O, NH_3, HCl$ ইত্যাদির অপনয়নের মাধ্যমে পলিমার অণু গঠিত হয় তাকে ঘণীভবন পলিমেরাইজেশন বলে। যেমন একটি মনোমার ডাইঅ্যামিন এবং অপর মনোমার ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ঘণীভবন পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়ায় $H_2O$ অপনয়নের মাধ্যমে পলিমার (পলিঅ্যামাইড) গঠিত হয়।

$$n\,H_2N(CH_2)_6NH_2 + n\,HO-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

হেক্সামিথিলিন ডাইঅ্যামিন — অ্যাডিপিক অ্যাসিড

$$\downarrow 280^{\circ}$$

$$\left(\underset{\underset{H}{|}}{N}-(CH_2)_6-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{\|}}{C}\right)_n + nH_2O$$

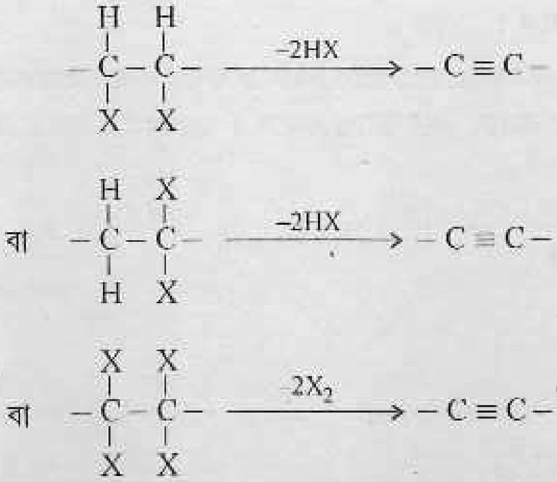
নাইলন 6, 6

**অনুশীলনী-11**

পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া কাকে বলে ? নাইলন 6, 6 কীভাবে গঠিত হয় ? রাসায়নিক সমীকরণ সহ আলোচনা করুন।

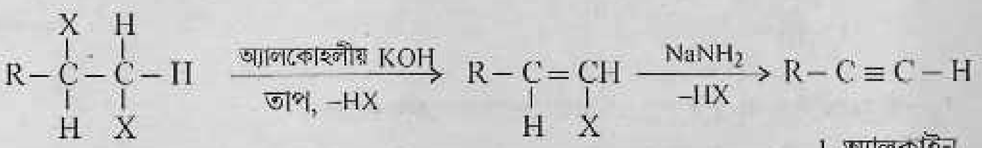
## 4.11 অ্যালকাইন সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতি (General methods for synthesis of Alkynes)

দুটি সন্নিহিত কার্বন পরমাণু থেকে HX বা $X_2$ অপসারিত হয়ে অ্যালকাইন সংশ্লেষণ করা হয়।




1) ভিসিন্যাল বা 1.2-ডাইহ্যালাইড থেকে ঃ

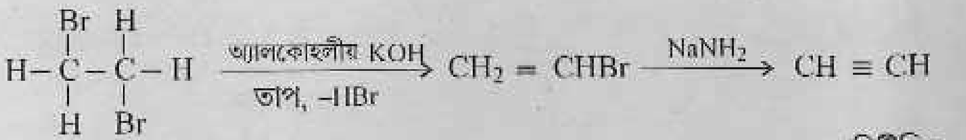
1,2 ডাইহ্যালাইডকে অ্যালকোহলীয় পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে দু-অণু হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারিত হয়ে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি দুধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে ভিনাইল হ্যালাইড ও পরে অ্যালকাইন গঠিত হয়। দ্বিতীয় ধাপে, KOH-এর পরিবর্তে সোডামাইড ($NaNH_2$) ব্যবহার করা হয় কারণ KOH ব্যবহার করলে দ্বি-বন্ধনের স্থানান্তরণ ঘটে এবং পার্শ্বক্রিয়ার ফলে অবাঞ্ছিত পদার্থ উৎপন্ন হয়।




1-অ্যালকাইন

1, 2-ডাইহ্যালাইড প্রতিস্থাপিত ভিনাইল হ্যালাইড

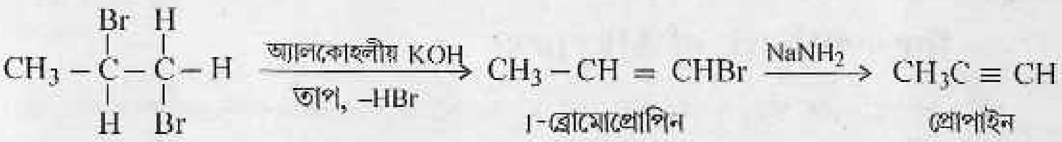
R = H হলে,




অ্যাসিটিলিন

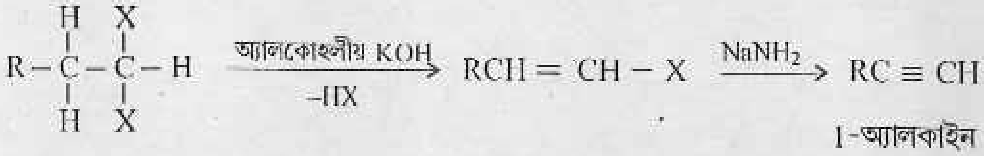
1, 2-ডাইব্রোমোইথেন ভিনাইল ব্রোমাইড

$R = CH_3$ হলে,

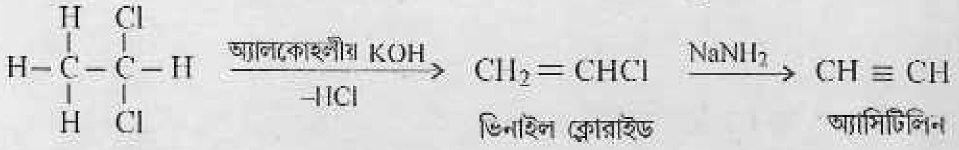



**2) জেম বা 1,1-ডাইহ্যালাইড থেকে ঃ**

1,1-ডাইহ্যালাইডকে অ্যালকোহলীয় পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে প্রথমে প্রতিস্থাপিত ভিনাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। একে সোডামাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে 1-অ্যালকাইন পাওয়া যায়।

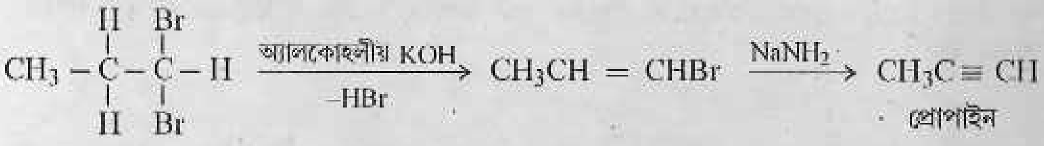



$R = H$ এবং $X = Cl$ হলে,



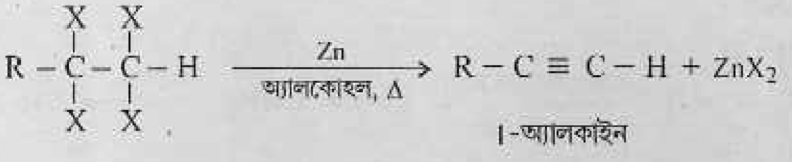

1,1-ডাইক্লোরোইথেন

$R = CH_3$ এবং $X = Br$ হলে,




**3) টেট্রাহ্যালাইড বা 1,1,2,2-টেট্রাহ্যালোঅ্যালকেন থেকে ঃ**

1,1,2,2-টেট্রাহ্যালোঅ্যালকেনকে জিঙ্ক চূর্ণ ও অ্যালকোহল সহযোগে উত্তপ্ত করলে 1-অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।



উদাহরণ ঃ

$$CH_3-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-H \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল, } \Delta]{Zn} CH_3-C\equiv CH$$

1,1,2,2-টেট্রাব্রোমোপ্রোপেন — প্রোপাইন

4) অ্যালকাইনের অ্যালকিলেশন বিক্রিয়ার সাহায্যে ঃ

তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত সোডিয়াম ও 1-অ্যালকাইনের বিক্রিয়ায় প্রথমে সোডিয়াম অ্যালকিনাইড উৎপন্ন হয়। পরে সোডিয়াম অ্যালকিনাইড ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইন পাওয়া যায়।

$$R-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} R-C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} \xrightarrow{R'X} R-C\equiv C-R'$$

1-অ্যালকাইন — সোডিয়াম অ্যালকিনাইড — অ্যালকাইন

R = H হলে, প্রথম বিক্রিয়ায় সম মোল অনুপাতে বিক্রিয়ায়

$$H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} H-C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na}$$

অ্যাসিটিলিন — সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড

$$H-C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} + CH_3CH_2Br \longrightarrow H-C\equiv C-CH_2CH_3 + NaBr$$

বিউট-1-আইন

$R = CH_3$ হলে,

$$CH_3C\equiv CH \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} CH_3C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} \xrightarrow{CH_3I} CH_3-C\equiv C-CH_3$$

প্রোপাইন — বিউট-2-আইন

**অনুশীলনী-12**

নিচের পরিবর্তনগুলি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

(i) অ্যাসিটিলিন থেকে প্রোপাইন

(ii) অ্যাসিটিলিন থেকে ভিনাইল ক্লোরাইড

## 4.12 অ্যালকাইন হাইড্রোজেনের আম্লিকতা বা আম্লিক প্রকৃতি (Acidity or acidic nature of alkyne hydrogen)

$R-C\equiv CH$ যৌগে $R-C\equiv C$-এর সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন মৃদু আম্লিক প্রকৃতির হয়। মিথাইল অ্যাসিটিলিন ($CH_3-C\equiv CH$), ইথাইল অ্যাসিটিলিন ($C_2H_5-C\equiv CH$) যৌগের $-C\equiv C-H$-এর হাইড্রোজেনকে ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

$$CH_3C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} CH_3C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na}$$

সোডিয়াম যৌগ

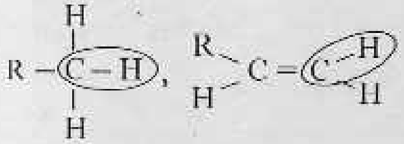
$$CH_3C\equiv C-H \xrightarrow[CuCl]{NH_4OH} CH_3C\equiv C\,Cu$$

কপার যৌগ

$$CH_3C\equiv C-H \xrightarrow[AgNO_3]{\text{অ্যালকোহল}} CH_3C\equiv CAg$$

সিলভার যৌগ

আম্লিক প্রকৃতির কারণ ঃ



এবং $R-C\equiv C-H$ প্রত্যেক যৌগের $C-H$ বন্ধন তৈরি করতে কি কি হাইব্রিড কক্ষক ব্যবহার করা হয় তা দেখানো হলো ঃ

| | | |
|---|---|---|
| $sp^3-s$ বন্ধন | $sp^2-s$ বন্ধন | $sp-s$ বন্ধন |
| $C-H$ বন্ধন | $C-H$ বন্ধন | $C-H$ বন্ধন |
| অ্যালকেন | অ্যালকিন | অ্যালকাইন |

অ্যালকেন এবং অ্যালকিন থেকে অ্যালকাইনে $C-H$ বন্ধনে s ইলেকট্রনের অনুপাত বৃদ্ধি পায়। s ইলেকট্রন বৃদ্ধি পাওয়ার অর্থ হলো $C-H$ বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় কার্বন নিউক্লিয়াসের দিকে সরে আসা। ফলে $C-H$ বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ে এবং অ্যালকাইনের হাইড্রোজেন পরমাণু সহজেই আয়নিত হয়ে $H^+$ রূপে অপসারিত হয় এবং কার্ব-অ্যানয়ন উৎপন্ন করে। পুনরায় sp হাইব্রিড কার্বন পরমাণু $sp^2$ এবং $sp^3$

হাইব্রিড কার্বন পরমাণু অপেক্ষা অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক। এই অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতার জন্য অ্যালকাইন থেকে উৎপন্ন কার্ব-অ্যানায়ন $R-C\equiv C^-$ অধিক স্থিতিশীল হয়। এজন্য অ্যালকাইনের হাইড্রোজেন মৃদু অম্লিক।

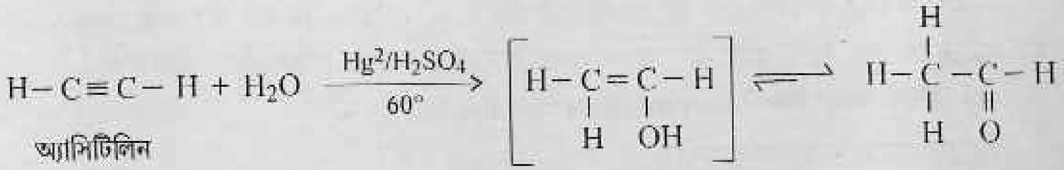
**অনুশীলনী-13**

অ্যাসিটিলিন অম্লিক কেন ? ব্যাখ্যা করুন।

## 4.13 অ্যালকাইনের হাইড্রেশন (Hydration of alkynes)

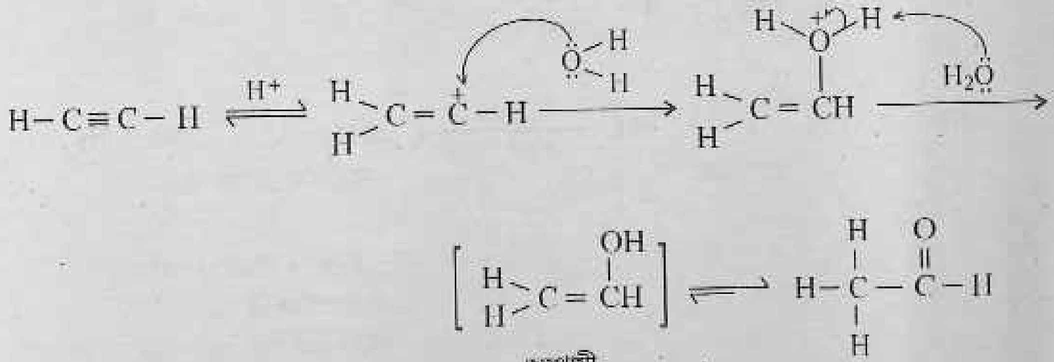
অ্যালকাইন যৌগসমূহ অনুঘটকের উপস্থিতিতে সহজেই জলের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বোনিল যৌগ উৎপন্ন করে। অ্যালকাইনের $C\equiv C$ ত্রিবন্ধনে জলের সংযোজন বিক্রিয়াকে অ্যালকাইনের হাইড্রেশন বিক্রিয়া বলে। যেমন,

60° সে. তাপমাত্রায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত মারকিউরিক সালফেট অণুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিনে জলের অণু যুক্ত হয়ে প্রথমে ভিনাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে যেটি সাথে সাথেই টটোমেরিজম (tautomerism) -এর মাধ্যমে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।



অ্যাসিটিলিন ভিনাইল অ্যালকোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ



অস্থায়ী

যখন অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব খুব বেশি থাকে তখন অ্যালকাইনটি পলিমেরাইজ করে। পলিমেরাইজ বিক্রিয়াকে এড়ানোর জন্য মারকিউরিক আয়ণ $Hg^{2+}$ ($HgSO_4$) ব্যবহার করা হয়।

অনুরূপ বিক্রিয়ায় এক প্রতিস্থাপকযুক্ত অ্যাসিটিলিন মিথাইল কিটোন উৎপন্ন করে। $H_2O$-এর সংযোজন মারকনিকভ নিয়ম অনুসারে ঘটে।

$$R-C\equiv C-H + HOH \longrightarrow \left[\begin{array}{c} R-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=CH_2 \end{array}\right] \rightleftharpoons R-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-CH_3$$

মিথাইল কিটোন

দ্বি-প্রতিস্থাপকযুক্ত অ্যাসিটিলিন কিটোন উৎপন্ন করে।

$$R-C\equiv C-R + HOH \longrightarrow \left[\begin{array}{c} R-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}-R \end{array}\right] \rightleftharpoons R-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-CH_2R$$

## 4.14 অ্যালকাইনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction of alkynes)

আমরা আগেই দেখেছি যে, অ্যালকাইনে উপস্থিত $-C\equiv C-H$ মূলকের হাইড্রোজেন আম্লিক। এই হাইড্রোজেনকে ধাতু, অ্যালকিল মূলক এবং হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

(1) ধাতব লবণ গঠন **(Formation of metal salts)** ঃ

(i) সোডিয়াম অ্যালকিনাইড ঃ

অ্যালকাইন তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত সোডিয়ামের সাথে বিক্রিয়ায় আয়নীয় সোডিয়াম অ্যালকিনাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

$$R-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{2Na} 2R-C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} + H_2$$

সোডিয়াম অ্যালকিনাইড

উদাহরণ ঃ $\underset{\text{প্রোপাইন}}{CH_3-C\equiv C-H} \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{2Na} \underset{\text{সোডিয়াম প্রোপিনাইড}}{2CH_3-C\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na}} + H_2$

$$H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{2Na} H-C\equiv C\overset{+}{Na} + H_2$$

মনোসোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড

এভাবে $H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{2Na} \overset{+}{Na}\overset{-}{C}\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} + H_2$

ডাইসোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড

উদাহরণ ঃ

(ii) ভারী ধাতুর অ্যালকিনাইড ঃ

অ্যালকাইন অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়ায় লাল কিউপ্রাস অ্যালকিনাইড গঠন করে।

$$R-C\equiv C-H+2Cu(NH_3)_2Cl \longrightarrow \underset{\text{কিউপ্রাস অ্যালকিনাইড}}{R-C\equiv CCu}$$

উদাহরণ ঃ $$CH_3-C\equiv C-H+2\,Cu(NH_3)_2Cl \longrightarrow \underset{\text{কিউপ্রাস প্রোপিনাইড}}{CH_3C\equiv CCu}$$

$$H-C\equiv C-H+2Cu(NH_3)_2Cl \longrightarrow \underset{\text{কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইড}}{CuC\equiv CCu}$$

(iii) অ্যালকোহলীয় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সাথে অ্যালকাইনের বিক্রিয়ায় সাদা সিলভার অ্যালকিনাইড উৎপন্ন করে।

$$R-C\equiv C-H \xrightarrow[AgNO_3]{\text{অ্যালকোহলীয়}} \underset{\text{সিলভার অ্যালকিনাইড}}{R-C\equiv CAg}$$

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটিলিন বা 1-বিউটাইন}}{CH_3CH_2C\equiv C-H} \xrightarrow[AgNO_3]{\text{অ্যালকোহলীয়}} \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{CH_3CH_2C\equiv CAg}$$

লাল অথবা সাদা অধঃক্ষেপ দেখে অ্যাসিটাইলিনিক হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

(2) অ্যালকাইনের অ্যালকাইলেশন (**Alkylation of alkynes**) ঃ

তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত সোডিয়ামের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি অ্যালকিল মূলকের সাথে বিক্রিয়া করে এবং অ্যালকাইনের $-C\equiv C-H$ মূলকের হাইড্রোজেন অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$R-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} R-C\equiv \bar{C}\overset{+}{Na} \xrightarrow{CH_3CH_2Cl} R-C\equiv C-CH_2CH_3+NaCl$$

উদাহরণ ঃ

$$CH_3-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} CH_3-C\equiv \bar{C}\overset{+}{Na} \xrightarrow{CH_3I} CH_3-C\equiv C-CH_3+NaI$$

(3) হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন (**Substitution by halogens**) ঃ

অ্যালকাইনের আম্লিক হাইড্রোজেন হ্যালোজেন কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হয়।

$$R-C\equiv C-H+NaOCl \longrightarrow R-C\equiv C-Cl+NaOH$$

উদাহরণ ঃ $$CH_3-C\equiv C-H+NaOCl \longrightarrow CH_3-C\equiv C-Cl+NaOH$$

$$CH_3-C\equiv C-H+NaOBr \longrightarrow CH_3-C\equiv C-Br+NaOH$$

## 4.15 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যেগুলি জেনেছেন তা হলো ঃ

- হাইড্রোকার্বন অণুতে কার্বন-শৃঙ্খলের বিভিন্নতার ফলে যে সমাবয়বতার উদ্ভব হয় তাকে শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা বলে।
- অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ দ্বারা, কোরে-হাউস সংশ্লেষণ দ্বারা, উর্জ বিক্রিয়া দ্বারা, গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডি-কার্বক্সিলেশন বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালকেন সংশ্লেষণ করা যায়।
- অ্যালকেনের C – C এবং C – H বন্ধন প্রায় অধ্রুবীয়। তাই অ্যালকেন সাধারণ অবস্থায় অ্যাসিড, ক্ষারক বা জারক দ্রবের সাথে বিক্রিয়া করে না। তবে উচ্চ তাপমাত্রায় মুক্ত-মূলকের মাধ্যমে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়।
- অ্যালকেনের হ্যালোজেনেশন এবং অ্যালকেনের সালফোনেশন বিক্রিয়া মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।
- অ্যালকিল বেঞ্জিনসালফোনেটকে পরিষ্কারক বা ডিটারজেন্ট বলে। এগুলি ময়লা জামা-কাপড় পরিষ্কার করতে ব্যবহার করা হয়।
- অ্যালকোহলের নিরূদন, অ্যালকিল হ্যালাইডের হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারণ ও অ্যালকাইলিডিন থেকে হ্যালোজেন অপসারণ দ্বারা অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়।
- অ্যালকিনের হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় মোল প্রতি যে পরিমাণ তাপ নির্গত হয় তাকে হাইড্রোজেনেশন তাপ বলে। কম হাইড্রোজেনেশন তাপ সম্পন্ন অ্যালকিনগুলি বেশি স্থিতিশীল হয়।
- যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের সাথে ইলেকট্রন-সন্ধানী বিকারক সরাসরি যুক্ত হয়ে যুত-যৌগ গঠন করে সেই বিক্রিয়াকে ইলেকট্রোফিলীয় যুত বিক্রিয়া বলে।
- অধ্রুবীয় ব্রোমিন অণুর প্রভাবে $\pi$ ইলেকট্রনের মেরুকরণ ঘটে এবং $\pi$ কমপ্লেক্স গঠিত হয়। $\pi$ বন্ধন ভেঙ্গে গিয়ে বৃত্তীয় ব্রোমোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন হয়। এরপর বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত নিউক্লিয়াস-সন্ধানী বিকারক দ্বারা আক্রান্ত হয়ে 1, 2- ডাইহ্যালোজেনযুক্ত যৌগ গঠিত হয়।
- অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HX যুক্ত হয়ে একাধিক অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন করে। কিন্তু মারকনিকভ নিয়ম অনুযায়ী একটি যৌগ বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়। মারকনিকভ নিয়ম হলো ঃ অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে ধ্রুবীয় বিকারকের সংযোজনের ক্ষেত্রে ধ্রুবীয় বিকারকের ঋণাত্মক অংশ অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনের সেই কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হয় যার সাথে সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে অথবা যে কার্বন সবচেয়ে বেশি প্রতিস্থাপিত হয়। পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনে HX এর সংযোজন মারকনিকভ নিয়মের বিপরীতক্রমে ঘটে।

- $C = C$ দ্বিবন্ধনে $H_2O$, $B_2H_6$, $O_3$, পার-অ্যাসিড থেকে O (অক্সিজেন) যুক্ত হয়ে যথাক্রমে অ্যালকোহল, ট্রাইঅ্যালকিলবোরেন, ওজোনাইড, ইপক্সাইড উৎপন্ন করে। $KMnO_4$-এর শীতল জলীয় দ্রবণের সাথে অ্যালকিনের বিক্রিয়ায় পারম্যাঙ্গানেট এস্টার গঠিত হয়। বিক্রিয়ার শর্তে অনেকগুলি ছোট অণু যুক্ত হয়ে পলিমার গঠন করে।এই বিক্রিয়াকে পলিমেরাইজেন বিক্রিয়া বলে। ছোট অণুগুলিকে মনোমার বলে।
- ভিসিন্যাল বা জেম ডাইহ্যালাইড থেকে হ্যালোজেন অ্যাসিডের অপসারণ বা অ্যালকাইনের অ্যালকিলেশনে উচ্চতর অ্যালকাইন প্রস্তুত করা হয়।
- অ্যালকাইনের Sp- হাইব্রিড C এর সাথে যুক্ত H অর্থাৎ $C - H$ বন্ধন আয়নিয় হয়। ফলে অ্যালকাইনের H মৃদু আম্লিক।
- অ্যালকাইন ও জলের বিক্রিয়ায় কার্বোনিল যৌগ উৎপন্ন হয়। ধাতু, অ্যালকিল মূলক বা হ্যালোজেন কর্তৃক প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়।

## 4.16 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. কোল্‌বের তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে মিথেন তৈরি করা কী সম্ভব ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখান।
2. নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জৈব যৌগগুলি সনাক্ত করুন।

   (i) $CH_3CH_2I + CH_3CH_2I \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{Na} ?$

   (ii) $CH_3CHBrCH_3 \xrightarrow[\text{ইথার}]{LiAlH_4} ?$
3. অযুগ্ম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে উর্জ বিক্রিয়া সুবিধাজনক নয় কেন ? ব্যাখ্যা করুন।
4. ট্রান্স-অ্যালকিন সিস্- অ্যালকিন অপেক্ষা বেশি স্থিতিশীল হয় কেন ? ব্যাখ্যা করুন।
5. নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলির গঠন ও নাম লিখুন।

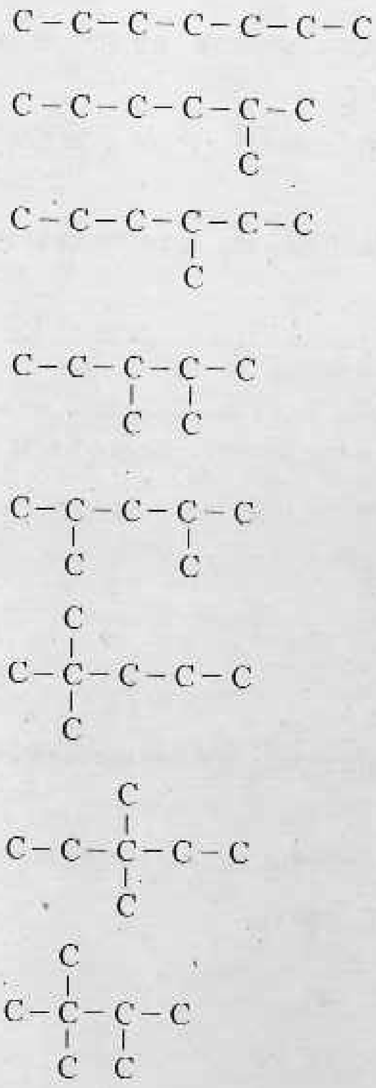
   (i) $CH_3C \equiv CCH_3 \xrightarrow[H_2So_4,\ 60^\circ]{HgSO_4} ?$

   (ii) $CH_3C \equiv CCH \xrightarrow{NaOCl} ?$

## 4.17 উত্তরমালা ঃ

অনুশীলনী -1

এখানে হেপ্টেনের ৪ টি সমাবয়বীর কার্বন-শৃঙ্খলের গঠন দেখান হলো ।



অনুশীলনী-2

**A** = $(CH_3)_2\ CHLi$

**B** = $[(CH_3)_2\ CH]_2\ CuLi$

**C** = $(CH_3)_2\ CH\ CH_3$

অনুশীলনী-3

$$CH_3MgI$$

$$CH_4$$

অনুশীলনী-4

(i) $CH_3\,CH_2COOH \xrightarrow{KOH} CH_3\,CH_2COOK^+ \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{কোলবের তড়িৎ}} CH_3\,CH_2CH_2\,CH_3$

(ii) $CH_3COOH + NaOH \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_4 + Na_2CO_3$

অনুশীলনী-5

4.5 পাঠ্যাংশ দেখুন

অনুশীলনী-6

4.7 পাঠ্যাংশ দেখুন

অনুশীলনী-7

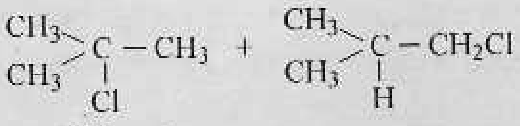
$A = CH_3\,CH=CH\,CH_3$

$B = CH_2=CH-CH_2\,CH_3$

অনুশীলনী-8

4.9 পাঠ্যাংশ দেখুন

অনুশীলনী-9



মুখ্য

অনুশীলনী-10

$$CH_3\,CH=CH_2 \xrightarrow{B_2H_6} (CH_3\,CH_2\,CH_2)_3B \xrightarrow{H_2O_2} CH_2CH_2\,CH_2\,OH$$

অনুশীলনী-11

4.10.9 পাঠ্যাংশ দেখুন

অনুশীলনী-12

(i) $H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{তরল } NH_3]{Na} H-C\equiv \bar{C}\overset{+}{N}a \xrightarrow{CH_3I} H-C\equiv C-CH_3$

(ii) $H-C\equiv C-H + HCl \longrightarrow CH_2= CHCl$

(1 মোল) (1 মোল)

অনুশীলনী-13

4.12 পাঠ্যাংশ দেখুন

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) সম্ভব নয়। কারণ এই বিক্রিয়ায় কমপক্ষে দুটি অ্যালকিল মূলক যুক্ত হয়ে অ্যালকেন তৈরি করে।

(2) (i) $CH_3CH_2CH_2CH_3$; (ii) $CH_3CH_2CH_3$

(3) 4.3 2)(c) পাঠ্যাংশ দেখুন

(3) 4.9 পাঠ্যাংশ দেখুন

(5) (i) $CH_3COCH_2CH_3$
বিউটানোন

(ii) $CH_3C\equiv C-Cl$

# B. অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনসমূহ (Aromatic hydrocarbons)

## 4.18 প্রস্তাবনা

অ্যারোমা (aroma অর্থ সুগন্ধ) থেকে অ্যারোমেটিক কথাটির উৎপত্তি হয়েছে। বর্তমানে বেঞ্জিন ও বেঞ্জিনের সাথে সম্বন্ধযুক্ত সকল যৌগকেই অ্যারোমেটিক যৌগ বলে। বেঞ্জিন ও সমগনীয় যৌগগুলিকে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলে। আলকাতরা ও পেট্রোলিয়াম থেকে বেঞ্জিন ও অন্যান্য অ্যারোমেটিক যৌগ প্রভূত পরিমাণে পাওয়া যায়। বেঞ্জিন ও বেঞ্জিন থেকে উৎপন্ন যৌগগুলি অসংখ্য ওষুধ, বিবিধ রঞ্জকদ্রব্য, নানারকম প্লাস্টিক, বিভিন্ন গন্ধদ্রব্য প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়। তাই বেঞ্জিন, টলুইন ইত্যাদির রসায়ণ আমাদের জানা একান্ত প্রয়োজন। এই এককে আমরা সংক্ষিপ্তাকারে এগুলি আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য ঃ

এই এককটি পড়ে আপনি যেগুলি জানতে পারবেন সেগুলি হলো ঃ

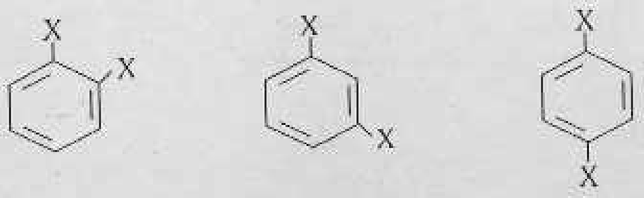
- অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন যৌগ বিশেষ করে প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিনের সমাবয়বতা এবং এই যৌগসমূহের নামকরণ
- বেঞ্জিনের রেজোনেন্স গঠন
- বেঞ্জিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাধারণ বিক্রিয়া-কৌশল
- নাইট্রেশন, সালফোনেশন ও হ্যালোজেনেশন পদ্ধতি ব্যবহার করে অ্যারোমেটিক যৌগের সংশ্লেষণ ও তাদের বিক্রিয়া-কৌশল
- ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যালকিলেশন ও অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া
- টলুইনের বেঞ্জিন বলয়ে এবং পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজেনেশন বিক্রিয়া।

# 4.19 অ্যারোমেটিক যৌগের সমাবয়বতা (Isomerism of aromatic compounds)

বেঞ্জিন থেকে উদ্ভূত বা বেঞ্জিন সঞ্জাত কিম্বা বেঞ্জিনের সাথে সম্বন্ধযুক্ত সমস্ত যৌগকেই সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগ বলে।

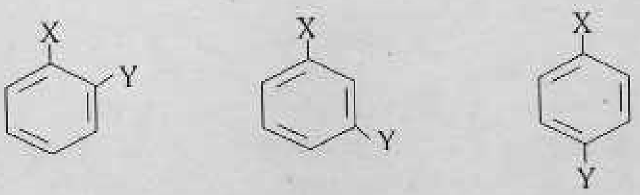
বেঞ্জিনের ছটি হাইড্রোজেন পরস্পর সমতুল্য (equivalent)। তাই বেঞ্জিনের যে কোনো একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য একটি পরমাণু X দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে অভিন্ন এক-প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগ $C_6H_5X$ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ $C_6H_5X$ যৌগটি কোনো সমাবয়বতা প্রদর্শন করে না।

বেঞ্জিনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি একই (X, X) বা দুটি ভিন্ন (X, Y) পরমাণু / মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে 1,2-(অর্থো), 1,3-(মেটা) এবং 1,4-(প্যারা)—এই তিনটি অবস্থানঘটিত সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়।




1,2 বা অর্থো    1,3 বা মেটা    1,4 বা প্যারা

অথবা

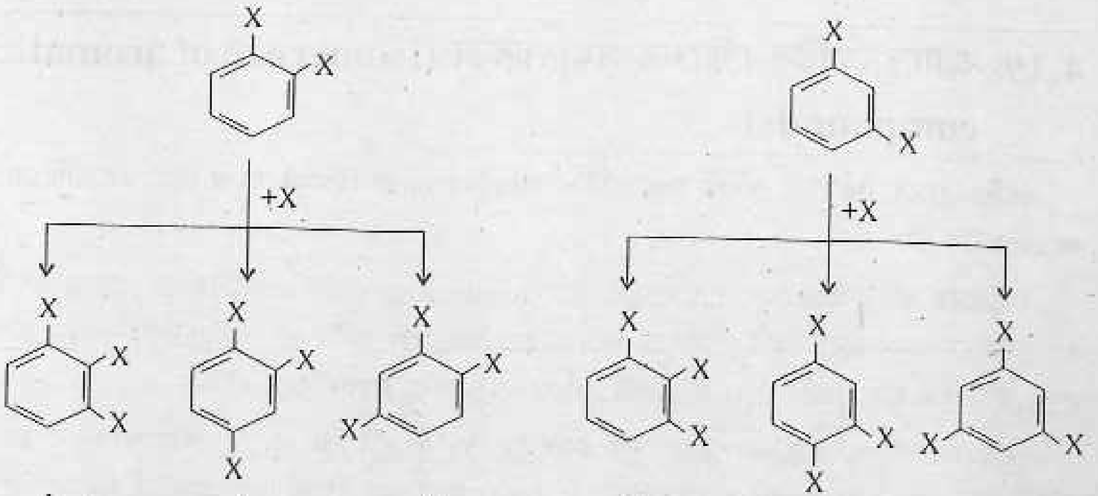



1,2 বা অর্থো    1,3 বা মেটা    1,4 বা প্যারা

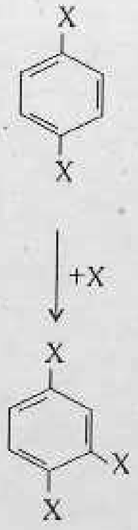
উদাহরণস্বরূপ, ডাইক্লোরোবেঞ্জিনের তিনটি সমাবয়বী এবং হাইড্রক্সিটলুইন বা ক্রেসলেরও তিনটি সমাবয়বীর অস্তিত্ব জানা আছে।

তিন প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে সমাবয়বীর সংখ্যা প্রতিস্থাপকের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।

(i) তিনটি প্রতিস্থাপক অভিন্ন হলে তিনটি সমাবয়বীর উদ্ভব হয়।

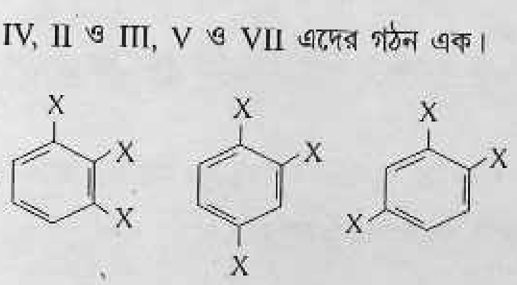


I II III IV V VI

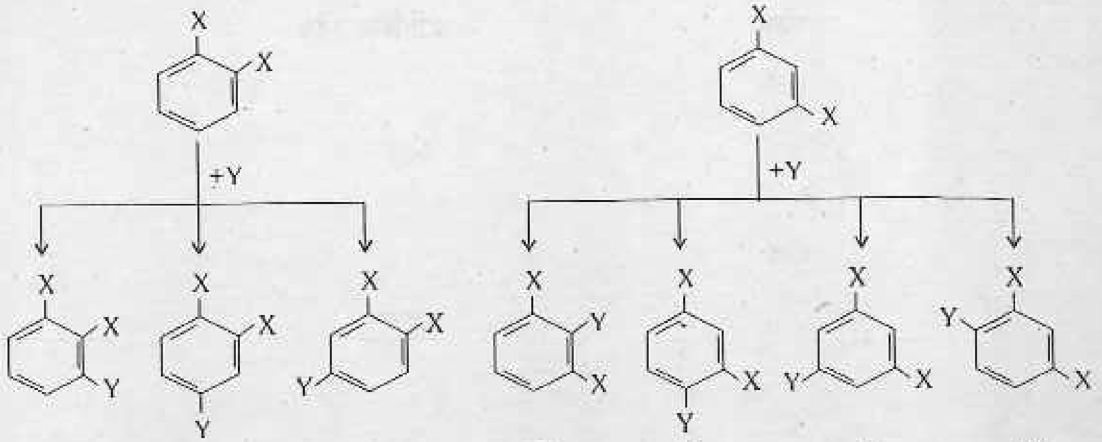


VII

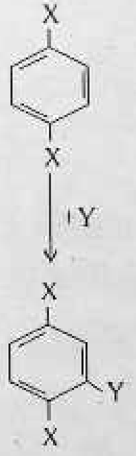
I ও IV, II ও III, V ও VII এদের গঠন এক।

ফলে  —এই তিনটি সমাবয়বীর উৎপত্তি হয়।

(ii) দুটি প্রতিস্থাপক অভিন্ন এবং তৃতীয়টি ভিন্ন হলে ছটি সমাবয়বীর সৃষ্টি হয়।



I II III IV V VI VII



VII

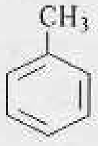
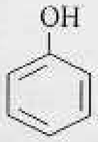
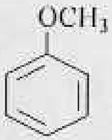
II ও III এবং V ও VII অভিন্ন।

অর্থাৎ I, II, IV, V, VI, ও VIII এই ছটি সমাবয়বীর অস্তিত্ব জানা আছে।

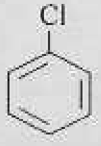
(iii) এভাবে তিনটি প্রতিস্থাপক ভিন্ন হলে দশটি সমাবয়বীর সৃষ্টি হয় ।

## 4.20 অ্যারোমেটিক যৌগসমূহের নামকরণ (Nomenclature of aromatic compounds)

আধুনিক পদ্ধতিতে (IUPAC) এক প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিনের অনেক যৌগকেই প্রচলিত নামে (Trivial) নামকরণ করা হয় যেমন,

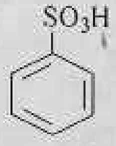
| গঠন | প্রচিলিত নাম |
|---|---|
|  | টলুইন |
|  | ফেনল |
|  | অ্যানিসোল |
| | অ্যানিলিন ইত্যাদি |

**এক প্রতিস্থাপকযুক্ত যৌগ ঃ** প্রকৃতপক্ষে IUPAC পদ্ধতিতে বেঞ্জিন শব্দের পূর্বে প্রতিস্থাপকের নাম বসিয়ে নামকরণ করা হয়। যেমন ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগকে ক্লোরোবেঞ্জিন নামে অভিহিত করা হয়।



ক্লোরোবেঞ্জিন

কোনো কোনো ক্ষেত্রে বেঞ্জিন শব্দের পরে প্রতিস্থাপকের নাম বসিয়ে নামকরণ করা হয়। যেমন



বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড

**দু-প্রতিস্থাপকযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে ঃ**

(i) প্রতিস্থাপক দুটি বেঞ্জিন বলয়ের সন্নিহিত বা 1, 2 - কার্বনে যুক্ত থাকলে অর্থো-সমাবয়বী (ortho-isomer) যৌগ বলে।

(ii) প্রতিস্থাপক দুটি বেঞ্জিন বলয়ের একান্তর (alternate) বা 1, 3 - অবস্থানের কার্বনের সাথে যুক্ত থাকলে মেটা-সমাবয়বী (meta-isomer) যৌগ বলে।

(iii) প্রতিস্থাপক দুটি বেঞ্জিন বলয়ের পরস্পর দুটি বিপরীত বা 1, 4 - অবস্থানের কার্বনের সাথে যুক্ত থাকলে প্যারা-সমাবয়বী (para-isomer) যৌগ বলে।

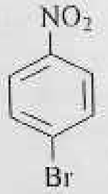
অর্থো (ortho), মেটা (meta), প্যারা (para)—এগুলির পরিবর্তে $o-$, $m-$ এবং $p$ চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।

প্রতিস্থাপক দুটি ভিন্ন হলে, এক-প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিন বলয়কে মূল নাম (root name) হিসাবে ধরে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপককে তার অবস্থান অনুযায়ী $o-$, $m-$ বা $p-$ দ্বারা বোঝান হয়।

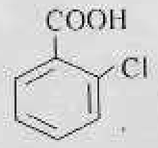
মূল নাম নির্ধারণের জন্য প্রথম প্রতিস্থাপকের প্রাধান্যক্রম নিম্নরূপ ঃ

$-COOH > -CONH_2 > -CHO > -CN > \rangle C=O >$
$-CH_2OH > -CH_3 > -OH$ (ফেনলীয় $> -NH_2 >$
$-NO_2 > -X$ (হ্যালোজেন)

উদাহরণ ঃ

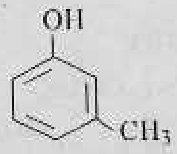


$p$-ব্রোমোনাইট্রোবেঞ্জিন



$o$-ক্লোরোবেঞ্জোয়িক অ্যাসিড

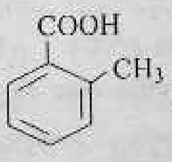
$m$-ব্রোমোনাইট্রোবেঞ্জিন



$m$-হাইড্রক্সিটলুইন

**অনুশীলনী-1**

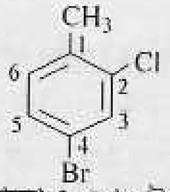
নিচের যৌগগুলির IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করুন।

(i) ; (ii)  ; (iii)

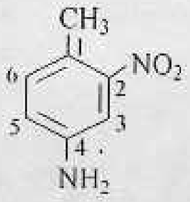
**তিন বা তারও বেশি প্রতিস্থাপকযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে ঃ** এসব ক্ষেত্রে বেঞ্জিন বলয়ের কার্বনগুলিকে 1 থেকে 6 পর্যন্ত সংখ্যা চিহ্নিত করা হয়। প্রতিস্থাপকের প্রাধান্যক্রমে অনুযায়ী প্রধান মূলকটিকে 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং ঐ প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিন বলয়টিকেই মূল যৌগ হিসাবে ধরা হয়। সাধারণত

মূল যৌগের নামটি প্রচলিত নামেই নামকরণ করা হয়। এরপর অন্যান্য প্রতিস্থাপকগুলিকে অবস্থান নির্ণয়কারী সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অবস্থান নির্ণয়কারী সংখ্যা দিয়ে প্রতিস্থাপকগুলিকে এমনভাবে সংখ্যায়িত করা হয় যাতে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকটিকে ন্যূনতম সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। প্রতিস্থাপকের নামের আগে সংখ্যাগুলি বসিয়ে বেঞ্জিন বলয়ে প্রতিস্থাপকগুলির আপেক্ষিক অবস্থান বোঝানো হয়। প্রতিস্থাপকের নামের আদ্যক্ষর অনুযায়ী ইংরেজি বর্ণমালার ক্রম অনুসারে এদের নাম সাজাতে হয়।

উদাহরণ ঃ



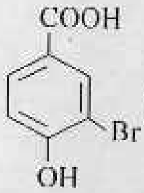

4-ব্রোমো-2-ক্লোরোটলুইন

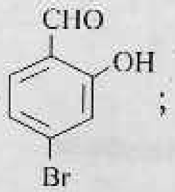


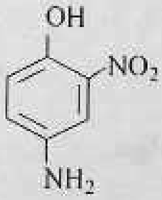

4-অ্যামিনো-2-নাইট্রোটলুইন

**অনুশীলনী-2**

নিচের যৌগগুলির IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করুন।

(i) 

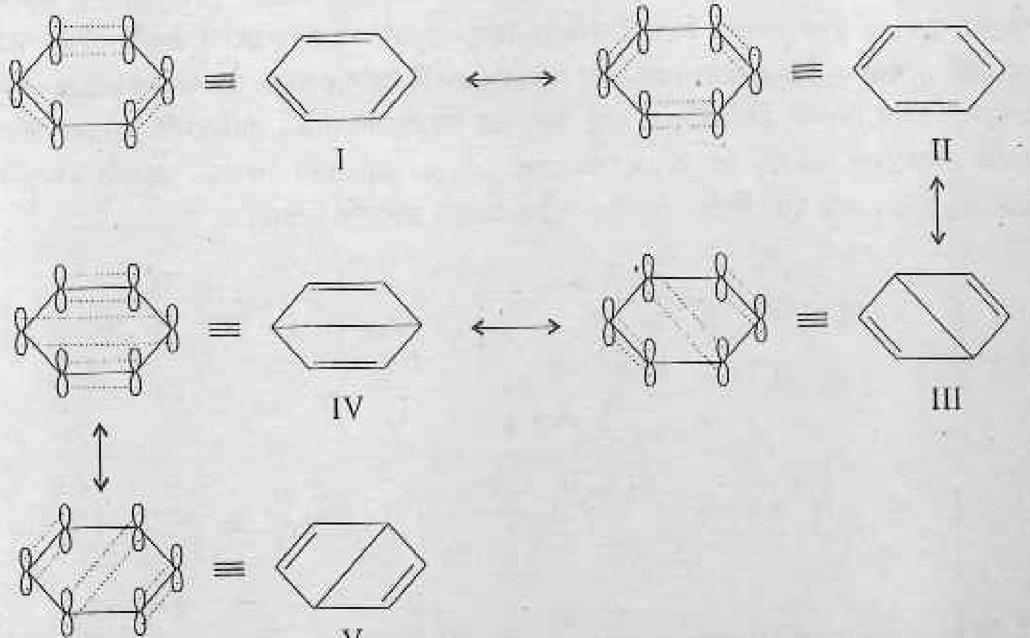
; (ii) 

; (iii) 


## 4.21 বেঞ্জিনের রেজোনেন্স গঠন (Resonance structure of benzene)

কোনো পরমাণুর বিভিন্ন প্রকৃতির পারমাণবিক কক্ষকের (যেমন s, p ইত্যাদি) পারস্পরিক মিশ্রণে সংকরায়িত কক্ষকের (hybridised orbital) সৃষ্টি হয়। রাসায়নিক বন্ধন গঠনে সাধারণত এই সংকরায়িত কক্ষকগুলি অংশ গ্রহণ করে। বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন পরমাণু $sp^2$ সংকরায়িত (hybridised) অবস্থায় থাকে। একটি $sp^2$ সংকরায়িত কার্বনের দুটি কক্ষক অপর দুটি $sp^2$ সংকরায়িত কার্বনের কক্ষকের সাথে অভিলেপনে দুটি $\sigma$ (সিগমা) বন্ধন গঠিত হয়। কার্বনের তৃতীয় সংকরায়িত কক্ষকটি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর 1s কক্ষকের সাথে অভিলেপনে আরও একটি $\sigma$ বন্ধনের সৃষ্টি হয়। এভাবে প্রত্যেক কার্বন

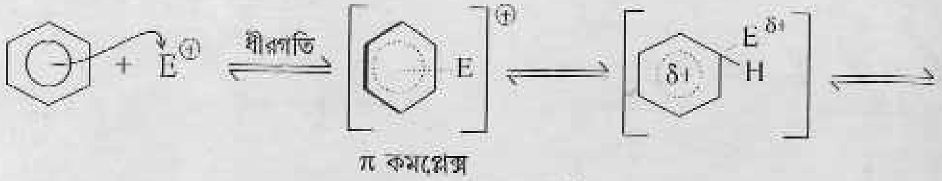
পরমাণুর তিনটি সংকরায়িত কক্ষকের মধ্যে দুটি সন্নিহিত কার্বনের সাথে দুটি C – C বন্ধন এবং তৃতীয়টি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে একটি C – H $\sigma$ বন্ধন গঠন করে। এরূপে ছটি কার্বন পরমাণু একটি সুষম ষড়ভুজাকৃতির সামতলিক বলয় তৈরি করে যাতে C – H বন্ধনও একই তলে থাকে। আবার প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে p-পারমাণবিক কক্ষক অবিকৃত অবস্থায় থাকে। অর্থাৎ ছটি কার্বনের ছটি p পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় বেঞ্জিন তলের ওপর লম্বভাবে অবস্থান করে। ভ্যালেন্স বন্ধন তত্ত্ব (Valance Bond Theory) অনুযায়ী দুটি পরমাণুর পারমাণবিক কক্ষকের পারস্পরিক মিলনের (overlapping) ফলেই একটি সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়। এই তত্ত্ব অনুযায়ী বেঞ্জিনের মধ্যে পাঁচভাবে তিনটি $\pi$ সমযোজী বন্ধন তৈরি হতে পারে। এগুলি নিচে দেখানো হলো ঃ

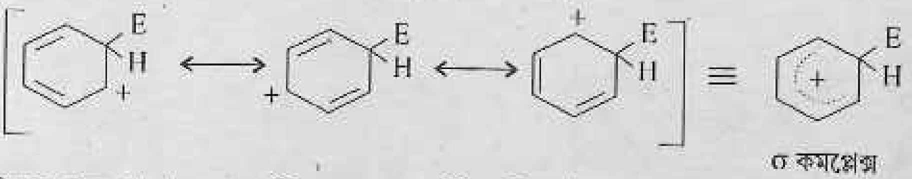



সুতরাং বেঞ্জিনের $\sigma$ বন্ধনযুক্ত মূল গঠনকাঠামো অবিকৃত রেখে p কক্ষকগুলির অভিলেপনে বলয়ের বিভিন্ন অবস্থানে $\pi$ বন্ধনের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ দ্বি-বন্ধনের অবস্থানের পরিবর্তনের ফলে একাধিক গঠন পাওয়া যায়। এদের এক একটি গঠনকে রেজোনেটিং গঠন (Resonating structure) বলে। এই পাঁচটি রেজোনেটিং গঠনের সম্মিলিত রূপকে রেজোনেন্স হাইব্রিড (Resonance hybrid) বলে। রেজোনেন্স হাইব্রিডে I, II রেজোনেটিং গঠনের অবদান সবচেয়ে বেশি। III, IV ও V রেজোনেটিং গঠনে প্যারা-বন্ধন (1, 4-বন্ধন) বর্তমান থাকায় এগুলি খুব অস্থায়ী হয়। তাই রেজোনেন্স হাইব্রিডে এদের অবদান কম। কোনো একটি রেজোনেন্স গঠনের সাহায্যে বেঞ্জিনের সকল ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। কিন্তু রেজোনেন্স হাইব্রিডের সাহায্যে সমস্ত ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন, বেঞ্জিনে কার্বন-কার্বন বন্ধন দৈর্ঘ্য 139 pm (pm = picometre) এবং বেঞ্জিন খুবই স্থিতিশীল যৌগ। রেজোনেন্সের সাহায্যে বন্ধন দৈর্ঘ্য C – C 154pm এবং C = C 133pm এর মাঝামাঝি 139 pm প্রমাণ করা যায়। আবার বেঞ্জিনের রেজোনেন্স শক্তি মোল প্রতি 152 কি.জুল দিয়ে এর স্থিতিশীলতা প্রমাণ করা যায়।

## 4.22 বেঞ্জিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাধারণ বিক্রিয়া-কৌশল (General mechanism of electrophilic substitution reactions of benzene)

বেঞ্জিন বলয় ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বলে বেঞ্জিনের $\pi$ বন্ধন ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফিলীয় বিকারক বা ইলেকট্রোফাইলের ($E^+$) প্রতি আকৃষ্ট হয় এবং $E^+$-এর ধনাত্মক তড়িৎক্ষেত্রের প্রভাবে $\pi$ বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বা মেরুকরণ (polarisation) ঘটে। বেঞ্জিনের $\pi$ বন্ধনের এই মেরুকরণের ফলে উৎপন্ন বিপরীত তড়িতাধানের আকর্ষণ বল দ্বারা পরস্পর সংবদ্ধ হয়ে 'পাই' কমপ্লেক্স ($\pi$ complex) গঠন করে। পরবর্তী ধাপে $\pi$ বন্ধন ভেঙে গিয়ে ইলেকট্রোফাইল, $E^+$ এর সাথে বেঞ্জিনের একটি কার্বন পরমাণুর সমযোজী $\sigma$ বন্ধন গঠিত হয়ে বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। রেজোনেন্স এর মাধ্যমে কার্বোক্যাটায়নটি স্থিতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। এই কার্বোক্যাটায়নটির রেজোনেটিং গঠনের সম্মিলিত রূপকে রেজোনেন্স হাইব্রিড বা সিগমা কমপ্লেক্স ($\sigma$ complex) বা ভিলাণ্ড অন্তবর্তী (Wheland intermediate) বলা হয়। সিগমা কমপ্লেক্স গঠিত হওয়ার ধাপগুলি নিম্নরূপ :



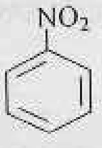

বিক্রিয়ার শেষ ধাপে $H^+$ অপনীত হয়ে E-প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়।

## 4.23 অ্যারোমেটিক যৌগের সংশ্লেষণ (Synthesis of aromatic compounds)

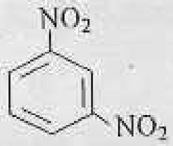
নাইট্রেশন, সালফোনেশন, হ্যালোজেনেশন, ফ্রিডল-ক্র্যাফট্স্ অ্যালকিলেশন ও অ্যাসাইলেশন পদ্ধতি ব্যবহার করে বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগ সংশ্লেষণ করা হয়।

### 4.23.1 (1) নাইট্রেশন (Nitration) :

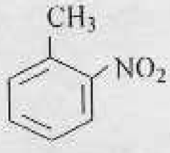
অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলয়ের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু নাইট্রো গ্রুপ ($-NO_2$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাদের অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ বলে। অ্যারোমেটিক বলয়ে নাইট্রো গ্রুপ প্রবেশ করানোর এই পদ্ধতিকে নাইট্রেশন বলে। কয়েকটি উদাহরণ ঃ



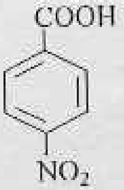
নাইট্রোবেঞ্জিন



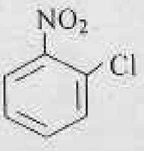
*m*- ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন



*o*- নাইট্রোটলুইন

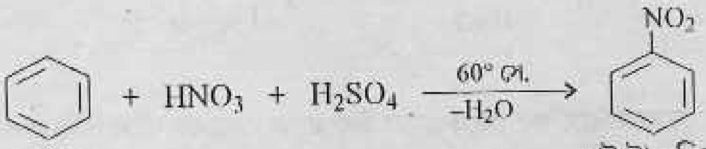


*p*-নাইট্রোবেঞ্জোয়িক অ্যাসিড



*o*- ক্লোরোনাইট্রোবেঞ্জিন

সংশ্লেষণ ঃ নাইট্রেশন পদ্ধতিতে নাইট্রো গ্রুপকে সরাসরি অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের বলয়ে প্রবেশ করানো হয়। সরাসরি নাইট্রেশনে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।



বেঞ্জিন নাইট্রোবেঞ্জিন

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ গাঢ় $HNO_3$ ও গাঢ় $H_2SO_4$ মিশ্রণে নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($\overset{+}{N}O_2$) উৎপন্ন হয়।

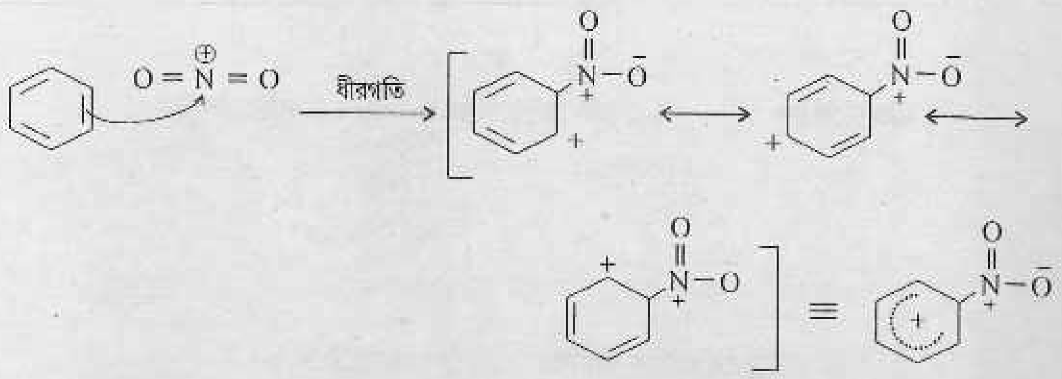
$$H\ddot{O}-NO_2 + H-O-SO_3H \rightleftharpoons H_2\overset{+}{O}-NO_2 + \bar{O}-SO_3H$$

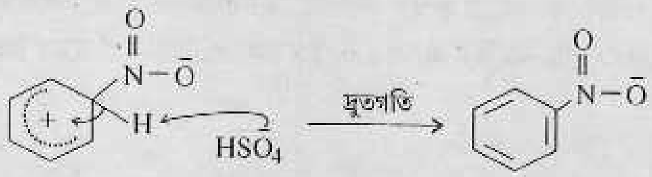
$$H_2\overset{+}{O}-NO_2 \rightleftharpoons H_2O + \overset{+}{N}O_2$$

$$\overset{+}{N}O_2 \rightleftharpoons O=\overset{+}{N}=O$$

নাইট্রোনিয়াম আয়ন

নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($\overset{+}{N}O_2$) একটি ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল হিসাবে কাজ করে। প্রথমে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন এক্ষেত্রে বেঞ্জিন বলয়ের $\pi$ ইলেকট্রন দ্বারা $\overset{+}{N}O_2$ আয়ন আকৃষ্ট হয় এবং বলয়ের যে কোনো একটি কার্বন পরমাণুর সাথে একটি সমযোজী বন্ধন গঠন করে। এর ফলে ধীরগতিতে বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন বা সিগ্‌মা কমপ্লেক্সের উৎপত্তি ঘটে। পরবর্তী ধাপে বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত $HSO_4^-$ আয়ন ক্ষারক হিসাবে সিগমা কমপ্লেক্স থেকে দ্রুতগতিতে একটি প্রোটন অপসারিত করে নাইট্রো মূলক প্রতিস্থাপিত স্থিতিশীল যৌগ নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন করে।




বিক্রিয়া মাধ্যমে কোনো কারণে জল থেকে গেলে উৎপন্ন $\overset{+}{N}O_2$ জলের সাথে বিক্রিয়া করে পুণরায় $HNO_3$ এবং $H^+$ উৎপন্ন করে। $HSO_4^-$, $H^+$ এর সাথে বিক্রিয়া করে $H_2SO_4$ তৈরি করে।

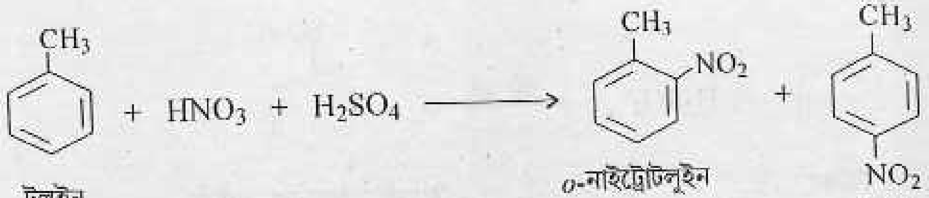
$$\overset{+}{N}O_2 + H_2O \rightleftharpoons HNO_3 + H^+$$

$$H^+ + HSO_4^- \longrightarrow H_2SO_4$$

এজন্য ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে নাইট্রেশন বিক্রিয়া সহজতর হয়।

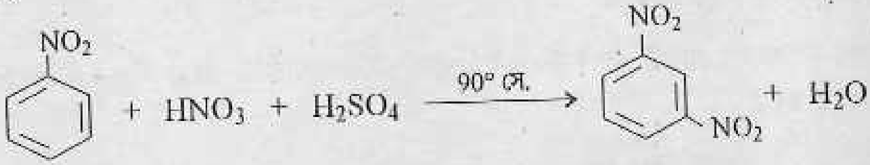
এক প্রতিস্থাপকযুক্ত অ্যারোমেটিক যৌগের ক্ষেত্রে নাইট্রো মূলক বলয়ের কোন্ অবস্থানে প্রবেশ করবে সেটা বলয়ে উপস্থিত প্রতিস্থাপকের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।

মিথাইল মূলক ($-CH_3$) বেঞ্জিন বলয়ে উপস্থিত থাকলে এই মূলকের সাপেক্ষে অর্থো- ও প্যারা-অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেকট্রোফাইল অর্থো ও প্যারা অবস্থানে প্রবেশ করে।



টলুইন　　$o$-নাইট্রোটলুইন　　$p$-নাইট্রোটলুইন

অ্যারোমেটিক বলয়ে নাইট্রেট মূলক উপস্থিত থাকলে $-NO_2$ মূলকের রেজোনেন্সঘটিত এবং $-I$ আবেগজনিত প্রভাবের ফলে এই মূলকের সাপেক্ষে অর্থো-এবং প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস পায়। অন্য কথায় মেটা-অবস্থানে তুলনামূলকভাবে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে নাইট্রোবেঞ্জিনের বলয়ে দ্বিতীয় নাইট্রোমূলক মেটা-অবস্থানে প্রবেশ করে।

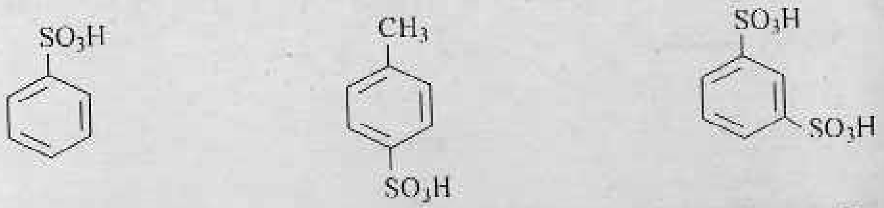


নাইট্রোবেঞ্জিন　　$m$-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন

## 4.23.2 (2) সালফোনেশন (Sulphonation) :

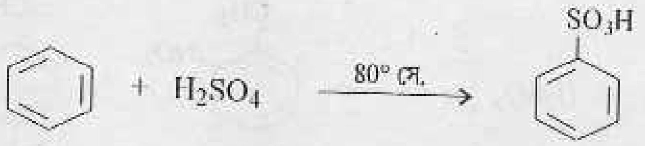
অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলয়ের এক বা একের অধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-SO_3H$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাদের অ্যারোমেটিক সালফোনিক অ্যাসিড বলে। অ্যারোমেটিক বলয়ে সালফোনিক অ্যাসিড মূলক প্রবেশ করানোর পদ্ধতিকে সালফোনেশন বলে।

অ্যারোমেটিক সালফোনিক অ্যাসিডের কয়েকটি উদাহরণ :



বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড　　$p$-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিড　　বেঞ্জিন-$m$-ডাইসালফোনিক অ্যাসিড

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনকে (যেমন বেঞ্জিন) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড + সালফার ট্রাইঅক্সাইড) সহযোগে উত্তপ্ত করে সালফোনেশন করা হয়।



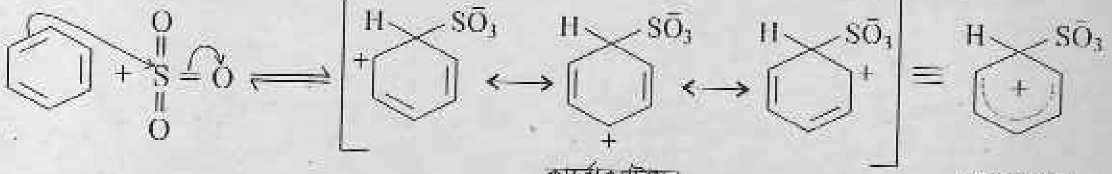
বেঞ্জিন　　　　বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ সালফোনেশন একটি ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন সালফারট্রাইঅক্সাইড অণু ($SO_3$ বা $O=\overset{O}{\overset{\|}{S}}=O$) এক্ষেত্রে ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে।

বিক্রিয়া-কৌশলের প্রতিটি ধাপই উভমুখী। সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে নিচের বিক্রিয়ায় কম গাঢ়ত্বের $SO_3$ উৎপন্ন হয়।

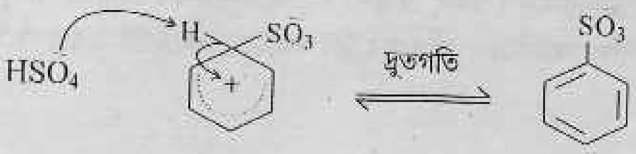
$$2H_2SO_4 \rightleftharpoons SO_3 + H_3\overset{+}{O} + HSO_4$$

$SO_3$ এর গঠনে $\overset{\delta}{O}-S^{\delta+++}(O^{\delta-})(O^{\delta})$ S পরমাণু ধনাত্মক আধান-যুক্ত হওয়ার ফলে এটি বেঞ্জিন বলয়ের π ইলেকট্রন কর্তৃক আকৃষ্ট হয়। এবং বলয়ের যে কোনো একটি কার্বনের সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। এর ফলে বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। রেজোনেন্স প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এই কার্বোক্যাটায়নটি স্থিতিশীলতা লাভ করে। স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়নকে σ কমপ্লেক্স বলে।



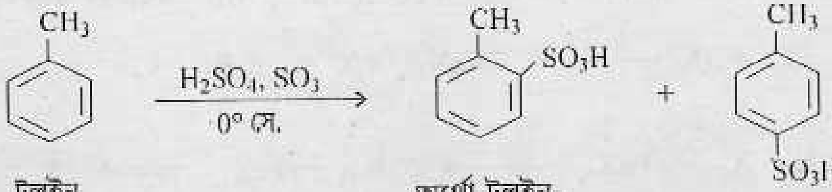
কার্বোক্যাটায়ন　　　　σ কমপ্লেক্স

বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত $HSO_4^-$ ক্ষারক হিসাবে কাজ করে এবং σ কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন অপসারিত করে বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড অ্যানায়ন গঠন করে।



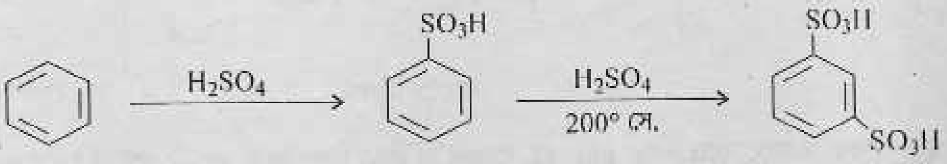
এই অ্যানায়নটি পুনরায় $H_2SO_4$ থেকে দ্রুতগতিতে প্রোটন ($H^+$) গ্রহণ করে বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

ইলেকট্রন দানকারী মূলক যেমন, মিথাইল মূলকের উপস্থিতিতে ইলেকট্রোফাইল বেঞ্জিন বলয়ে অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে প্রবেশ করে।




টলুইন — অর্থো-টলুইন-সালফোনিক অ্যাসিড — প্যারা-টলুইন-সালফোনিক অ্যাসিড

ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলকের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন বলয়ে ইলেকট্রোফাইল মেটা-অবস্থানে প্রবেশ করে (নাইট্রেশন বিক্রিয়া দেখুন)। 200° সে. তাপমাত্রায় বেঞ্জিন ও অতিরিক্ত পরিমাণ ধুমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রথমে বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরের ধাপে, ইলেকট্রন বিকর্ষী সালফোনিক অ্যাসিড মূলকের উপস্থিতিতে দ্বিতীয় সালফোনিক অ্যাসিড মূলক মেটা-অবস্থানে প্রবেশ করে।




বেঞ্জিন — বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড — বেঞ্জিন-*m*-ডাইসালফোনিক অ্যাসিড

অনুশীলনী-3

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বেঞ্জিনের নাইট্রেশন বিক্রিয়ার আয়নীয় বিক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করুন। এই বিক্রিয়ায় $H_2SO_4$-এর ভূমিকা কী ?

## 4.23.3(3) হ্যালোজেনেশন (Halogenation)

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলয়ের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপন্ন হয়। অ্যারোমেটিক বলয়ে হ্যালোজেন পরমাণু প্রবেশ করানোর পদ্ধতিকে হ্যালোজেনেশন বলে।

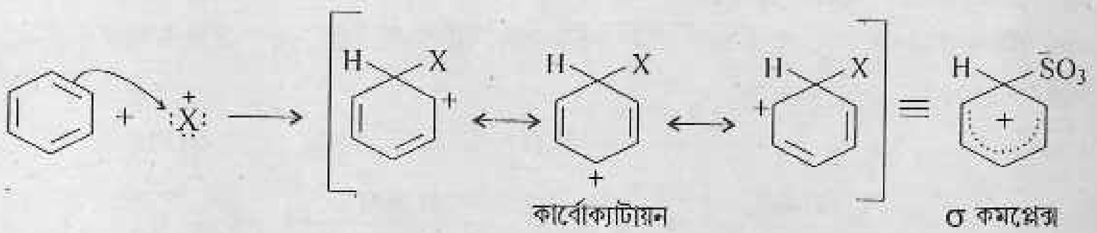
অ্যারোমেটিক বলয়ের হ্যালোজেনেশনে ইলেকট্রোফাইল, হ্যালোনিয়াম আয়ন বিভিন্ন অবস্থায় বিক্রিয়া করে। সাধারণ অবস্থায় হ্যালোজেন (যেমন $Cl_2, Br_2$) ক্রিয়াশীল (activated) অ্যারোমেটিক বলয়ের (যেমন, ফেনল) সাথে বিক্রিয়া করে, কিন্তু স্থিতিশীল (stable) বেঞ্জিন বলয়ের সাথে বিক্রিয়া করে না। বেঞ্জিন বলয়ের সাথে হ্যালোজেনের জায়গায় হ্যালোনিয়াম আয়ন বিক্রিয়া করে। এর জন্য হ্যালোজেন-বাহক Fe অথবা লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক যেমন $FeCl_3, AlCl_3, AlBr_3$ ইত্যাদির উপস্থিতি প্রয়োজন।

$$2Fe + 3X_2 \longrightarrow 2FeX_3 \quad (X = Cl, Br)$$

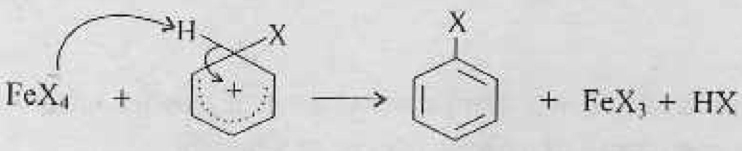
$$X-\ddot{X}: + FeX_3 \longrightarrow X-\overset{+}{X}-Fe\bar{X}_3 \rightleftharpoons \overset{+}{X} + Fe\bar{X}_4$$

হ্যালোনিয়াম আয়ন

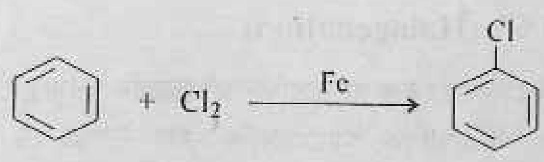
হ্যালোনিয়াম আয়ন অ্যারোমেটিক বলয়ের π ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং বলয়ের যে কোনো একটি কার্বনের সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। এর ফলে একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। এই কার্বোক্যাটায়ন রেজোনেন্সের মাধ্যমে স্থিতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। এই স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়নকে σ কমপ্লেক্স বলে।



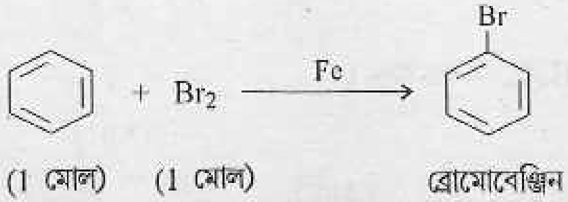

$FeX_4$ ক্ষারক হিসাবে কাজ করে এবং এই ক্ষারক σ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে। যে কার্বনে X যুক্ত সেই কার্বন থেকেই $H^+$ অপসারিত হয়। ফলে স্থিতিশীল হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ গঠিত হয়।



উদাহরণ ঃ

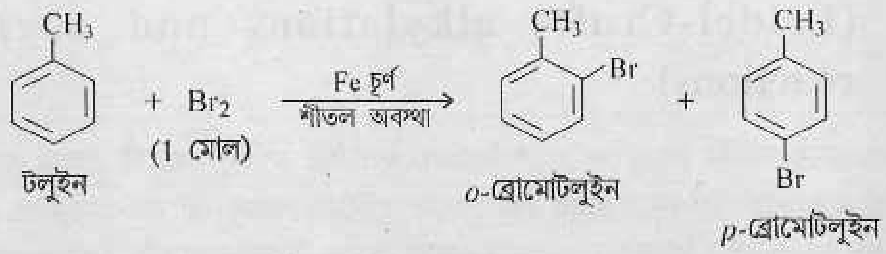


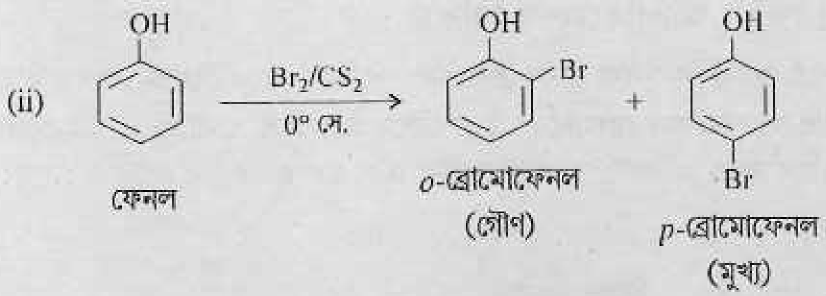
(1 মোল) (1 মোল) ক্লোরোবেঞ্জিন



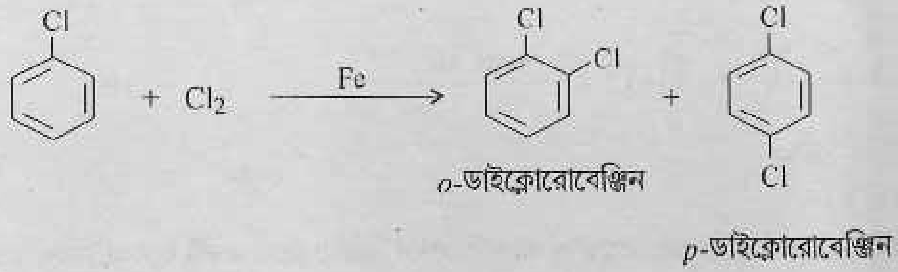

আগেকার বিক্রিয়াগুলির মতোই, ক্রিয়াশীল অ্যারোমেটিক বলয়ে হ্যালোনিয়াম আয়ন বলয়ে অবস্থিত প্রতিস্থাপকের অর্থো—ও প্যারা—অবস্থানে প্রবেশ করে।

উদাহরণ ঃ (i)



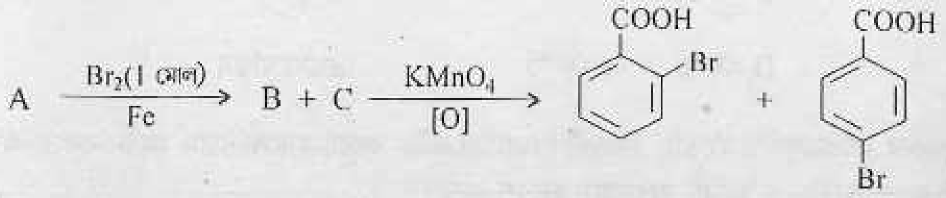




(iii) সাধারণ তাপমাত্রায় লৌহচূর্ণের উপস্থিতিতে ক্লোরোবেঞ্জিন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অর্থো- ও প্যারা—ডাইক্লোরোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



অনুশীলনী-4

নীচের বিক্রিয়ায় A, B, C, সনাক্ত করুন।

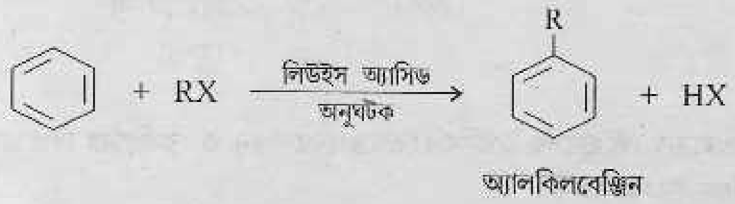


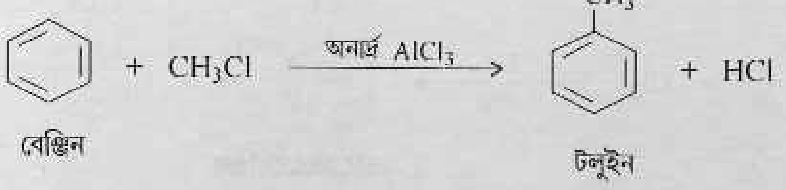

## 4.24 ফ্রিডেল —ক্র্যাফটস্ অ্যালকিলেশন এবং অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া (Fridel-Crafts alkylations and acylation reactions)

1877 সালে ফরাসী রসায়নবিদ চার্লস ফ্রিডেল এবং তাঁর মার্কিন সহযোগী জেমস এম ক্র্যাফটস্ অ্যালকিল ও অ্যাসাইল বেঞ্জিন প্রস্তুতির নতুন পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। তাঁদের নামানুসারে এই বিক্রিয়া সমূহকে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ বিক্রিয়া বলে। প্রথমে আমরা ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যালকিলেশন ও পরে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

### 4.24.1 ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া :

অ্যারোমেটিক বলয়ে অ্যালকিল মূলক প্রবেশ করানোর পদ্ধতিকে অ্যালকিলেশন বলে। লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক, অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইড ও অ্যারোমেটিক যৌগের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল মূলক প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপন্ন হয়।




বিক্রিয়া-কৌশল ঃ ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া হলো একটি ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন

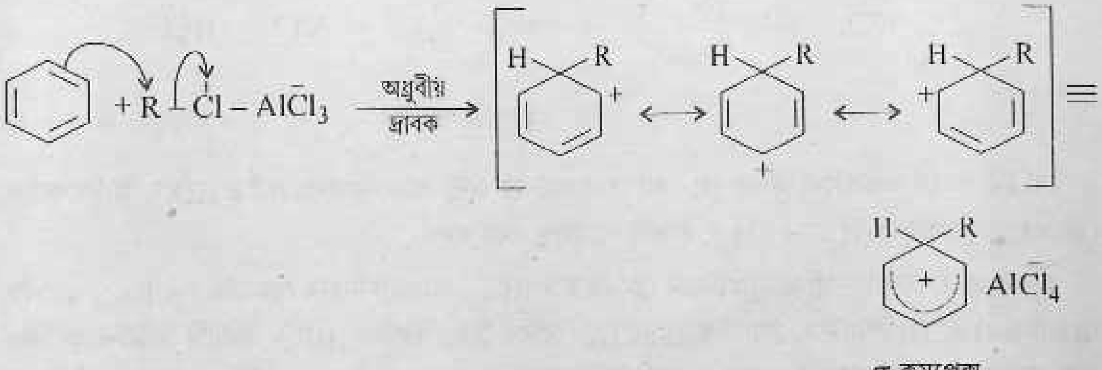
বিক্রিয়া। অ্যালকিল হ্যালাইড ও লিউইস অ্যাসিড অনার্দ্র $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দ্বিমেরু আয়ন সমন্বিত 1:1 জটিল যৌগ বা অ্যালকিল ক্যাটায়ন ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল রূপে কাজ করে।

$$R-\ddot{\underset{..}{Cl}}: + AlCl_3 \rightleftharpoons R-\overset{+}{Cl}-\overset{-}{AlCl_3} \rightleftharpoons \overset{+}{R}[AlCl_4]^-$$

দ্বিমেরু আয়ন সমন্বিত 1:1 জটিল যৌগ — ক্যার্বোক্যাটায়ন

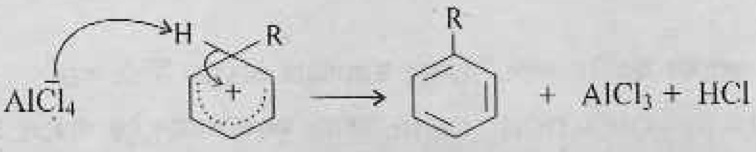
বিক্রিয়ার শর্ত অনুযায়ী সাধারণত অধ্রুবীয় দ্রাবকে (nonpolar solvent) 1 : 1 জটিল যৌগ ও অ্যারোমেটিক বলয়ের সরাসরি বিক্রিয়া ঘটে।

1° বা 2° অ্যালকিল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে ঃ




σ কমপ্লেক্স

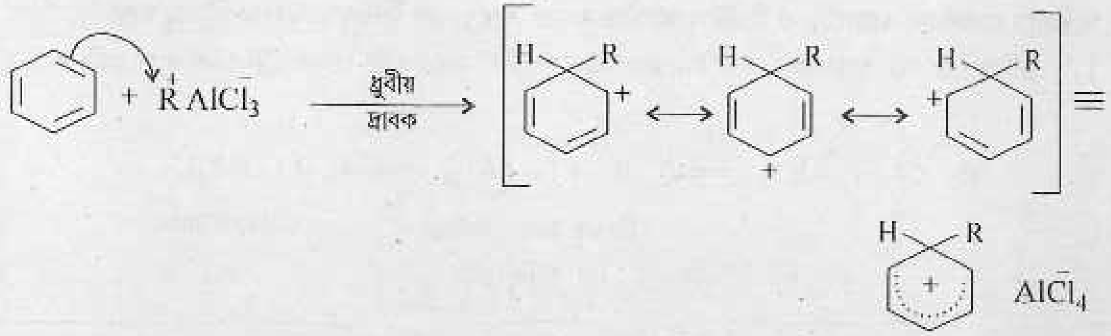
$AlCl_4^-$ ক্ষারক রূপে কাজ করে এবং এই ক্ষারক σ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন অপসারণ করে। ফলে স্থিতিশীল অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ গঠিত হয়।



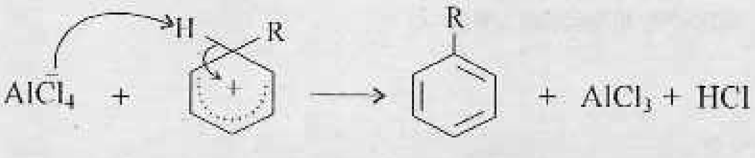

অ্যালকিলবেঞ্জিন

3° অ্যালকিল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে ঃ অ্যালকিল হ্যালাইড ও অনার্দ্র $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন, $R^+$ ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে।

$$R-\ddot{\underset{..}{Cl}}: + AlCl_3 \longrightarrow \overset{+}{R}\,\overset{-}{AlCl_4}$$




দ্বিতীয় ধাপটি আগের মতোই।



অ্যালকিলবেঞ্জিন

বেঞ্জিন বলয়ে অ্যালকিল মূলক (R) প্রবেশ করানোর জন্য অ্যালকিল হ্যালাইড (RX), অ্যালকোহল (ROH), অ্যালকিন ($H_2C=CH_2$) প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়।

অনুঘটক হিসাবে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোমাইড ($AlBr_3$), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) স্ট্যানিক ক্লোরাইড ($SnCl_4$), বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড ($BF_3$) ইত্যাদি লিউইস অ্যাসিড এবং হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড (HF), সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2SO_4$), ফসফোরিক অ্যাসিড ($H_3PO_4$) প্রভৃতি প্রোটন অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

কঠিন বিক্রিয়কের জন্য দ্রাবক হিসাবে মিথিলিন ক্লোরাইড ($CH_2Cl_2$), n-হেক্সেন (n-$C_6H_{14}$), কার্বন ডাইসালফাইড ($CS_2$) ও নাইট্রোবেঞ্জিন ব্যবহার করা হয়। তরল বিক্রিয়কের জন্য কোন দ্রাবকের প্রয়োজন হয় না।

উৎপন্ন জাত পদার্থের প্রকৃতির ওপর বিক্রিয়ায় তাপমাত্রার প্রয়োজন নির্ভর করে।

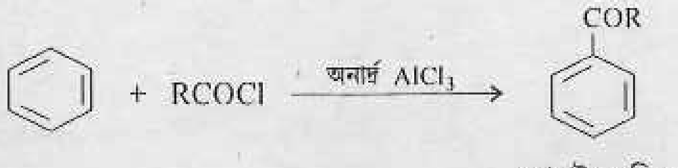
বেঞ্জিন বলয়ে $-R$, $-OH$, $-OCH_3$, Cl, Br ইত্যাদি মূলক/পরমাণু যুক্ত থাকলে, ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয়ের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। ফলে, অ্যালকিলবেঞ্জিন, ফেনল, অ্যানিসোল, ক্লোরোবেঞ্জিন, ব্রোমোবেঞ্জিন, প্রভৃতি যৌগ ফ্রিডেল-ক্র্যাফট্‌স্ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

বেঞ্জিন বলয়ে নাইট্রো ($-NO_2$), কার্বোক্সিল ($-COOH$), সায়ানো ($-CN$) প্রভৃতি মূলক যুক্ত থাকলে ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয়ের সক্রিয়তা হ্রাস পায়। ফলে নাইট্রোবেঞ্জিন, বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, ও সায়ানোবেঞ্জিন ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। এই কারণে নাইট্রোবেঞ্জিন এই বিক্রিয়ায় দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

## 4.24.2 ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া (Fridel-Crafts acylation reactions)

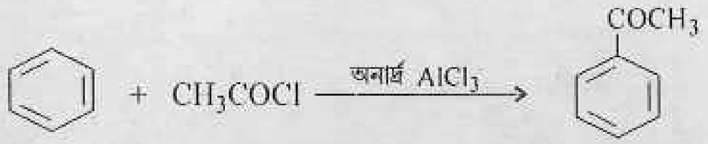
লিউইস অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যারোমেটিক বলয়ে অ্যাসাইল মূলক (RCO–) প্রবেশ করানোর পদ্ধতিকে অ্যাসাইলেশন বলে। যেমন,

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন ও অ্যাসাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসাইলবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



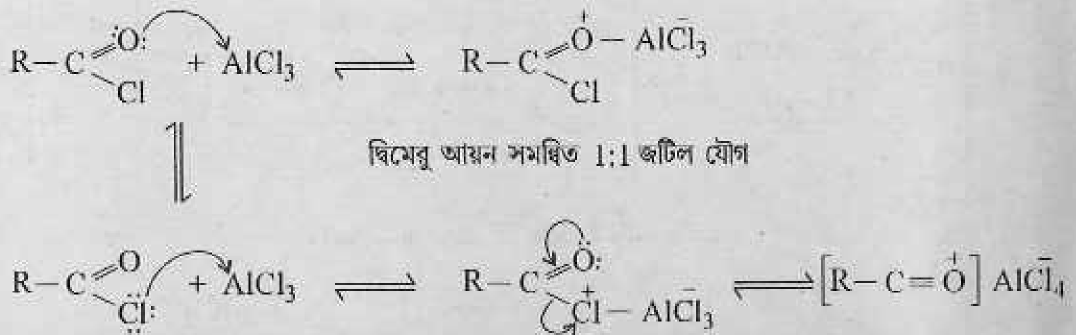

অ্যাসাইলবেঞ্জিন

উদাহরণ ঃ

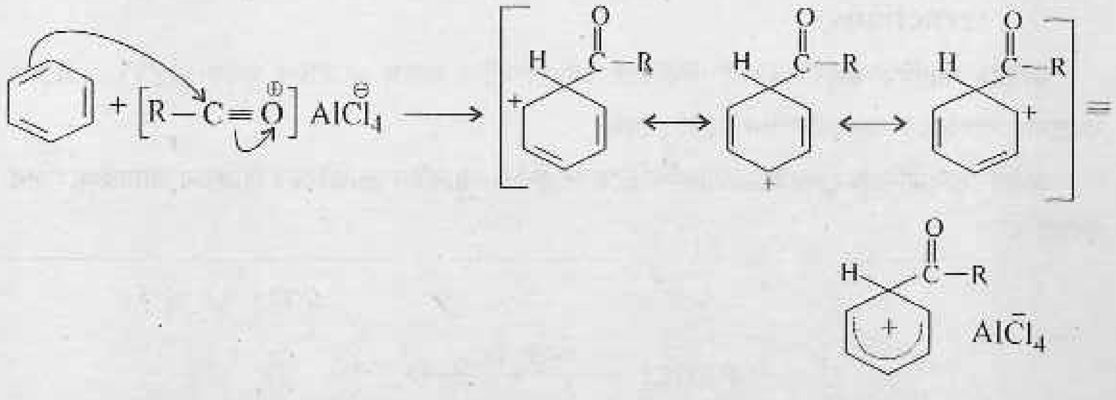



বেঞ্জিন — অ্যাসিটোফেনোন

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ

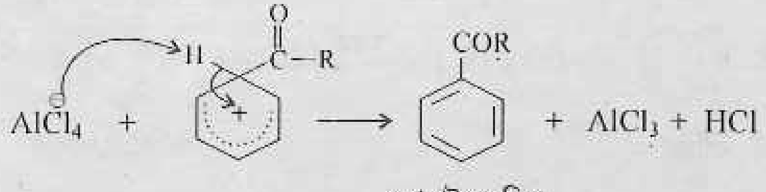


অ্যাসাইল ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যারোমেটিক বলয় আক্রান্ত হলে ঃ



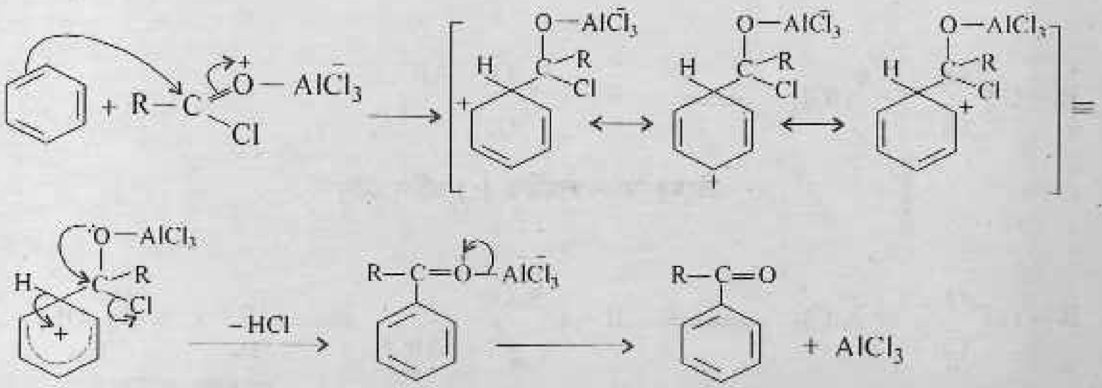
σ কমপ্লেক্স

$AlCl_4^-$ ক্ষারকরূপে কাজ করে এবং σ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে অ্যাসাইল প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন উৎপন্ন করে।



অ্যাসাইলবেঞ্জিন

দ্বিমেরু সমন্বিত 1 : 1 জটিল লবণ কর্তৃক অ্যারোমেটিক বলয় আক্রান্ত হলে ঃ



σ কমপ্লেক্স অ্যাসাইলবেঞ্জিন

বেঞ্জিন বলয়ে অ্যাসাইল মূলক প্রবেশ করানোর জন্য বিকারক হিসাবে সাধারণত অ্যাসিড হ্যালাইড

(RCOCl) অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড ($Ac_2O$), কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশনে ব্যবহৃত সমস্ত অনুঘটকই এক্ষেত্রেও ব্যবহার করা হয়।

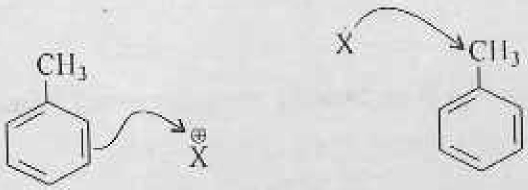
দ্রাবক হিসাবে নাইট্রোবেঞ্জিন, কার্বনডাইসালফাইড, টেট্রাক্লোরাইথিলিন ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

বেঞ্জিন ছাড়াও হাইড্রক্সিবেঞ্জিন (ফেনল), মিথোক্সিবেঞ্জিন (অ্যানিসোল), হ্যালোবেঞ্জিন প্রভৃতি বিক্রিয়ক অ্যাসাইলেশনে ব্যবহার করা হয়।

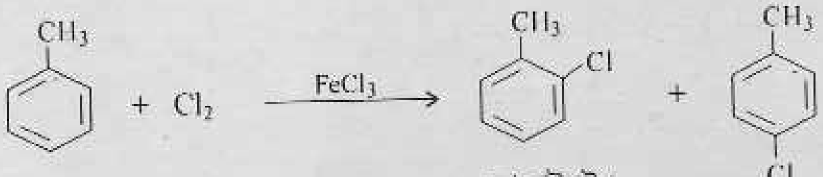
ইলেক্ট্রন বিকর্ষী মূলক (যেমন $-NO_2, >C=O$) বেঞ্জিন বলয়কে এতটাই নিষ্ক্রিয় করে দেয় যে এগুলি আর ইলেকট্রোফিলীয় বিক্রিয়া ঘটায় না। ফলে অ্যাসাইলবেঞ্জিনকে পুনরায় অ্যাসাইলেশন করা যায় না।

## 4.25 টলুইনের বেঞ্জিন বলয়ে এবং পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজেনেশন (Nuclear and side-chain halogenation of toluene)

বিক্রিয়ার শর্তানুসারে হ্যালোজেন টলুইনের বলয়ে বা পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন ঘটায়।



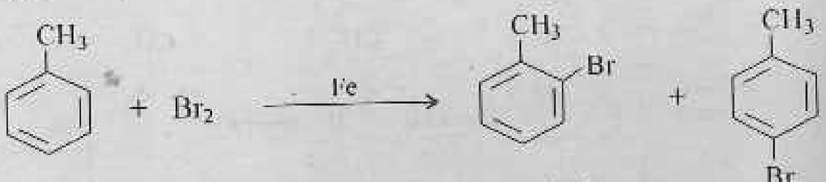

লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক $FeCl_3$-এর উপস্থিতিতে টলুইন ও ক্লোরিনে বিক্রিয়ায় অর্থো- এবং প্যারা-ক্লোরোটলুইন উৎপন্ন হয়।




*o*-ক্লোরোটলুইন

*p*-ক্লোরোটলুইন

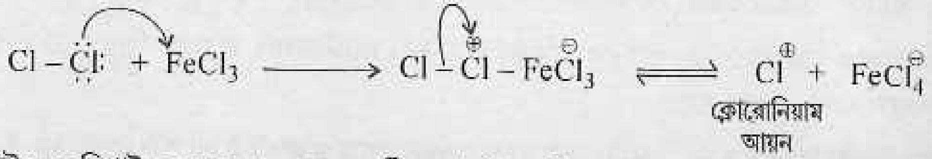
অনুরূপভাবে, শীতল অবস্থায় Fe অনুঘটকের উপস্থিতিতে টলুইন ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় অর্থো- ও প্যারা-ব্রোমোটলুইন উৎপন্ন হয়।



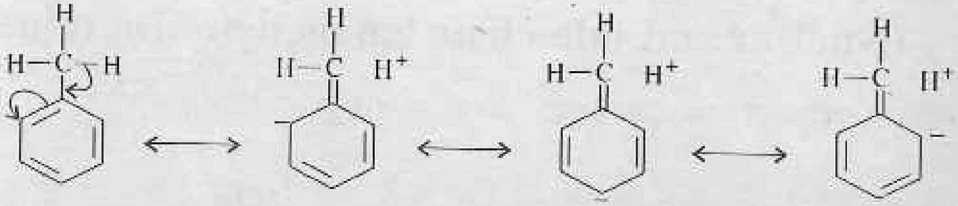

*o*-ব্রোমোটলুইন

*p*-ব্রোমোটলুইন

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ হ্যালোজেন ও অনুঘটক ফেরিক ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় যে ধনাত্মক আধানযুক্ত হ্যালোজেন বা হ্যালোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন হয় তা টলুইনের বেঞ্জিন বলয়ে প্রতিস্থাপন ঘটায়।

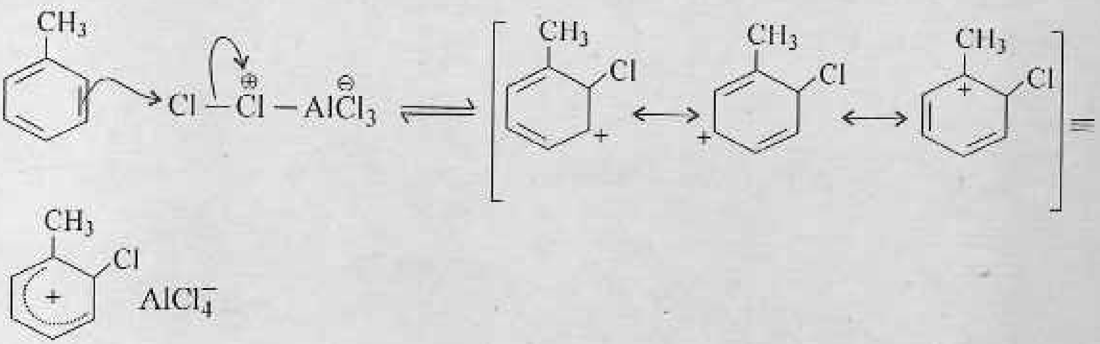



টলুইনের মিথাইল মূলক (—$CH_3$) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় না থাকলেও হাইপারকনজুগেশন (hyperconjugation) ঘটিত রেজোনেন্স প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বেঞ্জিন বলয়ে নিজ অবস্থানের সাপেক্ষে অর্থো- ও প্যারা- স্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়িয়ে তোলে।

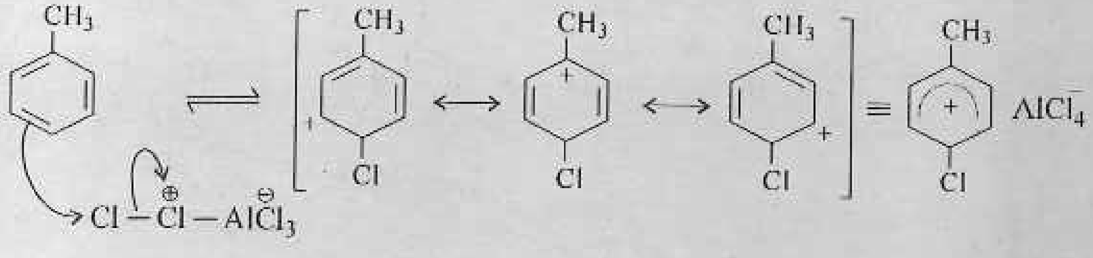


মিথাইল মুলকের ইলেকট্রন বিকর্ষী আবেশজনিত ফলও (+I প্রভাব) বেঞ্জিন বলয়ের অর্থো- ও প্যারা- অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়াতে সাহায্য করে।

**অর্থো প্রতিস্থাপন**



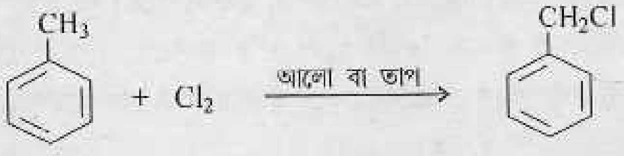
**প্যারা প্রতিস্থাপন**



$AlCl_4^-$ ক্ষারক হিসাবে কাজ করে এবং *a* কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে। ফলে ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ ক্লোরোটলুইন উৎপন্ন হয়।

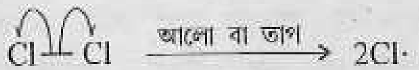
আলো অথবা তাপের প্রভাবে হ্যালোজেন অণুর সুষম বিভাজনের ফলে যে হ্যালোজেন মুক্ত মূলক উৎপন্ন হয় তা সরাসরি টলুইনের মিথাইল মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করে হ্যালোজেনেশন ঘটায়।

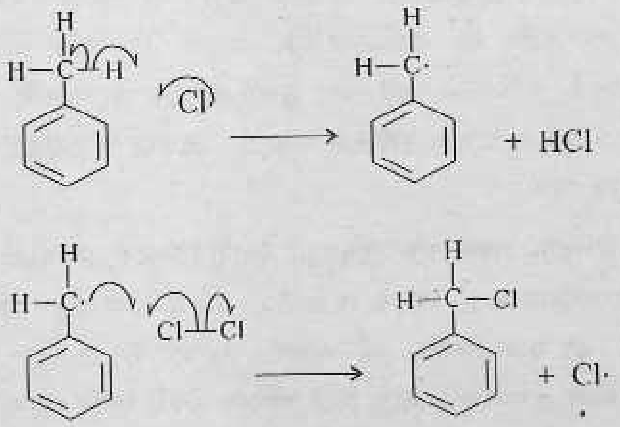
আলো বা তাপের উপস্থিতিতে অথবা ফুটন্ত টলুইনের সঙ্গে সমমোল অনুপাতে টলুইন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় বেঞ্জাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।




বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।




বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

অনুশীলনী-5

ফ্রিডেল ক্র্যাফট্‌স্‌ অ্যালকিলেশন বিক্রিয়াটির আয়নীয় ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করুন।

## 4.26 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে তথ্যগুলি জানতে পেরেছেন সেগুলি হলো ঃ

- অ্যারোমেটিক যৌগগুলি অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা প্রদর্শন করে। দুই প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে এই সমাবয়বতা দেখা যায়। এগুলি হলো 1, 2- বা অর্থো, 1, 3- বা মেটা, 1, 4- বা প্যারা সমাবয়বী। তিন প্রতিস্থাপকযুক্ত বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে সমাবয়বীর সংখ্যা প্রতিস্থাপকের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে।

- প্রচলিত ও IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করা হয়। IUPAC পদ্ধতিতে মূল নাম প্রথম প্রতিস্থাপক প্রাধান্যক্রম অনুযায়ী নির্ধারণ করে অন্যান্য পরমাণু বা আয়নগুলির নামের আদ্যক্ষর অনুযায়ী ইংরেজি বর্ণমালার ক্রম অনুসারে সাজিয়ে নামকরণ করা হয়।

- বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন $Sp^2$ সংকরায়িত অবস্থায় থেকে একটি ষড়ভূজাকৃতি সামতলিক গঠন তৈরি করে। প্রত্যেক কার্বনের একটি করে অসংকরায়িত p- কক্ষক পরস্পর সমান্তরাল এবং সামতলিক গঠনের ওপর লম্বভাবে অবস্থান করে। দুটি p- কক্ষকের অভিলেপনে একটি সমযোজী $\pi$ বন্ধন গঠিত হয়। বেঞ্জিনের মূল কাঠামো ঠিক রেখে বিভিন্নভাবে এরূপ $\pi$ বন্ধন গঠনের মধ্য দিয়ে 5 টি গঠন সম্ভব। এক একটি গঠনকে রেজোনেটিং গঠন বলে। এই পাঁচটি রেজোনেটিং গঠনের সম্মিলিত কাল্পনিক গঠনকে 'রেজোনেন্স হাইব্রিড' বলে। এটিই আসলে বেঞ্জিনের প্রকৃত গঠন।

- বেঞ্জিন বলয় ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বলে ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক, $E^+$ দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয়। বেঞ্জিনের $\pi$ ইলেকট্রন দ্বারা $E^+$ আকৃষ্ট হয় এবং $E^+$ এর ধনাত্মক তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাবে $\pi$ বন্ধনের মেরুকরণ ঘটে। এর ফলে বিপরীত ধর্মী আকর্ষণ বল দ্বারা উভয়ে সংবদ্ধ হয়ে $\pi$ কমপ্লেক্স গঠন করে। পরের ধাপে $\pi$ কমপ্লেক্স ভেঙে গিয়ে বলয়ের একটি কার্বন পরমাণুর সাথে $E^+$ যুক্ত হয়ে $C-E$ $\sigma$ বন্ধন গঠন করে এবং বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন করে। রেজোনেন্সের ফলে এই কার্বোক্যাটায়নটি স্থিতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। একে $\sigma$ কমপ্লেক্স বলে।

  $\sigma$ কমপ্লেক্স থেকে একটি $H^+$ অপনীত হয়ে E- প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগ উৎপন্ন হয়। $\overset{+}{N}O_2$,

$\overset{+}{S}O_3H$, $\overset{+}{X}$, $\overset{+}{R}$ বা $\overset{+}{R}CO$ দ্বারা H প্রতিস্থাপিত হয়ে যথাক্রমে নাইট্রোবেঞ্জিন, বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিড, হ্যালোবেঞ্জিন, অ্যালকিলবেঞ্জিন এবং অ্যাসাইলবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

- বিক্রিয়ার পরিবেশ অনুযায়ী হ্যালোজেন টলুইনের বেঞ্জিন বলয়ে বা পার্শ্বশৃঙ্খলের মিথাইল গ্রুপে প্রতিস্থাপন ঘটায়। অনুঘটকের উপস্থিতিতে বলয়ে এবং আলোর উপস্থিতিতে পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

## 4.27 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. নিচের বিক্রিয়ায় A, B, C, D, পদার্থগুলি সনাক্ত করুন।

$$C_6H_6 \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3Cl} A \xrightarrow[H_2SO_4]{HNO_3} \underset{\text{মুখ্য}}{B} + C$$

$$B \xrightarrow[HCl]{KMnO_4} D$$

2. বেঞ্জিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাধারণ বিক্রিয়া-কৌশল দেখান।

3. নীচের বিক্রিয়ায় প্রধাণত কোন সমাবয়বী (*o*-, *m*-, *p*-) গঠিত হবে ?
   (i) টলুইনকে ব্রোমিনেশন করলে ;
   (ii) নাইট্রোবেঞ্জিনকে নাইট্রেশন করলে ;
   (iii) ফেনলকে ব্রোমিনেশন করলে ;
   (iv) বেঞ্জিনসালফোনিক অ্যাসিডকে সালফোনেশন করলে ;
   (v) ক্লোরোবেঞ্জিনকে ক্লোরিনেশন করলে ;

## 4.28 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) *m*-হাইড্রক্সিবেঞ্জালডিহাইড ; (ii) *o*-মিথাইলবেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, (iii) *o*-নাইট্রোঅ্যানিলিন

অনুশীলনী-2

(i) 3-ব্রোমো-4-হাইড্রক্সিবেঞ্জোয়িক অ্যাসিড

(ii) 4-ব্রোমো-2-হাইড্রক্সিবেঞ্জালডিহাইড

(iii) 4-অ্যামিনো-2-নাইট্রোফেনল

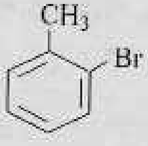
অনুশীলনী-3

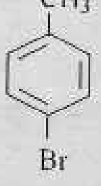
4.23.2 পাঠ্যাংশ দেখুন।

$H_2SO_4$ নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($\overset{+}{N}O_2$) গঠনে সহায়তা করে এবং $H_2SO_4$ থেকে উৎপন্ন $HSO_4^-$ আয়ন σ কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন ($H^+$) অপসারণ করে।

অনুশীলনী-4

A =

B = 

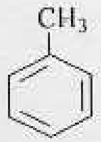
C = 

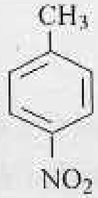
অনুশীলনী-5

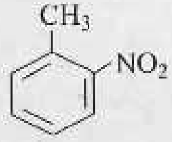
4.24 পাঠ্যাংশ দেখুন।

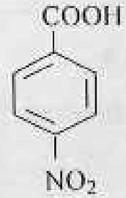
## সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1)

A = 

B = 

C = 

D = 

(2) 4.22 পাঠ্যাংশ দেখুন।

(3) (i) *o*- এবং *p*-; (ii) *m*- ; (iii) *o*- এবং *p*-; (iv) *m*- ; (v) *o*- এবং *p*-

# একক 5 ❐ অ্যালকিল এবং অ্যারাইল হ্যালাইড

গঠন


5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

5.2 হ্যালোজেন যৌগের শ্রেণিবিভাগ

5.3 হ্যালোজেন যৌগের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

(a) অ্যালকিল হ্যালাইড

(b) অ্যারাইল হ্যালাইড

5.4 নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার আয়নীয় বিক্রিয়া-কৌশল

(1) $S_N1$

(2) $S_N2$

5.5 অপনয়ন বিক্রিয়া

(1) E1 বিক্রিয়া কৌশল

(2) E2 বিক্রিয়া কৌশল

5.6 সেটজেফ এবং হফম্যান অপনয়ন বিক্রিয়া

(1) সেটজেফ নিয়ম

(2) হফম্যান নিয়ম

5.7 অ্যারাইল হ্যালাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়া

5.8 নিউক্লিওফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

5.9 ডিডিটি-এর সংশ্লেষণ

5.10 সারাংশ

5.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

5.12 উত্তরমালা


## 5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু (যেমন F, Cl, Br, I) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে উৎপন্ন যৌগকে অ্যালকিল বা অ্যারাইল হ্যালাইড বলে। এই যৌগগুলি বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং বিক্রিয়ায় মধ্যস্থ অন্তর্বর্তী যৌগের ভূমিকা পালন করে। খুব কম পরিমাণ অ্যালকিল হ্যালাইড প্রকৃতিতে পাওয়া যায় ফলে এদের দ্বারা বায়ুদূষণ ঘটে না। বেশ কিছু হ্যালাইড যৌগই কীটনাশকরূপে ব্যবহৃত হয় এবং এদের প্রভাবে প্রায় কোনো

জীবাণুই টিকে থাকতে পারে না, যারা এগুলিকে অবিষাক্ত বিপাকীয় বস্তুতে ভাঙ্গাতে সাহায্য করে। মানুষের দেহের কোনো অংশে সাময়িকভাবে অবশ ঘটানোর জন্য, হিমায়করূপে, অগ্নি নির্বাপক হিসাবে, ঔষধ প্রস্তুতিতে, দ্রাবকরূপে, রাসায়নিক পদার্থের সংরক্ষক (preservative) হিসাবে বিভিন্ন হ্যালাইড যৌগের ব্যবহার আছে।

এই এককে আমরা এই সকল যৌগের প্রস্তুত প্রণালী এবং কিছু উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া আলোচনা করব।

উদ্দেশ্য

এই একককটি পাঠ করে আপনি অ্যালকিল ও অ্যারাইল যৌগের—

- শ্রেণিবিভাগ
- সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী
- $S_N1$, $S_N2$, E1 এবং E2 বিক্রিয়া কাকে বলে এবং এদের বিক্রিয়া-কৌশল
- সেটজেফ এবং হফম্যান অপনয়ন বিক্রিয়া
- অ্যারোমেটিক হ্যালাইড যৌগের নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বা $S_NAr$
- ডিডিটি-এর সংশ্লেষণ ও ব্যবহার প্রভৃতি অনেক তথ্য জানতে পারবেন।

## 5.2 হ্যালোজেন যৌগের শ্রেণীবিভাগ

হ্যালোজেন যৌগসমূহকে সাধারণত তিন ভাগে ভাগ করা হয় ঃ

(i) অ্যালকিল হ্যালাইড (ii) অ্যারাইল হ্যালাইড (iii) অ্যালকিনাইল হ্যালাইড

পাঠক্রম অনুযায়ী আমরা অ্যালকিল ও অ্যারাইল হ্যালাইড আলোচনা করবো।

(i) অ্যালকিল হ্যালাইড

যে সমস্ত জৈব যৌগে হ্যালোজেন পরমাণু (যেমন, F, Cl, Br, I) সরাসরি অ্যালকিল মূলকের সাথে যুক্ত থাকে তাদের অ্যালকিল হ্যালাইড বলে। যেমন,

$CH_3\text{–}Cl$ মিথাইল ক্লোরাইড

$CH_3CH_2\text{–}Br$ ইথাইল ব্রোমাইড ইত্যাদি।

কেন্দ্রীয় কার্বন পরমাণুতে যুক্ত অ্যালকিল মূলকের সংখ্যার ওপর ভিত্তি করে অ্যালকিল হ্যালাইডগুলিকে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকিল হ্যালাইডে ভাগ করা হয়।

প্রাইমারি (1°) $CH_3CH_2Cl$, ইথাইল ক্লোরাইড

সেকেন্ডারি (2°) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-Cl$ আইসোপ্রোপাইল ক্লোরাইড

টারসিয়ারি (3°) $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}-Cl$ টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড

**একটি কার্বন পরমাণুতে একটি হ্যালোজেন পরমাণুযুক্ত জৈব যৌগের নামকরণ ঃ** প্রচলিত নাম অনুযায়ী অ্যালকিল মূলকের নামের পরে হ্যালোজেনের নাম যুক্ত করে 'অ্যালকিল হ্যালাইড' নামে নামকরণ করা হয়। উপরোক্ত নামগুলির সব কটিই প্রচলিত নাম অনুসারে লেখা হয়েছে। IUPAC পদ্ধতি অনুসারে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত জৈব যৌগুলিকে 'হ্যালো অ্যালকেন' (haloalkanes) বলা হয়। এক্ষেত্রে দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলের মধ্যে হ্যালোজেন পরমাণুযুক্ত কার্বন পরমাণুকেও ধরতে হবে। এরপর শৃঙ্খলটিকে এমনভাবে সংখ্যায়িত করতে হবে যাতে হ্যালোজেন পরমাণুযুক্ত কার্বন পরমাণুটি সর্বনিম্ন সংখ্যার দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। পরিশেষে অবস্থান নিরূপক সংখ্যাসহ হ্যালোজেনের নাম মূল হাইড্রোকার্বনের নামের পূর্বে বসিয়ে নামকরণ করা হয়। যেমন,

$$\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2 - Br$$

1-ব্রোমোপেন্টেন

$$\overset{1}{C}H_3 - \underset{\displaystyle Cl}{\overset{2}{C}H} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$$

2-ক্লোরোবিউটেন

**দুটি হ্যালোজেন পরমাণুযুক্ত জৈব যৌগের নামকরণ ঃ**

$$\overset{6}{C}H_3 - \overset{5}{C}H_2 - \underset{\displaystyle Cl}{\overset{4}{C}H} - \overset{3}{C}H_2 - \underset{\displaystyle Br}{\overset{2}{C}H_2} - \overset{1}{C}H_3$$

2-ব্রোমো-3-ক্লোরোহেক্সেন

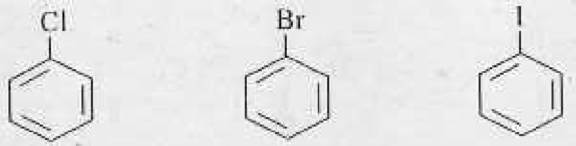
একাধিক ভিন্ন হ্যালোজেন পরমাণু যুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে ইংরেজি নামের (chloro এবং bromo) আদ্যক্ষর c এবং b অনুযায়ী ইংরেজি বর্ণমালার ক্রমানুসারে $b > c$ সাজিয়ে নামকরণ করা হয়েছে। (একক 3-এ নামকরণ দেখুন।)

দুটি একই বা ভিন্ন হ্যালোজেন পরমাণু একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকলে জেম-ডাইহ্যালাইড এবং পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকলে ভিস্-ডাইহ্যালাইড বলে। যেমন,

প্রোপিলিডিন ডাইব্রোমাইড ($CH_3–CH_2–CHBr_2$) হলো একটি জেম-ডাইহ্যালাইড। এর IUPAC নাম হলো ঃ

1, 1-ডাইব্রোমোপ্রোপেন। একইরকমভাবে, ডাইক্লোরোবিউটেন যেমন, ($CH_3\underset{Cl}{C}H\underset{Cl}{C}HCH_3$) হলো একটি ভিস্-ডাইহ্যালাইড এর IUPAC নাম হলো ঃ 2, 3-ডাইক্লোরোবিউটেন।

(ii) **অ্যারাইল হ্যালাইড ঃ** যে সমস্ত জৈব যৌগে হ্যালোজেন পরমাণু (যেমন F, Cl, Br, I) বেঞ্জিন বলয়ের কার্বন পরমাণুর সাথে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকে তাদের অ্যারাইল হ্যালাইড বলে। যেমন,




ক্লোরোবেঞ্জিন     ব্রোমোবেঞ্জিন     আয়োডোবেঞ্জিন

নামকরণ ঃ এই এককেই পরে আলোচনা করা হয়েছে।

## 5.3 হ্যালোজেন যৌগের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

(a) অ্যালকিল হ্যালাইড ঃ অ্যালকিল হ্যালাইড সাধারণত অ্যালকোহল, অ্যালকেন, অ্যালকিন, অন্য অ্যালকিল হ্যালাইড, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, জৈব ধাতব বিকারক প্রভৃতি থেকে প্রস্তুত করা হয়।

(1) অ্যালকোহল থেকে ঃ

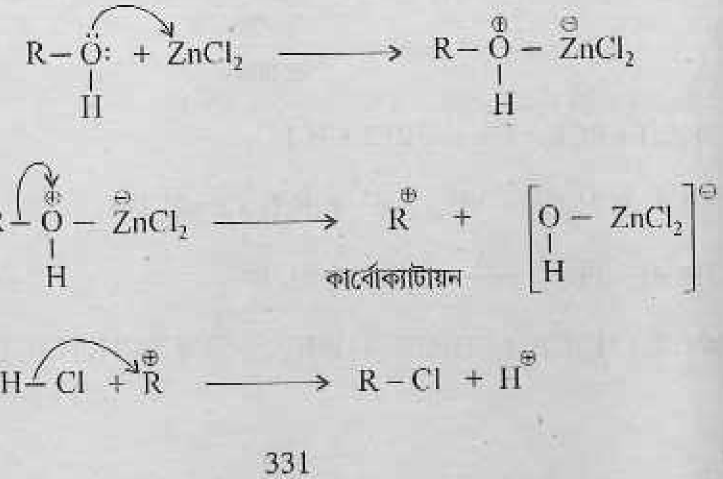
অ্যালকোহলের সাথে হ্যালোজেন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে অ্যালকোহলের –OH মূলক হ্যালোজেন অ্যাসিডের হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{R-OH} + \underset{\text{হ্যালোজেন অ্যাসিড}}{HX} \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিল হ্যালাইড}}{RX} + H_2O$$

(a) অ্যালকিল ক্লোরাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে একটি উল্লেখযোগ্য এবং সর্বাধিক ব্যবহৃত পদ্ধতিতে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের ($ZnCl_2$) উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের সাথে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। $ZnCl_2$ লিউইস অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে।

$$ROH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} \underset{\text{অ্যালকিল ক্লোরাইড}}{RCl} + H_2O$$

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ



$$\overset{\oplus}{H} + \left[\begin{matrix} O - ZnCl_2 \\ | \\ H \end{matrix}\right]^{\ominus} \longrightarrow H-\overset{\oplus}{\underset{H}{\underset{|}{O}}}-ZnCl_2 \longrightarrow H_2O + ZnCl_2$$

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} + H_2O$$

(b) অ্যালকিল ব্রোমাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে স্বল্প পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে স্থির স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (48%) এবং অ্যালকোহলকে উত্তপ্ত করা হয়।

$$\underset{\substack{\text{মিথাইল} \\ \text{অ্যালকোহল}}}{CH_3OH} + \underset{\substack{\text{হাইড্রোব্রোমিক} \\ \text{অ্যাসিড}}}{HBr} \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2SO_4} \underset{\text{মিথাইল ব্রোমাইড}}{CH_3Br} + H_2O$$

(c) অ্যালকিল আয়োডাইড প্রস্তুতির জন্য সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যালকোহল, লাল ফসফরাস এবং আয়োডিনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

$$CH_3OH \xrightarrow[I_2]{\text{লাল } P} CH_3I \text{ (মিথাইল আয়োডাইড)}$$

(d) এছাড়া অ্যালকোহলের সাথে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ($PCl_5$), ফসফরাস ট্রাই ক্লোরাইড ($PCl_3$), ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইড ($PBr_3$) কিম্বা থায়োনিল ক্লোরাইডের ($SOCl_2$) বিক্রিয়াতেও অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

যেমন, (i) $ROH + PCl_5 \xrightarrow{\Delta} RCl + POCl_3 + HCl$

উদাহরণ ঃ $C_2H_5OH + PCl_5 \xrightarrow{\Delta} \underset{\substack{\text{ইথাইল} \\ \text{ক্লোরাইড}}}{C_2H_5Cl} + POCl_3 + HCl$

(ii) $3ROH + PCl_3 \xrightarrow{\Delta} 3RCl + H_3PO_3$

উদাহরণ ঃ $3CH_3OH + PCl_3 \xrightarrow{\Delta} 3CH_3Cl + H_3PO_3$

(iii) $3ROH + PBr_3 \xrightarrow{\Delta} 3\,RBr + H_3\,PO_3$

উদাহরণ ঃ $CH_3(CH_2)_4CH_2OH + PBr_3 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{n-হেক্সাইল ব্রোমাইড}}{3\,CH_3\,(CH_2)_4\,CH_2\,Br} + H_3PO_3$

(iv) $ROH + SOCl_2 \xrightarrow{\text{পিরিডিন}} RCl + SO_2\uparrow + HCl\uparrow$

উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2OH + SOCl_2 \xrightarrow{\text{পিরিডিন}} CH_3CH_2Cl + SO_2\uparrow + HCl\uparrow$

ইথাইল অ্যালকোহল — ইথাইল ক্লোরাইড

(2) **অ্যালকেন থেকে ঃ** সাধারণ তাপমাত্রায় আলোক, তাপ বা পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সমমোল অনুপাতে অ্যালকেন ও হ্যালোজেনের (Cl, Br, I) বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow[\text{বা তাপ}]{\text{পরিব্যাপ্ত আলোকে}} CH_3Cl + HCl$$

$$CH_4 + Br_2 \xrightarrow[\text{বা তাপ}]{\text{আলোক}} CH_3Br + HBr$$

অ্যালকিল আয়োডাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি উভমুখী বলে তীব্র জারকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI$$

$$2HI + O_2 \xrightarrow{\text{জারক}} H_2O + I_2$$

(3) অ্যালকিন থেকে ঃ অ্যালকিনের সাথে হ্যালোজেন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{অ্যালকিন}}{RCH=CH_2} + \underset{\text{হ্যালোজেন অ্যাসিড}}{HX} \longrightarrow \underset{\substack{| \\ X}}{RCHCH_3}\ (X = Cl, Br, I)$$

এই সংযোজন মারকনিকভ নিয়ম অনুযায়ী ঘটে।

উদাহরণ ঃ $CH_3CH = CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3\underset{\substack{| \\ Cl}}{CH}CH_3$

আইসোপ্রোপাইল ক্লোরাইড বা
2-ক্লোরোপ্রোপেন

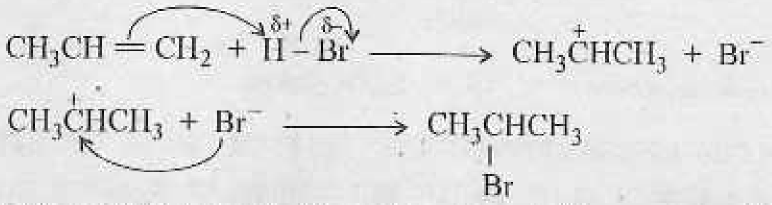
$$CH_3CH = CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3\underset{\substack{| \\ Br}}{CH}CH_3$$

2-ব্রোমোপ্রোপেন

$$CH_3CH = CH_2 + HI \longrightarrow CH_3\underset{\substack{| \\ I}}{CH}CH_3$$

2-আয়োডোপ্রোপেন

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ** এটি একটি ইলেকট্রোফিলীয় সংযোজন বিক্রিয়া।



পার অক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সংযোজন বিক্রিয়াটি মারকনিকভ নিয়মের বিপরীতক্রমে ঘটে থাকে।

$$CH_3CH = CH_2 + HBr \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} \underset{\text{n প্রোপাইল ব্রোমাইল}}{CH_3CH_2CH_2Br}$$

বিক্রিয়া-কৌশলের জন্য একক 4.10.2 দেখুন।

অ্যালকিনের সাথে HF, HCl, এবং HI এর সংযোজনের ক্ষেত্রে পার অক্সাইডের প্রভাব দেখা যায় না।

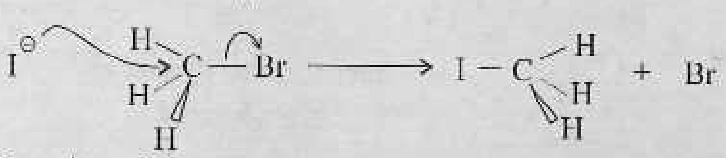
অর্থাৎ $RCH = CH_2 + HCl \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} RCH(Cl)CH_3$

(4) **অন্য অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে ঃ** অ্যালকিল আয়োডাইড প্রস্তুত করার পক্ষে এটি একটি আদর্শ পদ্ধতি। অন্য কোনো পদ্ধতিতে অ্যালকিল আয়োডাইড অতি সহজে প্রস্তুত করা যায় না। এই পদ্ধতিতে অ্যালকিল ক্লোরাইড বা অ্যালকিল ব্রোমাইডের সাথে পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

$$R{-}X + KI \xrightarrow{\text{প্রোপানল}} R{-}I + KX$$

উদাহরণ ঃ $CH_3Br + KI \longrightarrow CH_3I + KBr$

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ** বিক্রিয়াটি $S_N2$ বিক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।



($S_N2$ বিক্রিয়া-কৌশল বিশদভাবে জানার জন্য এই এককের 5.4 (2) অংশটি দেখুন।)

(5) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে [হুনসডিকার বিক্রিয়া (Hunsdiecker reaction)] ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের শুষ্ক সিলভার লবণকে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিন দ্রবণের সাথে অধোবাহিত (reflux) করলে অ্যালকিল ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$RCOOAg + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিল ব্রোমাইড}}{RBr} + AgBr + CO_2$$

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ** বিক্রিয়াটি মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।

$RCO\bar{O}\overset{+}{Ag}$ এবং $Br_2$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যাসাইল হাইপোব্রোমাইট (I) ভেঙ্গে গিয়ে অ্যালকিল মুক্ত-মূলক ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে পরিণত হয়।

$$RCO\bar{O}\overset{+}{Ag} + Br-Br \longrightarrow \underset{(I)}{RCOOBr} + AgBr$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O \,\vdots\, Br \xrightarrow[\text{দুর্বল, } \Delta]{\text{O–Br বন্ধন}} \underset{\text{অ্যাসাইলক্সি মুক্ত-মূলক}}{R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{O}} + Br\cdot$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{O} \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিল মুক্ত-মূলক}}{R\cdot} + CO_2$$

এই অ্যালকিল মুক্ত-মূলকটি (R.) বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত অ্যাসাইল হাইপোব্রোমাইট অণুর সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকিল ব্রোমাইড এবং অ্যাসাইলক্সি মুক্ত-মূলক উৎপন্ন করে।

$$R\cdot + R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-Br \longrightarrow R-Br + R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{O}$$

অ্যাসাইলক্সি মুক্ত-মূলক পুনরায় ভেঙ্গে গিয়ে অ্যালকিল মুক্ত মূলকে, R. রূপান্তরিত হয়।

উৎপন্ন R·পুনরায় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ করে।

(6) জৈব ধাতব বিকারক থেকে ঃ জৈব ধাতব বিকারক যেমন, গ্রিগনার্ড বিকারক হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন করে

$$\underset{\text{জৈব ধাতব বিকারক}}{RMgX} + X_2 \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিল হ্যালাইড}}{RX} + MgX_2$$

**অনুশীলনী-1**

বিক্রিয়া কৌশলসহ নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন ঃ

(i) $C_2H_5OH + HCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } ZnCl_2}$

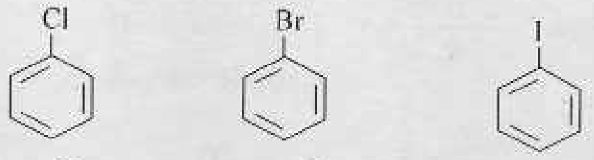
(ii) $CH_3CH = CH_2 + HI \xrightarrow{\text{পার অক্সাইড}}$

(iii) $CH_3CH_2Cl + KI \longrightarrow$

(iv) $CH_3COOAg + Br_2 \longrightarrow$

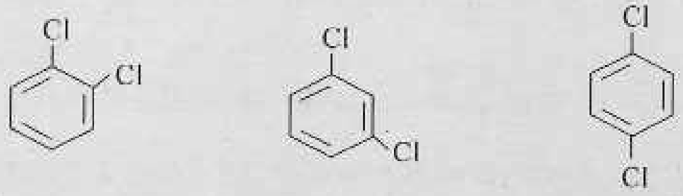
(b) অ্যালাইল হ্যালাইড ঃ আমরা আগেই দেখেছি যে, অ্যারাইল হ্যালাইডে হ্যালোজেন পরমাণু বেঞ্জিন বলয়ের কার্বন পরমাণুর সাথে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকে। অ্যারাইল হ্যালাইড যৌগগুলিকে Ar-X সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। Ar দ্বারা ফিনাইল, প্রতিস্থাপিত ফিনাইল বা যে-কোনো অ্যারাইল বলয় বোঝায়। X দ্বারা F, Cl, Br, I প্রকাশ করা হয়।

নামকরণ ঃ এক প্রতিস্থাপকযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে IUPAC পদ্ধতিতে বেঞ্জিন শব্দের পূর্বে হ্যালোজেন পরমাণুর নাম প্রিফিক্স হিসাবে বসিয়ে নামকরণ করা হয়। যেমন,



ক্লোরোবেঞ্জিন     ব্রোমোবেঞ্জিন     আয়োডোবেঞ্জিন

দুই প্রতিস্থাপযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপক দুটি অভিন্ন হ্যালোজেন হলে বেঞ্জিন বলয়ে এদের অবস্থান অনুসারে নামকরণ করা হয়। [একক 4.20 দেখুন।] যেমন,



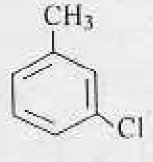
*o*-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন     *m*-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন     *p*-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন

প্রতিস্থাপক হ্যালোজেন পরমাণু দুটি ভিন্ন হলে এদের ইংরেজি নামের আদ্যক্ষর অনুযায়ী ইংরেজি বর্ণমালার ক্রম অনুসারে সাজিয়ে নামকরণ করা হয়। যেমন,

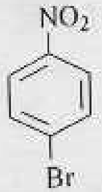
*m*-ব্রোমোক্লোরোবেঞ্জিন     *p*-ক্লোরোআয়োডোবেঞ্জিন

প্রতিস্থাপক দুটির মধ্যে একটি হ্যালোজেন পরমাণু হলে মূল নাম নির্ধারণের জন্য প্রথম প্রতিস্থাপকের প্রাধান্যক্রম ধরা হয়। (এর জন্য 4.20 অংশ দেখুন।)

উদাহরণ ঃ



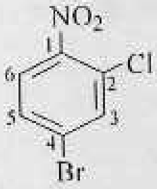
*m*-ক্লোরোটলুইন



*p*-ব্রোমোনাইট্রোবেঞ্জিন

তিন প্রতিস্থাপকযুক্ত যৌগের নামকরণ ঃ (একক 4.20 দেখুন।)

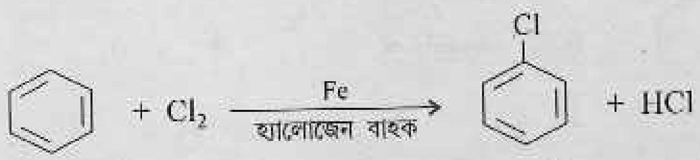
উদাহরণ ঃ



4-ব্রোমো-2-ক্লোরোনাইট্রোবেঞ্জিন ইত্যাদি

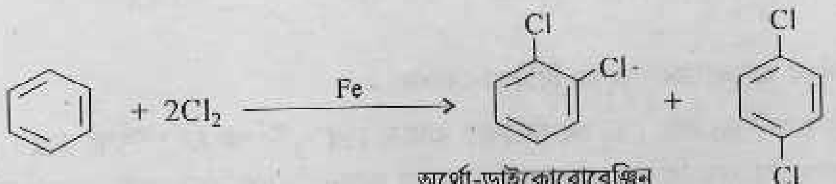
অ্যারাইল হ্যালাইড প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি ঃ

(1) অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন থেকে ঃ হ্যালোজেন-বাহক বা লিউইস অ্যাসিড (Lewis acid) অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন ও হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় হ্যালোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। বেঞ্জিন ও ক্লোরিন সমমোল অনুপাতে বিক্রিয়া করে ক্লোরোবেঞ্জিন গঠন করে।



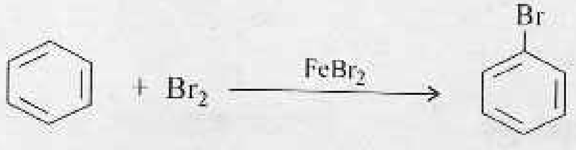

বেঞ্জিন (1 মোল) ক্লোরিন (1 মোল) ক্লোরোবেঞ্জিন

বিক্রিয়ার একই পরিবেশে 2 মোল ক্লোরিনের সাথে এক মোল বেঞ্জিনের বিক্রিয়ায় অর্থো-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন এবং প্যারা-ডাইক্লোরোবেঞ্জিনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



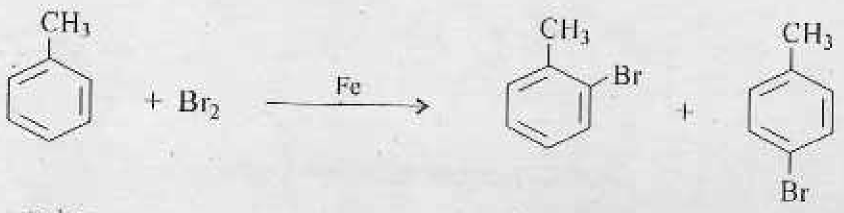

অর্থো-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন প্যারা-ডাইক্লোরোবেঞ্জিন

হ্যালোজেন বাহক ফেরাস ব্রোমাইডের উপস্থিতিতে সমমোল অনুপাতে বেঞ্জিন ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ব্রোমোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



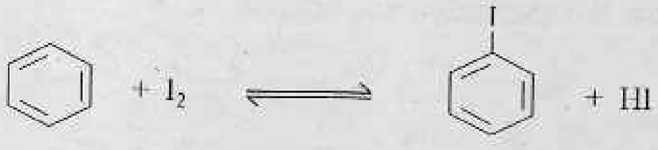

ব্রোমোবেঞ্জিন

আয়রন চূর্ণের উপস্থিতিতে টলুইনের সাথে ব্রোমিনের (1 মোল : 1 মোল) বিক্রিয়ায় অর্থো-ব্রোমোটলুইন এবং প্যারা-ব্রোমোটলুইনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



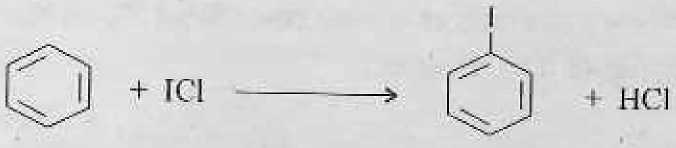

টলুইন　　অর্থো-ব্রোমোটলুইন　　প্যারা-ব্রোমোটলুইন

বেঞ্জিন ও আয়োডিনের বিক্রিয়ায় আয়োডোবেঞ্জিন প্রস্তুত করা যায় না। কারণ, বেঞ্জিন ও আয়োডিনের বিক্রিয়াটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া।




আয়োডোবেঞ্জিন

নাইট্রিক অ্যাসিড, মারকিউরিক অক্সাইড প্রভৃতি জারক দ্রব্যের উপস্থিতিতে উপরোক্ত বিক্রিয়াটি ঘটালে আয়োডোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। বেঞ্জিন ও আয়োডিন মনোক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় আয়োডোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

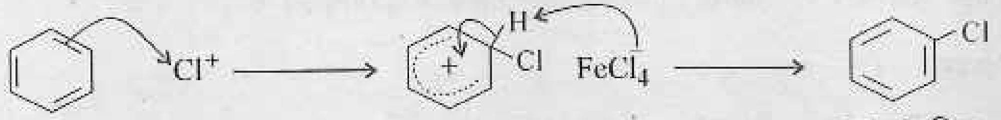



**বেঞ্জিন বলয়ে হ্যালোজেনেশনের বিক্রিয়া-কৌশল :**

হ্যালোজেন বাহক Fe এবং $Cl_2$ এর বিক্রিয়ায় প্রথমে $FeCl_3$ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন $FeCl_3$ (লিউইস অ্যাসিড) এর সাথে $Cl_2$ এর বিক্রিয়ায় ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন, ক্লোরোনিয়াম আয়ন ($Cl^+$) গঠিত হয়। এই $Cl^+$ আয়ন ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

$$Fe \xrightarrow{Cl_2} FeCl_3 \xrightarrow{Cl_2} \left[Cl-\overset{+}{Cl}-\overset{-}{Fe}Cl_3\right] \rightleftharpoons Cl^{+} + FeCl_4^{-}$$

$Cl^+$ আয়ন বেঞ্জিন-বলয়ের $\pi$ (পাই) ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে বেঞ্জিন বলয়ের যে-কোনো একটি কার্বন পরমাণুর সাথে একটি সমযোজী বন্ধন গঠন করে। এর ফলে বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। রেজোনেন্সের মাধ্যমে এই কার্বোক্যাটায়নটি স্থিতিশীলতা লাভ করে। রেজোনেন্স হাইব্রিডকে $\sigma$ কমপ্লেক্স বলে। $FeCl_4^-$ ক্ষারক হিসাবে এই $\sigma$ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করলে স্থিতিশীল ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত যৌগ, ক্লোরোবেঞ্জিন গঠিত হয়।




ক্লোরোবেঞ্জিন

σ কমপ্লেক্স

(2) ডায়াজোনিয়াম লবণ থেকে ঃ সকল প্রকার অ্যারাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করবার এটি একটি উৎকৃষ্ট পদ্ধতি। অ্যারোমেটিক অ্যামিনকে 0-5° সে তাপমাত্রায় $NaNO_2$-এর জলীয় দ্রবণ ও HCl-এর সাথে বিক্রিয়ায় ডায়াজোনিয়াম লবণে পরিণত করা হয়। পরে এটি উপযুক্ত বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যারাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0-5^\circ \text{ সে.}]{NaNO_2,\ HCl} C_6H_5\overset{+}{N}_2\overset{-}{Cl}$$

$$\xrightarrow[HCl]{CuCl} C_6H_5Cl + N_2$$

$$\xrightarrow[HBr]{CuBr} C_6H_5Br + N_2$$

$$\xrightarrow[\Delta]{KI} C_6H_5I + N_2 + KCl$$

$$\xrightarrow[\Delta]{\overset{+}{H}\overset{-}{BF_4}} C_6H_5F + BF_3 + HCl$$

(3) অ্যারোমেটিক অ্যাসিডের সিলভার লবণ থেকে ঃ অ্যারোমেটিক অ্যাসিডের সিলভার লবণের সাথে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় অ্যারাইল ক্লোরাইড বা অ্যারাইল ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া হুনস্‌ডিকার (Hunsdiecker) বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

$$C_6H_5CO\overset{-}{O}\overset{+}{Ag} \xrightarrow[70^\circ \text{ সে.}]{Br_2,\ CCl_4} C_6H_5Br + CO_2 + AgBr$$

অনুশীলনী-2

(1) বেঞ্জিন বলয়ে হ্যালোজেনেশনের বিক্রিয়া-কৌশল দেখান।

(2) নিচের পরিবর্তনগুলি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

(i) বেঞ্জিন থেকে আয়োডোবেঞ্জিন

(ii) টলুইন থেকে প্যারা-ব্রোমোটলুইন

(iii) অ্যানিলিন থেকে ক্লোরোবেঞ্জিন

## 5.4 নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার আয়নীয় বিক্রিয়া-কৌশল

অ্যালকিল হ্যালাইডের উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া হলো নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Nucleophilic substitution reaction)। নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের (substrate) কোনো পরমাণু বা মূলক নিউক্লিয়াস সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল (nucleophile) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে $S_N$ (Substitution Nucleophilic) দ্বারা বোঝানো হয়।

যেমন, $\overset{\ominus}{Nu} + R-X \longrightarrow R-Nu + \overset{\ominus}{X}$

নিউক্লিওফাইল   বিক্রিয়ক   প্রতিস্থাপিত যৌগ

উদাহরণ ঃ

(i) $\overset{\ominus}{O}H + CH_3-Br \xrightarrow{\text{জলীয় দ্রবণ}} CH_3OH + \overset{\ominus}{Br}$

হাইড্রক্সাইড আয়ন নিউক্লিওফাইল   মিথাইল ব্রোমাইড   মিথাইল অ্যালকোহল

(ii) $\overset{\ominus}{O}C_2H_5 + CH_3CH_2-Cl \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3CH_2OC_2H_5 + Cl^{\ominus}$

ইথক্সাইড আয়ন নিউক্লিওফাইল   ইথাইল ক্লোরাইড   ডাইইথাইল ইথার

(iii) $\overset{\ominus}{O}H + (CH_3)_3C-Cl \xrightarrow{\text{জলীয় দ্রবণ}} (CH_3)_3C-OH + Cl^{\ominus}$

নিউক্লিওফাইল   টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড   টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল

উপরে বর্ণিত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াগুলি প্রধানত দু-প্রকার বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হতে পারে ঃ $S_N1$ এবং $S_N2$।

**(1) $S_N1$ (Substitution Nucleophilic Unimolecular) :**

এরূপ বিক্রিয়া-কৌশলে বিক্রিয়কের যে পরমাণু বা মূলক নিউক্লিওফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হবে, বন্ধন বিভাজনের মধ্য দিয়ে সেই পরমাণু বা মূলকের প্রথমে অপসারন ঘটে। এর ফলে একটি স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত নিউক্লিওফাইল উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নের সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপিত যৌগ গঠন করে।

সুতরাং বিক্রিয়াটি দুধাপে সংঘটিত হয়।

উদাহরণ ঃ উপরে উল্লিখিত (iii) নং বিক্রিয়াটি নিয়ে আলোচনা করা হলো।

$$(CH_3)_3CCl \quad + \quad \overset{+}{K}\,\overset{-}{O}H \xrightarrow{\text{জলীয় দ্রবণ}} (CH_3)_3COH \quad + \quad KCl$$

2-মিথাইল-2-ক্লোরোপ্রোপেন বা টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড → 2-মিথাইলপ্রোপান-2-অল বা টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালেকোহল

বিক্রিয়ার প্রথম ধাপে, দ্রবণের মধ্যে অ্যালকিল হ্যালাইডের C-Cl বন্ধন ধীরগতিতে আয়নিত হয়ে কার্বোক্যাটায়ন মধ্যস্থ গঠিত হয়।

$$\underset{\uparrow \atop sp^3}{(CH_3)_3C} - Cl \xrightarrow[\text{r.d.s}]{\text{ধীরগতি}} \underset{\uparrow \atop sp^2}{(CH_3)_3\overset{+}{C}} + Cl^-$$

কার্বোক্যাটায়ন

বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপে, এই কার্বোক্যাটায়নটি OH নিউক্লিওফাইল দ্বারা দ্রুতগতিতে আক্রান্ত হয়ে C–OH সমযোজী বন্ধন গঠন করে এবং নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপিত যৌগে (এক্ষেত্রে অ্যালকোহল) রূপান্তরিত হয়।

$$(CH_3)_3\overset{+}{C} + \overset{-}{O}H \longrightarrow (CH_3)_3C{-}OH$$

$S_N1$ বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপটি (r.d.s) হলো কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হওয়ার ধাপ। বিক্রিয়কের কেন্দ্রীয় কার্বন পরমাণুটি $sp^3$ সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। আয়নিত হওয়ার পর এটি $sp^2$ সংকরায়িত সামতলিক কার্বোক্যাটায়নে রূপান্তরিত হয়। যেহেতু $sp^2$ সংকরায়িত কার্বোক্যাটায়নের সাথে যুক্ত তিনটি পরমাণু বা মূলকের মধ্যে দূরত্ব বেড়ে যায় অর্থাৎ এদের মধ্যে স্টেরিক বিকর্ষণ প্রভাব কমে যায় তাই এটি স্থিতিশীল হয়। কার্বোক্যাটায়নটি যত বেশি স্থিতিশীল হবে এটি ততবেশি উৎপন্ন হবে। অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতি সম্পূর্ণরূপে এই উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতার উপর নির্ভর করে। গতি নির্ধারক ধাপে নিউক্লিওফাইলের কোনো ভূমিকা নেই। যেহেতু বিক্রিয়ার গতি কেবলমাত্র একটি অণুর (বিক্রিয়ক) উপর নির্ভরশীল এজন্য বিক্রিয়াটি এক আণবিক (Unimolecular)। এই কারণে $S_N$-এর পরে 1 (এক) সংখ্যাটি লেখা হয়। অর্থাৎ বিক্রিয়া-কৌশল $S_N1$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$S_N1$ বিক্রিয়া সাধারণত গ্যাসীয় অবস্থায় সংঘটিত হয় না, কিন্তু দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়াটি ঘটে। এর থেকে এটাই প্রমাণিত হয় যে $S_N1$ বিক্রিয়ায় দ্রাবকের একটি বিশেষ ভূমিকা রয়েছে।

$$R-Hal \longrightarrow \left[\overset{\delta+}{R}\cdots\overset{\delta-}{Hal}\right]^{\dagger} \longrightarrow R^{\oplus}\,Hal^{\ominus}$$

(Hal = Halogen)   পরাবর্তী দশা   আয়ন-জোড়

R-Hal বন্ধনের প্রারম্ভিক ভাঙানের জন্য যে শক্তি প্রয়োজন হয় তার বেশির ভাগই পাওয়া যায় আয়ন জোড়ের সাথে দ্রাবকের যুক্তীকরণের (solvation) ফলে উদ্ভূত শক্তি থেকে। উচ্চ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক সম্পন্ন দ্রাবকে আয়নগুলি সহজেই পৃথক হয়ে যায়। আয়নগুলির সাথে দ্রাবকের যুক্তীকরণ হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে ঘটে থাকে এবং আয়নগুলি স্থিতিশীল হয়। ফলে বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয়।

(2) $S_N2$ **বিক্রিয়া-কৌশল ঘটিত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** ($S_N2$ reaction-mechanism of nucleophilic substitution) :

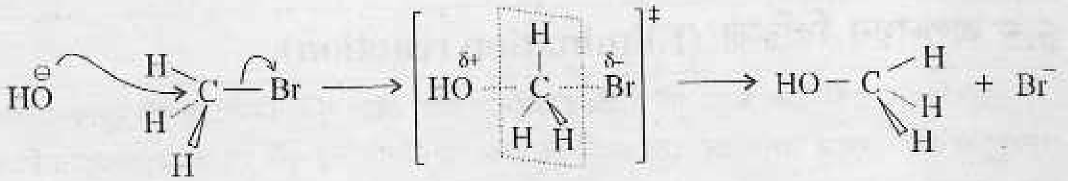
$S_N2$ বিক্রিয়া কৌশলে বিক্রিয়কের (substrate) যে পরমাণু বা মূলক নিউক্লিওফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হবে, বন্ধন ভাঙানের মধ্য দিয়ে সেই পরমাণু বা মূলকের অপসারণের ফলে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন এবং এই কার্বোক্যাটায়নের সাথে নিউক্লিওফাইলের সংযুক্তিতে নতুন সমযোজী বন্ধনের গঠন—এই দুটি প্রক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে। অর্থাৎ $S_N2$ বিক্রিয়া এক ধাপে সংঘটিত হয়। বন্ধন ভাঙাগড়ার কাজ একসাথে হয় বলে একে 'কনসারটেড' বিক্রিয়া-কৌশল (concerted reaction mechanism) বলে। এরূপ বিক্রিয়াপথে কোনো মধ্যবর্তী যৌগ উৎপন্ন হয় না।

উপরের (i) নং বিক্রিয়াটি নিয়ে আলোচনা করা হলো।

এক্ষেত্রে মিথাইল ব্রোমাইড ও কস্টিক পটাশের জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$CH_3-Br + KOH \longrightarrow CH_3-OH + KBr$$

বিক্রিয়কের $C-Br$ বন্ধন ধ্রুবীয় (polar) প্রকৃতির হয়। তাই $H_3C-Br$ যৌগটির কার্বন পরমাণু আংশিক তড়িৎ-ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং ব্রোমিন পরমাণু আংশিক তড়িৎ ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। ফলে নিউক্লিওফাইল, $\bar{O}H$ আয়ন ব্রোমিন পরমাণুর বিপরীতদিক থেকে ধনাত্মক কার্বন পরমাণুর দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ক্রমশ তার দিকে এগোতে থাকে। একই সঙ্গে C–Br বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় ব্রোমিন পরমাণুর দিকে সরে যেতে থাকে। এর ফলে কার্বন ও $\bar{O}H$ আয়নের অক্সিজেনের মধ্যে আকর্ষণ ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং কার্বন ও ব্রোমিনের মধ্যে আকর্ষণ ক্রমশ কমতে থাকে। এভাবে এমন একটা অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন আকর্ষণ দুটি সমান হয় এবং $\bar{O}H$ এবং Br উভয়েই সমদূরত্বে কার্বনের সাথে আংশিক বন্ধন (partial bond) দ্বারা যুক্ত থাকে। এই অবস্থাকে পরিবৃত্তি অবস্থা বা পরিবৃত্তি দশা (Transition state) বলে। পরিবৃত্তি দশায় নিউক্লিওফাইল, বিক্রিয়কের কার্বন ও বিদায়ী পরমাণু ব্রোমিন একই সরলরেখা বরাবর বিন্যস্ত থাকে এবং এই সরলরেখায় কার্বন পরমাণুর উপর অঙ্কিত লম্বতলে অবস্থিত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত অপর তিনটি পরমাণু/মূলক এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পরমাণু 120° কোনে বিন্যস্ত থাকে।



পরিবৃত্তি দশা

এভাবে $\overset{\delta-}{HO}$ এবং কার্বনের মধ্যে একটি সমযোজী বন্ধন গঠিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে $Br^{\delta-}$ আয়ন কার্বন থেকে মুক্ত হয়। পরিবৃত্তি দশায় দুটি অণু (একটি বিক্রিয়ক এবং অপরটি বিকারক) অংশ নেয় বলে এটি একটি দ্বি-আণবিক (Bimolecular) বিক্রিয়া। অর্থাৎ $S_N2$ (Substitution Nucleophilic Bimolecular) এই অর্থে ব্যবহৃত হয়।

**$S_N1$ এবং $S_N2$ বিক্রিয়ার হার যে বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে সেগুলি হলো ঃ**

(1) $S_N1$ বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপে কেবলমাত্র বিক্রিয়ক অণুর সমযোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে। ফলে বিক্রিয়ক অণুর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পেলে বিক্রিয়া হার বৃদ্ধি পায়। কিন্তু নিউক্লিওফাইলের গাঢ়ত্বের উপর বিক্রিয়া হার নির্ভর করে না।

$S_N2$ বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপে বিক্রিয়ক অণু এবং নিউক্লিওফাইল উভয়েরই সমযোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে। ফলে বিক্রিয়া হার উভয়ের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ বিক্রিয়ক বা নিউক্লিওফাইল বা উভয়েরই গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পেলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

(2) দ্রাবকের প্রকৃতি দ্বারা নিউক্লিওফাইলের সক্রিয়তা নিয়ন্ত্রিত হয়। $S_N1$ বিক্রিয়ার হার নিউক্লিওফাইলের সক্রিয়তার উপর নির্ভর করে না।

প্রোটনযুক্ত দ্রাবক (protic solvent) অণুর সাথে নিউক্লিওফাইল হাইড্রোজেন-বন্ধন গঠনের মধ্য দিয়ে স্থিতিশীল হয়। ফলে নিউক্লিওফাইলের সক্রিয়তা হ্রাস পায় এবং $S_N2$ বিক্রিয়ার হার কমে যায়।

(3) বিক্রিয়কে কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলির আকার বড় হলে অণুর ত্রিমাত্রিক সজ্জায় স্টেরিক প্রভাবের সৃষ্টি হয়। $S_N1$ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে স্টেরিক প্রভাব থেকে মুক্তি পাওয়ার জন্য $S_N1$ বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

স্টেরিক ক্রিয়ার প্রভাবে $C-L$ (L = leaving group বা বিদায়ী পরমাণু/মূলক) বন্ধনের বিপরীত দিক থেকে আসা নিউক্লিওফাইলের সাথে C পরমাণুর সংঘাত (collision) সম্ভাবনা কমে যায় ফলে বিক্রিয়ার হার কমে যায়।

অনুশীলনী-3

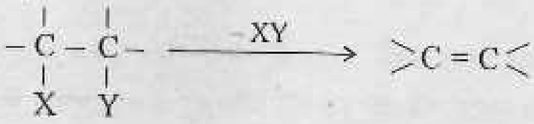
নিচের বিক্রিয়াগুলির প্রকৃতি এবং উৎপন্ন পদার্থসহ বিক্রিয়া-কৌশলের ধাপগুলি লিখুন।

(i) $(CH_3)_3COH + HCl \longrightarrow ?$

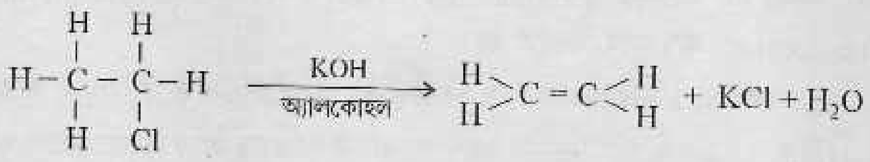
(ii) $CH_3OH + HI \longrightarrow ?$

## 5.5 অপনয়ন বিক্রিয়া (Elimination reaction)

যে বিক্রিয়ায় একই জৈব অণুর দুটি সন্নিহিত কার্বন পরমাণু থেকে দুটি পরমাণু বা দুটি মূলক বা একটি পরমাণু ও একটি মূলক অপসারিত হয়ে একটি দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনের সৃষ্টি হয় তাকে অপনয়ন বিক্রিয়া বলে। যেমন,




উদাহরণ ঃ




ইথাইল ক্লোরাইড ইথিলিন

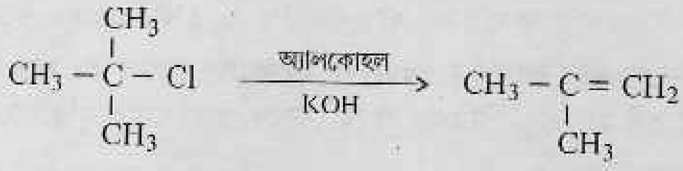
E1, E2 বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে অপনয়ন বিক্রিয়া ঘটে থাকে।

E1 ; Elimination Unimolecular

E2; Elimination bimolecular

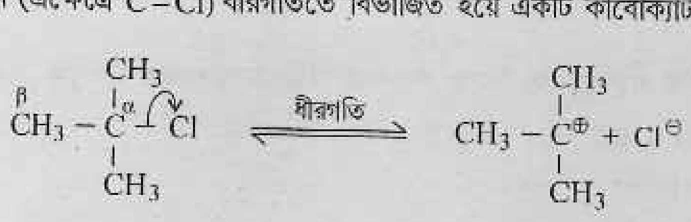
(1) **E1 বিক্রিয়া-কৌশল ঃ**

উদাহরণ ঃ 2-ক্লোরো-2-মিথাইলপ্রোপেনকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ সহযোগে উত্তপ্ত করলে 2-মিথাইলপ্রোপিন উৎপন্ন হয়।



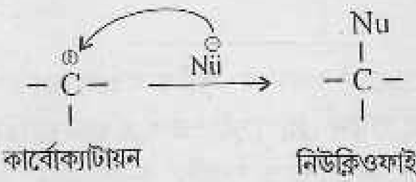

2-ক্লোরো-2 মিথাইল-প্রোপেন 2-মিথাইলপ্রোপিন

বিক্রিয়া কৌশল ঃ E1 বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে বিক্রিয়াটি ঘটে। প্রথম ধাপে বিক্রিয়ক অণুর একটি σ (সিগমা) বন্ধন (এক্ষেত্রে C – Cl) ধীরগতিতে বিভাজিত হয়ে একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



দ্বিতীয় ধাপে সন্নিহিত $\beta$ (বিটা) কার্বন থেকে একটি প্রোটন ($H^+$) অপনীত বা অপসারিত হয়ে একটি দ্বি-বন্ধনের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপটি হলো কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হওয়ার ধাপ। যেহেতু এই ধাপে বিক্রিয়ার গতি শুধুমাত্র বিক্রিয়ক অণুর উপর নির্ভরশীল তাই বিক্রিয়াটি এক আণবিক (Unimolecular)। অর্থাৎ বিক্রিয়া কৌশল হলো ঃ অপনয়ন এক আণবিক বা E1.

তাহলে আমরা দেখলাম যে, নিচের দুটি সম্ভাব্যপথে কার্বোক্যাটায়ন স্থিতিশীল যৌগে রূপান্তরিত হয়।

(a) 

($S_N1$)

(b)

+ Nu – H (E1)

$S_N1$ এবং E1 বিক্রিয়া পথ অনুসরণের মাত্রা নিচের বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে।

(i) বিক্রিয়া মাধ্যমে $H^+$ এর গাঢ়ত্ব বেশি হলে এবং নিউক্লিওফাইল সক্রিয় হলে বিক্রিয়াটি $S_N1$ পথ অনুসরণ করে।

অপরপক্ষে, কার্বোক্যাটায়নের ইলেকট্রন আকর্ষী ক্রিয়ার প্রভাবে $\alpha$–হাইড্রোজেনের অ্যাসিডধর্মিতা বেড়ে যায়। ফলে বিকারক ক্ষারধর্মী হলে বিক্রিয়াটি E1 পথ অণুসরণ করে।

(ii) $S_N1$ বিক্রিয়াপথে $Sp^2$ সামতলিক কার্বোক্যাটায়নের $sp^3$ চতুস্তলক আকারে পরিবর্তন ঘটে। কার্বোক্যাটায়নের সাথে যুক্ত পরমাণু /মূলকগুলি আকারে বড় হলে $S_N1$ পথে এই পরিবর্তনে স্টেরিক প্রভাব বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে, E1 বিক্রিয়াপথে এরূপ প্রভাব বৃদ্ধি পায় না। ফলে বিক্রিয়াটি E1 পথই অনুসরণ করে।

(iii) $S_N1$ বিক্রিয়াপথে পরাবর্তীদশায় একটি মাত্র বন্ধন গঠিত হয়। কিন্তু E1 বিক্রিয়াপথে পরাবর্তীদশায় একাধিক বন্ধন ভাঙ্গাগড়ায় অংশ নেয়। এজন্য উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে $S_N1$ বিক্রিয়াপথের তুলনায় E1 বিক্রিয়াপথে বিক্রিয়াহার অনেক বেশি পরিমাণে বৃদ্ধি পায়।

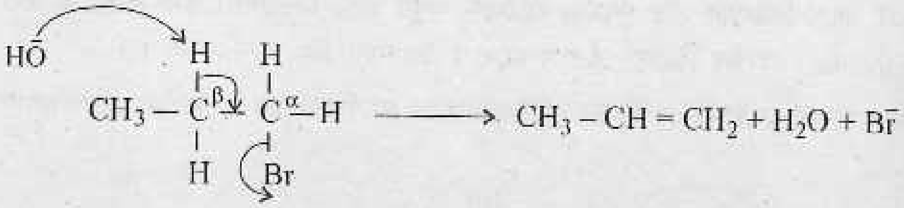
(2) **E2-বিক্রিয়া-কৌশল ঃ**

পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় অ্যালকোহলীয় দ্রবণ ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

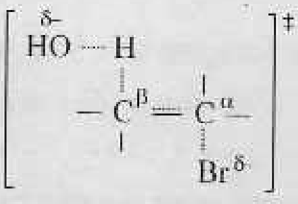
উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2CH_2Br \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{\text{KOH/ইথাইল}} CH_3CH=CH_2$

n-প্রোপাইলব্রোমাইড –HBr প্রোপিন

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ এই বিক্রিয়ায় দুটি সন্নিহিত কার্বন পরমাণু থেকে H ও Br এই দুটি পরমাণু অপনীত হয়ে একটি দ্বি-বন্ধন সৃষ্টি হয়।



$\bar{O}H$ আয়ন $\beta$–কার্বন পরমাণু থেকে একটি হাইড্রোজেন আয়ন অপসারিত করলে জল উৎপন্ন হয় এবং একই সঙ্গে $\alpha$-কার্বন পরমাণু থেকে একটি ব্রোমাইড আয়ন ($Br^-$) দূরীভূত হয়ে C=C দ্বি-বন্ধনের সৃষ্টি হয়। বিক্রিয়াটি এক ধাপে ঘটে। অর্থাৎ E2 বিক্রিয়াপথের পরিবৃত্তি দশাটিও কনসারটেড। বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপে বা পরিবৃত্তি দশায় (transition state) বিক্রিয়ক (substrate) এবং বিকারক (reagent) উভয় অণুই অংশগ্রহণ করে বলে এটি একটি দ্বি-আণবিক বিক্রিয়া (Bimolecular reaction)। পরিবৃত্তি দশায় পরিবৃত্তি গঠনে (transition structure)বেশি মাত্রায় অ্যালকিনের মত (alkene like) গঠন বর্তমান।



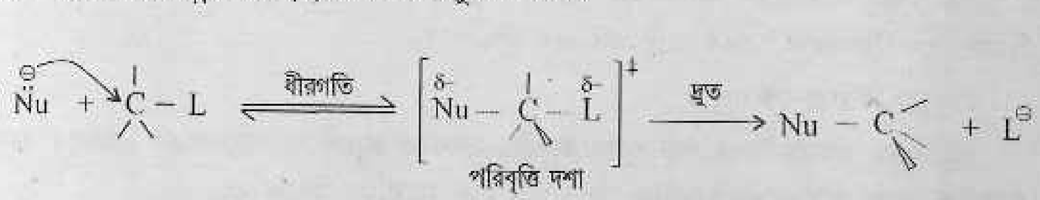
লক্ষ করুন $S_N2$ পরিবৃত্তি দশায় পাঁচটি পরমাণু দুর্বল বন্ধনের দ্বারা যুক্ত থাকে।

পরিবৃত্তি দশা

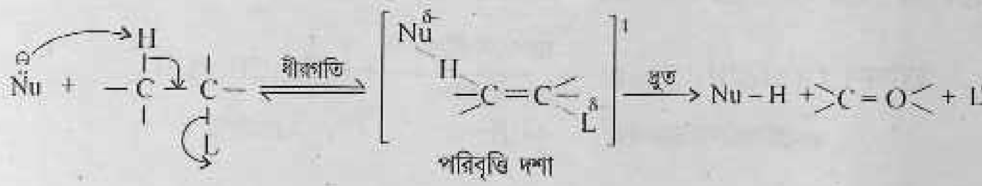
বিক্রিয়াটিকে E2 (Elimination Bimolecular) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। গাঢ় KOH এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণে E2 বিক্রিয়ার পরিবৃত্তি দশা স্থায়ী হয়। অ্যালকোহলে KOH এর তুলনায় NaOH এর দ্রাব্যতা কম বলে KOH-এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণ লওয়া হয়।

বিক্রিয়ক এবং বিকারকের প্রকৃতি অনুযায়ী কনসারটেড (concerted) পাধতিতে বিদায়ী পরমাণু/মূলকের অপসারণ মুখ্যত (a) $S_N2$ এবং (b) E2 পথ অনুসরণ করে।

(a)




(b)



$S_N2$ এবং E2 বিক্রিয়াপথ অনুসরণের মাত্রা নিচের বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে।

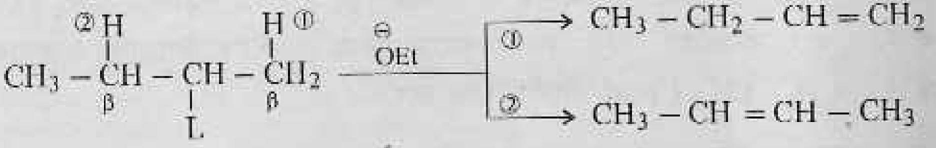
(i) বিক্রিয়ক অণুতে বিদায়ী পরমাণু / মূলকের –I আবেশ ক্রিয়ার প্রভাবে $C_\beta$-H এর অ্যাসিড ধর্ম বেড়ে যায়। ফলে বিকারকের নিউক্লিওফিলীয় সক্রিয়তার তুলনায় ক্ষারশক্তির মাত্রা বেশি হলে বিক্রিয়াটি E2 পথ অনুসরণ করে। অপরপক্ষে বিকারকের নিউক্লিওফিলীয় সক্রিয়তা বেশি হলে বিক্রিয়াটি মুখ্যত $S_N2$ পথ অনুসরণ করে।

(ii) বিক্রিয়কের কার্বন পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু/মূলকগুলির আকার বড় হলে $S_N2$ বিক্রিয়াপথের পরিবৃত্তি দশায় স্টেরিক বিকর্ষণের (steric repulsion) মাত্রা E2 বিক্রিয়াপথের পরিবৃত্তি দশায় স্টেরিক বিকর্ষণের মাত্রা অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে এই অবস্থায় বিক্রিয়াটি E2 পথ অনুসরণ করে।

(iii) প্রোটনযুক্ত দ্রাবকের (Protic solvent) সাথে নিউক্লিওফাইল হাইড্রোজেন বন্ধন রচনা করে। ফলে নিউক্লিওফাইলের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায় বা অন্য কথায় বলা যায় নিউক্লিওফাইলের সক্রিয়তা হ্রাস পায় এবং $S_N2$ বিক্রিয়ার হার কমে যায়। একইভাবে প্রোটনবিহীন (aprotic) দ্রাবকে $S_N2$ বিক্রিয়ার হার বেড়ে যায়। প্রোটনযুক্ত দ্রাবকের তুলনায় প্রোটনবিহীন দ্রাবকে অ্যানায়নীয় ক্ষারকের ক্ষারশক্তি বেড়ে যায় বলে প্রোটনবিহীন দ্রাবকে E2 বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

## 5.6 সেটজেফ ও হফম্যান অপনয়ন বিক্রিয়া (Saytzeff and Hofmann elimination reactions)

যে সমস্ত বিক্রিয়কে বিদায়ী পরমাণু/মূলক যুক্ত কার্বন পরমাণুর দুটি $\beta$–অবস্থানের কার্বন পরমাণুর সাথে কমপক্ষে একটি করে $\beta$-H পরমাণু উপস্থিত থাকে সেক্ষেত্রে অপনয়ন বিক্রিয়ায় একাধিক অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যেমন,

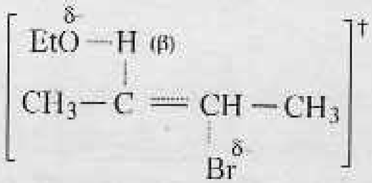



বিদায়ী পরমাণু / মূলক, L = Br, OTS, $\overset{+}{N}Me_3$, $\overset{+}{S}Me_2$

উপরোক্ত বিক্রিয়ায় কোন্ অ্যালকিনটি উৎপন্ন হবে তা নিচের দুটি নিয়মের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

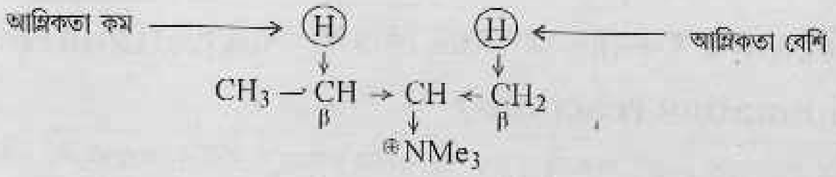
(1) সেটজেফ নিয়ম : L = Br, OTs অর্থাৎ তড়িৎ নিরপেক্ষ বিদায়ী পরমাণু/মূলকের ক্ষেত্রে যে অ্যালকিনটি বেশি মাত্রায় প্রতিস্থাপকযুক্ত (heavily substituted) হয় সেটিই উৎপন্ন হবে। অর্থাৎ সেটজেফ নিয়ম অনুসারে উপরের বিক্রিয়ায় বিউট-2-ইন ($CH_3 - CH = CH - CH_3$) মুখ্য যৌগ হিসাবে উৎপন্ন হবে। পরিবৃত্তি দশা গঠনকালে $C_\beta - H$ এবং $C - Br$ বন্ধন দুটির বিভাজন এবং কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের ($C = C$) গঠন একইসাথে ঘটে এবং পরিবৃত্তি দশায় অ্যালকিনের বৈশিষ্ট্য অধিকমাত্রায় বর্তমান থাকে।

এক্ষেত্রে অ্যালকিনের স্থিতিশীলতার মাত্রা দ্বারা পরিবৃত্তি দশার স্থিতিশীলতা নির্ধারিত হয়। ফলে অধিকতর স্থিতিশীল অ্যালকিন উৎপন্ন হওয়ার হার সবথেকে বেশি হয় এবং অধিক স্থিতিশীল অ্যালকিন মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।



পরিবৃত্তি দশা

(2) হফম্যান নিয়ম ঃ $L = F, \overset{+}{N}Me_3, \overset{+}{S}R_2$ ইত্যাদি শক্তিশালী ইলেকট্রন আকর্ষী পরমাণ/মূলক হলে উভয় $\beta$-H কেই আকর্ষণ করে। ফলে $\beta$-H দুটির আম্লিকতা বেড়ে যায় এবং ক্ষার দ্বারা অতি সহজেই এই আম্লিক হাইড্রোজেন দুটি অপসারিত হতে পারে। উৎপন্ন কার্ব-অ্যানায়ন $\overset{+}{N}Me_3$ ইত্যাদি দ্বারা স্থিতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। তাই পরিবৃত্তি দশাটি অধিকতর কার্ব-অ্যানায়ন বৈশিষ্ট্যযুক্ত হয়।




$\beta$-কার্বন পরমাণুতে অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকলে কার্ব-অ্যানায়নের স্থিতিশীলতা কমে যায়। তাই, ফ্লুওরো, কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি পরমাণু/মূলক যুক্ত বিক্রিয়কের E2 বিক্রিয়াতে যে $\beta$-কার্বন পরমাণুতে অ্যালকিল মূলকের সংখ্যা কম সেই $\beta$-কার্বন পরমাণু থেকেই মুখ্যত হাইড্রোজেন অপনীত হয়ে অ্যালকিন গঠিত হয়। হফম্যান নিয়ম অনুসারে উপরোক্ত বিক্রিয়ায় বিউট-1-ইন $(CH_3-CH_2-CH=CH_2)$ যৌগটি উৎপন্ন হবে।

## 5.7 অ্যারাইল হ্যালাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়া (Reactivity of aryl halides)

অ্যারাইল হ্যালাইডগুলি অতিশয় সুস্থির যৌগ। বেঞ্জিন বলয়ের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হ্যালোজেন পরমাণু রেজোনেন্সের ফলে দ্বি-বন্ধন সৃষ্টির মাধ্যমে বলয়ের সাথে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। অর্থাৎ সাধারণ অবস্থায় অ্যারাইল হ্যালাইডগুলি নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না। কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রা, চাপ এবং অনুঘটকের উপস্থিতিতে নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে এবং হ্যালোজেন পরমাণু বিভিন্ন নিউক্লিওফাইল (যেমন $\bar{O}H, \bar{N}H_2, \bar{C}N$ প্রভৃতি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

অ্যারোমেটিক হ্যালাইডের ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়ার ক্রম হলো ঃ

$$Ar–F > Ar–Cl > Ar–Br > Ar–I$$

সামগ্রিকভাবে অ্যারোমেটিক হ্যালাইডের ক্ষেত্রে বিক্রিয়া ধীরগতিতে ঘটে এবং নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটানোর জন্য হ্যালোজেন পরমাণুর অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন আকর্ষী মূলকের (যেমন, নাইট্রোমূলক, $–NO_2$) উপস্থিতি প্রয়োজন।

অ্যারাইল হ্যালাইডের C–Cl বন্ধনের Cl পরমাণু তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মকধর্মী (electronegative)। তাই C–Cl বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় ক্লোরিন পরমাণুর-I আবেশ প্রভাবের জন্য Cl এর দিকে সরে আসে। আবার Cl পরমাণুর ইলেকট্রন জোড় রেজোনেন্সের মাধ্যমে (+M) বেঞ্জিন বলয়ের দিকে সরণ ঘটে। কিন্তু Cl এর ক্ষেত্রে –I প্রভাব +M প্রভাব অপেক্ষা বেশি হওয়ায় ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বেঞ্জিন অপেক্ষা ধীরগতিতে ঘটে থাকে। F পরমাণুর ক্ষেত্রে –I এবং +M প্রভাব প্রায় সমান বলে $C_6H_5F$ ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপনে প্রায় বেঞ্জিনের মতই সক্রিয়।

অনুশীলনী-4

নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন। যদি একের অধিক যৌগ উৎপন্ন হয় তবে কোন্‌টি মুখ্য হবে লিখুন।

(i) $(CH_3)_3C\,Cl + KOH \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহল}}$

(ii) $C_6H_5CH_2Cl + KCN \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}}$

(iii) $CH_3CH_2Cl + \overset{+}{Na}\overset{-}{O}C_2H_5 \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}}$

(iv) $CH_3CH_2Cl + KOH \xrightarrow[\Delta]{\text{অ্যালকোহল}}$

## 5.8 নিউক্লিওফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া [Nucleophilic Aromatic Substitution reaction ($S_NAr$)]

অ্যারোমেটিক π ইলেকট্রন মেঘ (electron cloud) দ্বারা নিউক্লিয়াস-সন্ধানী বিকারক বা নিউক্লিওফিলীয় বিকারক বা নিউক্লিওফাইল বিকর্ষিত হয় বলে অ্যারোমেটিক বলয়ের পরমাণুর সাথে নিউক্লিওফাইলের সংযোগ সাধারণত $S_NAr$ বিক্রিয়ার দ্বারা ঘটে না। অবশ্য বিশেষ ক্ষেত্রে অ্যারোমেটিক বলয়ে যুক্ত উৎকৃষ্ট বিদায়ী পরমাণু/মূলক (leaving atom/group) যুক্ত থাকলে $S_NAr$ বিক্রিয়া সম্পাদিত হয়। যেমন,

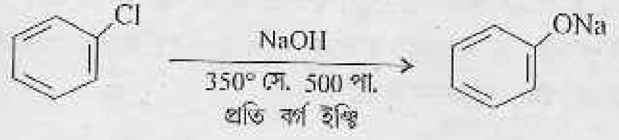
$$Ar-\overset{\oplus}{N}\equiv N: \; + \; \overset{\ominus}{\ddot{N}u} \longrightarrow Ar-Nu + N_2$$

অ্যারাইল ডায়াজোনিয়াম আয়ন    নিউক্লিওফাইল

এক্ষেত্রে, $$Ar-\overset{\oplus}{N}\equiv N: \xrightarrow{\text{ধীরগতি}} \overset{\oplus}{Ar} + N_2$$

$$\overset{\oplus}{Ar} + \overset{\ominus}{Nu} \xrightarrow{\text{দ্রুতগতি}} Ar-Nu$$

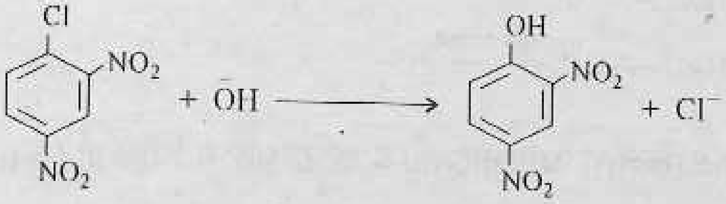
বিক্রিয়ার জন্য তীব্র পরিবেশে (যেমন উচ্চ তাপমাত্রা, চাপ, অনুঘটক প্রভৃতির উপস্থিতিতে) $S_NAr$ বিক্রিয়া ঘটতে পারে। যেমন ক্লোরোবেঞ্জিন সাধারণ অবস্থায় NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু 350° সে. উষ্ণতায় ও 500 পা. প্রতি বর্গ ইঞ্চি চাপে বিক্রিয়াটি ঘটে। বিক্রিয়াটি আংশিকভাবে $S_N2Ar$ পথ অনুসরণ করে।




ক্লোরোবেঞ্জিন সোডিয়াম ফেনক্সাইড

কিন্তু অ্যারোমেটিক বলয়ে উপযুক্ত স্থানে ইলেকট্রন-আকর্ষী পরমাণু / মূলক (যেমন নাইট্রো মূলক ($-NO_2$) উপস্থিত থাকলে নিউক্লিওফাইল দ্বারা বিদায়ী পরমাণু / মূলকের প্রতিস্থাপন সহজতর হয়।

উদাহরণ ঃ 1-ক্লোরো-2, 4-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিনের সাথে NaOH এর বিক্রিয়ায় 2, 4-ডাইনাইট্রোফেনল উৎপন্ন হয়।

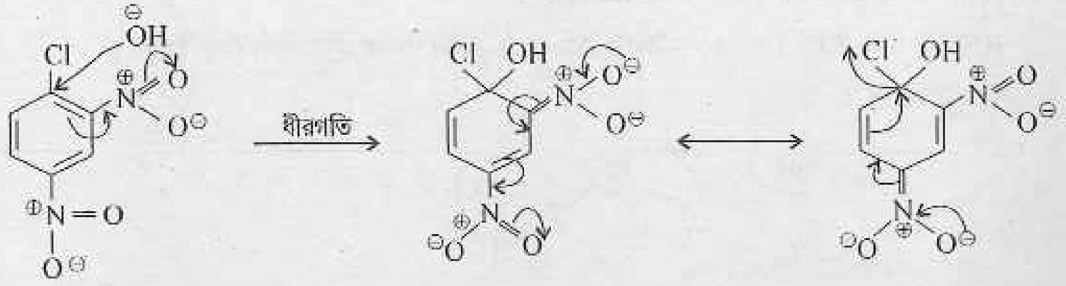



1-ক্লোরো-2, 4-ডাই-নাইট্রোবেঞ্জিন 2, 4-ডাইনাইট্রো-ফেনল

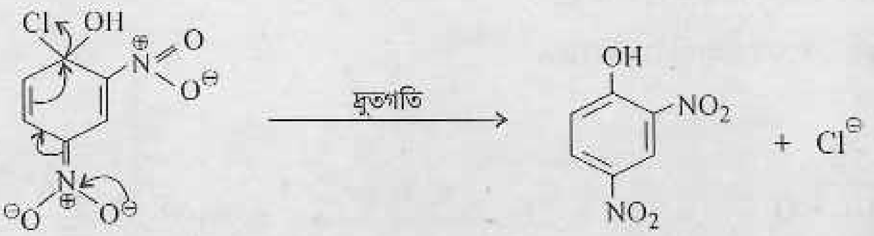
বিক্রিয়া-কৌশল ঃ অর্থো- এবং প্যারা-অবস্থানে ইলেকট্রন আকর্ষী $-NO_2$ মূলক যুক্ত থাকায় অ্যারোমেটিক বলয়ের ঐসব স্থানের পরমাণু ধনাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। এর ফলে নিউক্লিওফাইলের তড়িৎক্ষেত্রের প্রভাবে অ্যারোমেটিক $\pi$ বন্ধনের সহজেই মেরুকরণ (polarisation) ঘটে এবং মধ্যবর্তী কার্ব-অ্যানায়ন উৎপন্ন হয়। কার্ব-অ্যানায়নের ঋণাত্মক আধান বলয়ের মধ্যে পরিব্যাপ্ত হয়ে স্থিতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। পরবর্তী ধাপে বিদায়ী পরমাণু/মূলক অপসৃত হয়ে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। এরূপ বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপে বিক্রিয়ক অণু ও নিউক্লিওফাইল উভয়েই অংশগ্রহণ করে বলে বিক্রিয়াটি

দ্বি-আণবিক (Bimolecular)। এই বিক্রিয়াপথকে $S_NAr$ নামে অ্যাখ্যা দেওয়া হয়। দুটি ধাপে বিক্রিয়াটি সম্পাদিত হয় বলে এটি $S_N2$ এর মত নয়।

প্রথম ধাপ ঃ



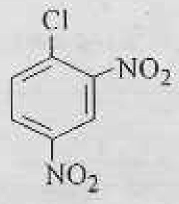

দ্বিতীয় ধাপ ঃ




**অনুশীলনী-5**

নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন ঃ

(i) + $C_2H_5ONa$ ⟶

(ii)  + $2NH_3$ ⟶

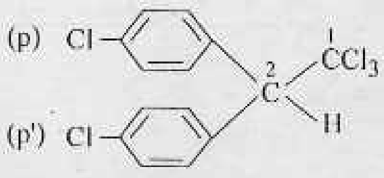
## 5.9 ডিডিটি (DDT) এর সংশ্লেষণ

ডিডিটি-এর পুরো নাম হলো ঃ

p, p´-ডাইক্লোরোডাইফিনাইলট্রাইক্লোরোইথেন।

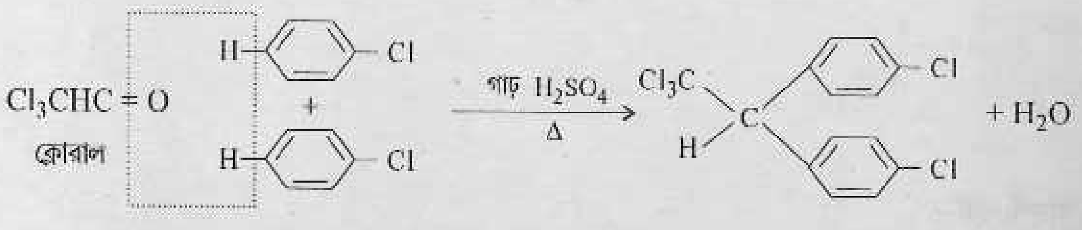
IUPAC নাম হলো ঃ 1, 1, 1-ট্রাইক্লোরো- 2, 2-ডাই-(প্যারাক্লোরোফিনাইল) ইথেন।

গঠন সংকেত ঃ




সংশ্লেষণ ঃ ক্লোরোবেঞ্জিন, অনার্দ্র ক্লোরাল এবং সামান্য পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে ডিডিটি উৎপন্ন হয়।

ক্লোরাল হল ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিট্যালডিহাইড




ডিডিটি একটি কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 100-110° সে.। অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণে স্থিতিশীল। তাই পরিবেশে সহজে ভেঙ্গে যায় না। খাদ্যের মাধ্যমে দেহকোষে সঞ্চিত হয়।

ব্যবহার ঃ এটি একটি পেস্টিসাইড অর্থাৎ কীটপতঙ্গ নাশক জৈব যৌগ। তাই গাছকে পোকার আক্রমণ থেকে রক্ষা করতে ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে এই পেস্টিসাইডের ব্যবহার অত্যন্ত নিয়ন্ত্রিত করা হয়েছে।

**অনুশীলনী- 6**

ডিডিটি-এর পুরো নাম কী ? এটি কীভাবে সংশ্লেষণ করা হয় ? ডিডিটি-এর ব্যবহার লিখুন।

## 5.10 সারাংশ

- হাইড্রোকার্বন যৌগের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হলে অ্যালকিল এবং অ্যারাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

- অ্যালকিল হ্যালাইড সাধারণত অ্যালকোহল, অ্যালকেন, অ্যালকিন, অন্যান্য অ্যালকিল হ্যালাইড যৌগ, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, জৈব ধাতব যৌগ প্রভৃতি থেকে প্রস্তুত করা হয়।
- অ্যারাইল হ্যালাইড সাধারণত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন, ডায়াজোনিয়াম লবণ, অ্যারোমেটিক অ্যাসিডের সিলভার লবণ এবং $Br_2$ প্রভৃতি থেকে তৈরি করা হয়।
- অ্যালকিল হ্যালাইডের হ্যালোজেনকে বিভিন্ন নিউক্লিওফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই বিক্রিয়াগুলি প্রধানত দুপ্রকার বিক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয় ঃ $S_N1$ এবং $S_N2$।
- $S_N1$ বিক্রিয়া কৌশলে প্রথম ধাপে অ্যালকিল হ্যালাইডের কার্বন-হ্যালোজেন (C-Cl) বন্ধন ধীরগতিতে আয়নিত হয়ে মধ্যবর্তী কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপে এই কার্বোক্যাটায়নটি নিউক্লিওফাইল (Nu) দ্বারা আক্রান্ত হয়ে একটি সমযোজী বন্ধন (C–Nu) গঠন করে। এক্ষেত্রে গতি নির্ধারক ধাপটি হলো কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হওয়ার ধাপ। যেহেতু বিক্রিয়ার গতি কেবলমাত্র বিক্রিয়ক অণুর গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল, তাই এটি একটি এক-আণবিক বিক্রিয়া। এজন্য $S_N$ এর পরে 1 (এক) সংখ্যাটি লিখে $S_N1$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। প্রোটনযুক্ত দ্রাবকে বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয়।
- $S_N2$ বিক্রিয়া-কৌশলে অ্যালকিল হ্যালাইডের কার্বন হ্যালোজেন বন্ধনের বিভাজনের ফলে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন এবং এই কার্বোক্যাটায়নের সাথে নিউক্লিওফাইলের সংযুক্তিতে নতুন সমযোজী বন্ধনের গঠন এই দুটি প্রক্রিয়া একসাথেই ঘটে। অর্থাৎ এটি একটি কনসারটেড (concerted) পদ্ধতি। এই বিক্রিয়ায় কোনো মধ্যবর্তী যৌগ গঠিত হয় না। পরিবৃত্তি দশায় দুটি অণু অংশ নেয় বলে এটি একটি দ্বি-আণবিক (bimolecular) বিক্রিয়া।
- $S_N1$ বিক্রিয়াপথে বিক্রিয়াহার কেবলমাত্র বিক্রিয়কের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। কিন্তু $S_N2$ বিক্রিয়াপথে বিক্রিয়াহার বিক্রিয়ক এবং নিউক্লিওফাইল উভয়ের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। প্রোটনযুক্ত দ্রাবকে নিউক্লিওফাইলের সক্রিয়তা কমে যায়। ফলে $S_N2$ বিক্রিয়াহার হ্রাস পায় কিন্তু $S_N1$ বিক্রিয়াহার একই থাকে।
- বিক্রিয়কের কার্বন পরমাণুতে বড় আকারের পরমাণু/মূলক যুক্ত থাকলে $S_N1$ বিক্রিয়াহার বৃদ্ধি পায় কিন্তু $S_N2$ বিক্রিয়াহার কমে যায়।
- অ্যালকিল হ্যালাইডগুলি অপনয়ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন করে। E1 এবং E2 বিক্রিয়া কৌশলের-মাধ্যমে অপনয়ন বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। E1 বিক্রিয়া কৌশলের প্রথম ধাপে অ্যালকিল হ্যালাইডের কার্বন-হ্যালোজেন বন্ধন ধীরগতিতে বিভাজিত হয়ে $S_N1$ বিক্রিয়াপথের মত একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয়ধাপে, কার্বোক্যাটায়নের সন্নিহিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রোটন রূপে অপনীত হয়ে দ্বি-বন্ধন গঠিত হয়। এক্ষেত্রেও প্রথম ধাপটি হলো বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপ। যেহেতু এই ধাপে বিক্রিয়ার গতি শুধুমাত্র একটি অণুর গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল তাই এটি এক-আণবিক (unimolecular) বিক্রিয়া। এজন্য E (Elimination) এর পর 1 (এক) লিখে বিক্রিয়া-কৌশলটিকে E1 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

- $S_N1$ এবং E1-উভয় বিক্রিয়াপথই কার্বোক্যাটায়নের মাধ্যমে ঘটে থাকে। তাই একই বিক্রিয়ক থেকে সব সময় কমবেশী $S_N1$ এবং E1 পথে উৎপন্ন পদার্থের মিশ্রণ পাওয়া যায়।
- E2 বিক্রিয়া কৌশলে দুটি সন্নিহিত কার্বন পরমাণু থেকে দুটি পরমাণু অপসারিত হয়ে একটি দ্বি-বন্ধনের সৃষ্টি হয়। ক্ষার কর্তৃক একটি পরমাণু থেকে একটি প্রোটন অপনীত হয় এবং একই সঙ্গে সন্নিহিত কার্বন পরমাণু থেকে বিদায়ী হ্যালাইড মূলক অপনীত হয়ে একটি দ্বি-বন্ধন গঠন করে। পরিবৃত্তি দশায় পরিবৃত্তি গঠনে (transition structure) অ্যালকিনের মত (alkene like) গঠন বর্তমান থাকে। গতি নির্ধারক ধাপে বিক্রিয়ক এবং বিকারক উভয়েই কনসারটেড (concerted) পদ্ধতিতে পরিবৃত্তি দশা গঠন করে। তাই এটি দ্বি-আণবিক বিক্রিয়া।
- $S_N2$ এবং E2-উভয় বিক্রিয়া পথই কনসারটেড। ফলে একই বিক্রিয়ক থেকে প্রায় সব সময়ই $S_N2$ এবং E2 পথে উৎপন্ন পদার্থগুলির মিশ্রণ পাওয়া যায়।
- দুই $\beta$-H পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকিল হ্যালাইড ও ক্ষারের E2 বিক্রিয়ায় যখন দুটি সমাবয়বী অ্যালকিন উৎপন্ন হয় কিন্তু দুটি সমান পরিমাণে উৎপন্ন হয় না তখন এই উৎপাদনের মাত্রা সেটজেফ এবং হফম্যান নিয়ম অনুসারে ঘটে থাকে। সেটজেফ নিয়ম হলো ঃ দুটি সমাবয়বী অ্যালকিনের মধ্যে সেই অ্যালকিনটিই বেশি মাত্রায় উৎপন্ন হবে যেটিতে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের কার্বন পরমাণুতে অধিক সংখ্যক অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকে। আর হফম্যান নিয়ম হলো ঃ দুটি সমাবয়বী অ্যালকিনের মধ্যে সেই অ্যালকিনটিই বেশি মাত্রায় উৎপন্ন হবে যেটিতে কার্বন কার্বন দ্বি-বন্ধনের কার্বন পরমাণুতে সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকে।
- অ্যারোমেটিক $\pi$ ইলেকট্রন মেঘ ($\pi$ electron cloud) নিউক্লিওফাইলকে বিকর্ষণ করে বলে এক্ষেত্রে $S_N1$ বিক্রিয়া সাধারণত ঘটে না। তবে অ্যারোমেটিক বলয়ের যথাযথ স্থানে ইলেকট্রন-আকর্ষী মূলক যুক্ত থাকলে নিউক্লিওফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ($S_NAr$) ঘটে। এক্ষেত্রে বলয়ের যে কার্বন পরমাণুতে ইলেকট্রন আকর্ষী মূলক যুক্ত থাকে সেই কার্বন পরমাণু ধনাত্মক আধানপ্রাপ্ত হয়। এর ফলে নিউক্লিওফাইলের তড়িৎক্ষেত্রের প্রভাবে অ্যারোমেটিক $\pi$ বন্ধনের সহজেই মেরুকরণ ঘটে। মেরুকরণের ফলে উৎপন্ন ধনাত্মক আধানযুক্ত পরমাণুর সাথে নিউক্লিওফাইলের সংযোগ ঘটে। পরবর্তী ধাপে বিদায়ী পরমাণু/মূলক দ্রুতহারে অপনীত হয়ে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি দ্বি-আণবিক এবং একে $S_NAr$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

## 5.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) নিচের পরিবর্তনগুলি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

(i) মিথাইল অ্যালকোহল থেকে মিথাইল আয়োডাইড

(ii) বেঞ্জাইল অ্যালকোহল থেকে বেঞ্জাইল ক্লোরাইড

(iii) বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড থেকে ব্রোমোবেঞ্জিন

(iv) মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড থেকে মিথাইল ক্লোরাইড

(v) বেঞ্জিন থেকে আয়োডোবেঞ্জিন (এক ধাপে)

(vi) অ্যানিলিন থেকে ফ্লুওরোবেঞ্জিন

(2) সেটজেফ এবং হফম্যান নিয়ম বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করুন। নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ সমূহের নাম ও গঠন লিখুন এবং সেটজেফ ও হফম্যান নিয়ম প্রয়োগ করে মুখ্য যৌগটি সনাক্ত করুন।

(i) $$CH_3CH_2\underset{\substack{|\\ Br}}{CH}CH_3 \xrightarrow{\overset{\ominus}{O}Et}$$

(ii) $$CH_3CH_2\underset{\substack{|\\ \oplus NMe_3}}{CH}CH_3 \xrightarrow{\overset{\ominus}{O}Et}$$

(iii) $$Ph\,CH_2CH_2-\underset{\substack{\diagup\ \diagdown\\ CH_3\quad CH_3}}{\overset{\oplus}{N}}-CH_2CH_3 \xrightarrow{\overset{\ominus}{O}H}$$

## 5.12 উত্তরমালা

**অনুশীলনী-1**

(i) $$C_2H_5OH + HCl \xrightarrow[ZnCl_2]{\text{অনার্দ্র}} C_2H_5Cl + H_2O$$

বিক্রিয়া-কৌশলের জন্য পাঠ্যাংশের 5.3(1)(a) দেখুন।

(ii) $$CH_3CH=CH_2 + HI \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} CH_3\underset{\substack{|\\ I}}{CH}CH_3$$

বিক্রিয়া-কৌশল : পাঠ্যাংশের 5.3(3) দেখুন।

(iii) $$CH_3CH_2Cl + KI \longrightarrow CH_3CH_2I + KCl$$

বিক্রিয়া-কৌশল : পাঠ্যাংশের 5.3(4) দেখুন।

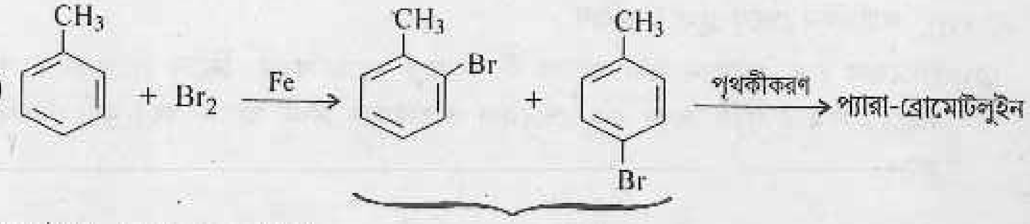
(iv) $$CH_3COOAg + Br_2 \longrightarrow CH_3Br + AgBr + CO_2$$

বিক্রিয়া-কৌশল : পাঠ্যাংশের 5.3 (5) দেখুন।

অনুশীলনী-2

(1) পাঠ্যাংশ 5.3 (b) (1) দেখুন।

(2) (i) পাঠ্যাংশ 5.3 b(2) দেখুন।

(ii) 


(iii) পাঠ্যাংশ 5.3(b)(2) দেখুন।

অনুশীলনী-3

(i) $S_N1$ বিক্রিয়া।

প্রথম ধাপ : $(CH_3)_3COH + HCl \xrightleftharpoons{\text{দ্রুতগতি}} (CH_3)_3C\text{–}\overset{\oplus}{O}H_2 + \overset{\ominus}{Cl}$

দ্বিতীয় ধাপ : $(CH_3)_3C-\overset{\oplus}{O}H_2 \xrightleftharpoons{\text{ধীরগতি}} (CH_3)_3\overset{\oplus}{C} + H_2O$

$(CH_3)_3\overset{\oplus}{C}$ হাইপারকনজুগেশনের দ্বারা স্থায়িত্ব লাভ করে।

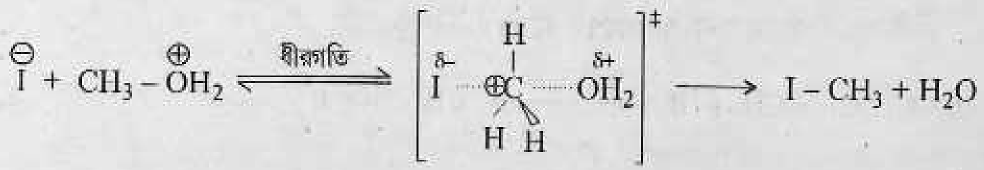
তৃতীয় ধাপ : $(CH_3)_3\overset{\oplus}{C} + \overset{\ominus}{Cl} \xrightarrow{\text{দ্রুতগতি}} (CH_3)_3C-Cl$

(ii) $S_N2$ বিক্রিয়া।

প্রথম ধাপ : $CH_3OH + HI \xrightarrow{\text{দ্রুতগতি}} CH_3-\overset{\oplus}{O}H_2 + \overset{\ominus}{I}$

$\overset{\ominus}{I}$ একটি উৎকৃষ্ট নিউক্লিওফাইল।

দ্বিতীয় ধাপ :




অনুশীলনী-4

(i) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH_2 \quad + (CH_3)_3COH$

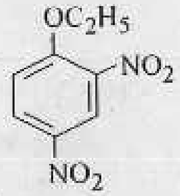
মুখ্য

(ii) $C_6H_5CH_2CN$

(iii) $CH_3CH_2OC_2H_5 + CH_2 = CH_2$
মুখ্য

(iv) $CH_2 = CH_2 + CH_3CH_2OH$
মুখ্য

**অনুশীলনী-5**

(i)  + NaCl

(ii) + $NH_4Cl$

**অনুশীলনী-6**

পাঠ্যাংশ 5.9 দেখুন।

**সর্বশেষ প্রশ্নাবলি**

(i) $3CH_3OH \xrightarrow[PI_3]{\text{লাল } P/I_2} 3CH_3I + H_3PO_3$

(ii) $C_6H_5CH_2OH + SOCl_2 \xrightarrow{\text{পিরিডিন}} C_6H_5CH_2Cl + SO_2 + HCl$

(iii) $C_6H_5COOH \longrightarrow C_6H_5COOAg \xrightarrow[CCl_4\ 70°]{Br_2} C_6H_5Br$

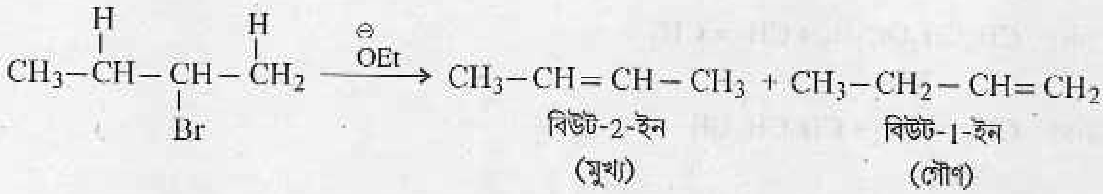
(iv) $CH_3MgCl + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + MgCl_2$

(v) $C_6H_6 + ICl \longrightarrow C_6H_5I + HCl$

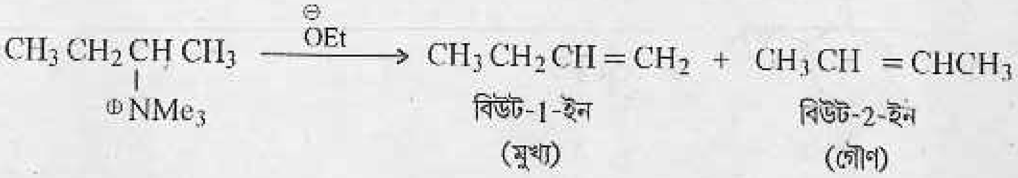
(vi) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[HCl,\ 0\text{-}5°]{NaNO_2} C_6H_5\overset{\oplus}{N_2}\overset{\ominus}{Cl} \xrightarrow{\overset{\oplus}{H}\overset{\ominus}{BF_4}} C_6H_5F + BF_3 + HCl$

(2) প্রথম অংশের জন্য পাঠ্যাংশের 5.6(1) এবং (2) দেখুন।

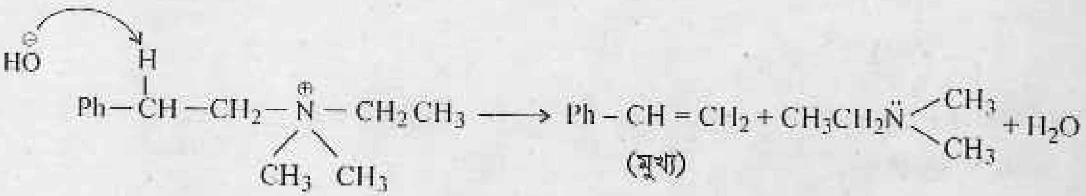
(i) যেহেতু $\bar{O}Et$ একটি শক্তিশালী ক্ষারক তাই বিক্রিয়াটি E2 বিক্রিয়াপথ অনুসরণ করে সেটজেফ নিয়ম অনুযায়ী বিউট-2-ইন মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন করবে।




(ii) এটি E2 বিক্রিয়া। এখানে হফম্যান নিয়ম অনুযায়ী বিউট-1-ইন মুখ্য যৌগরূপে উৎপন্ন হবে।




(iii) এটিও E2 বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে Ph-$CH_2$-অংশের হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি বেঞ্জাইলিক বলে বেশি আম্লিক হয়। তাই $PhCH=CH_2$ মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হবে।



# একক 6 ❑ জৈব ধাতব যৌগ, অ্যালকোহল এবং ইথার

## A. জৈব ধাতব যৌগ

গঠন

6.1 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
6.2 জৈব ধাতব যৌগ ঃ গ্রিগনার্ড বিকারক
গ্রিগনার্ড বিকারকের প্রস্তুতি
6.3 গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া
সক্রিয় হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগের সাথে বিক্রিয়া
6.4 গ্রিগনার্ড বিকারকের সাংশ্লেষিক ব্যবহার
1) হাইড্রোকার্বন
2) অ্যালকোহল
3) অ্যালডিহাইড
4) কিটোন
5) কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড
6) এস্টার
7) প্রাইমারি অ্যামিন
6.5 সারাংশ
6.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
6.7 উত্তরমালা

## B. অ্যালকোহল

গঠন

6.8 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
6.9 অ্যালকোহলের শ্রেণিবিভাগ
6.10 অ্যালকোহল সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ
6.11 ভৌত ধর্ম
6.12 প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলের পৃথকীকরণ
6.13 রাসায়নিক বিক্রিয়া

6.14 সারাংশ
6.15 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
6.16 উত্তরমালা

## C. ইথার

গঠন

6.17 প্রস্তাবনা
উদ্দেশ্য
6.18 ইথারের শ্রেণিবিভাগ
6.19 ইথার সংশ্লেষণ
উইলিয়ামসনের ইথার সংশ্লেষণ পদ্ধতি
6.20 ইথারের ধর্ম
1) ভৌত ধর্ম
2) রাসায়নিক ধর্ম / বিক্রিয়া
6.21 ইথারের ব্যবহার
6.22 সারাংশ
6.23 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
6.24 উত্তরমালা

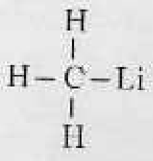
# A. জৈব ধাতব যৌগ

## 6.1 প্রস্তাবনা

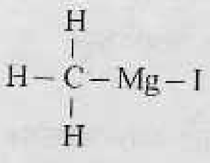
যে সকল জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুর সাথে কোনো ধাতুর পরমাণু সরাসরি যুক্ত থাকে (R–M) সেই সকল যৌগকে জৈব ধাতব যৌগ বলে।

যেখানে, ধাতু M = Li, K, Al, Zn, Mg, Cd, Sn, Pb, Hg ইত্যাদি।

উদাহরণ ঃ



মিথাইল লিথিয়াম



মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড

$$CH_3CH_2 - Zn - CH_2CH_3$$
ডাইইথাইল জিঙ্ক

বেশির ভাগ জৈব ধাতব যৌগই তরল এবং জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। এই যৌগগুলি বাতাসের অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সাথে তৎক্ষণাৎ বিক্রিয়া করে। ফলে এদের ব্যবহারের সময় খুব সতর্কতা অবলম্বন করা হয় এবং বেশির ভাগ যৌগকেই বিশুদ্ধ না করে দ্রবণকেই সরাসরি প্রয়োগ করা হয়। বিভিন্ন জৈব যৌগের সংশ্লেষণে জৈব ধাতব যৌগগুলি ব্যবহার করা হয়।

### উদ্দেশ্য

এই একককটি পাঠ করে আপনি জৈব ধাতব যৌগ বিশেষ করে অ্যালকিল বা অ্যারাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডের সাহায্যে হাইড্রোকার্বন, অ্যালকোহল, কার্বোনিল যৌগ, অ্যাসিড, অ্যামিন প্রভৃতি সংশ্লেষণ করতে পারবেন।

## 6.2 জৈব ধাতব যৌগ ঃ গ্রিগনার্ড বিকারক (Grignard reagents)

জৈব ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডসমূহকে (RMgX) গ্রিগনার্ড বিকারক বলে। 1900 খ্রীষ্টাব্দে প্রখ্যাত ফরাসী বিজ্ঞানী ভিক্টর গ্রিগনার্ড এই শ্রেণির যৌগসমূহ আবিষ্কার করেন এবং তাঁরই নামানুসারে এই যৌগগুলি গ্রিগনার্ড বিকারক হিসাবে পরিচিতি লাভ করে।

প্রস্তুতি ঃ শুষ্ক অ্যালকোহলমুক্ত ইথার মাধ্যমে বিশুদ্ধ অ্যালকিল বা অ্যারাইল হ্যালাইড ও শুষ্ক ম্যাগনেশিয়াম ধাতুর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুত করা হয়।

$$R - X + Mg \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{\text{অ্যালকোহলমুক্ত}} RMgX$$

অ্যালকিল হ্যালাইড → (অ্যালকিল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড) গ্রিগনার্ড বিকারক

উদাহরণ ঃ $CH_3I + Mg \longrightarrow MeMgI$

মিথাইল আয়োডাইড → মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড

$$Ar - X + Mg \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{\text{অ্যালকোহলমুক্ত}} ArMgX$$

অ্যারাইল হ্যালাইড → অ্যারাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড গ্রিগনার্ড বিকারক

উদাহরণ ঃ $C_6H_5Br + Mg \longrightarrow C_6H_5MgBr$

ফিনাইল ব্রোমাইড — ফিনাইল ম্যাগ-নেশিয়াম ব্রোমাইড

উৎপন্ন গ্রিগনার্ড বিকারক ইথারে দ্রবীভূত থাকে। বিভিন্ন বিক্রিয়ায় গ্রিগনার্ড বিকারকের এই ইথারীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

## 6.3 গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া

গ্রিগনার্ড বিকারকের $(R - Mg - X)$ মধ্যে কার্বন-ম্যাগনেশিয়াম $(C - Mg)$ বন্ধন বর্তমান। ম্যাগনেশিয়ামের অপরাতড়িৎধর্মিতা (electronegativity) কার্বনের তুলনায় কম বলে C–Mg বন্ধন ধ্রুবীয় প্রকৃতির হয়। অর্থাৎ R – MgX এর R অংশ তড়িৎ-ঋনাত্মক ($\overset{\delta-}{R}$) এবং MgX অংশ তড়িৎ-ধনাত্মক ($\overset{\delta+}{M}gX$) প্রাপ্ত হয়। এজন্য গ্রিগনার্ড বিকারকের গঠন $\overset{\delta-}{R} - \overset{\delta+}{M}gX$ লেখা হয়। গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে উৎপন্ন কার্ব-অ্যানায়ন ($\bar{R}$) তীব্র ক্ষারক এবং নিউক্লিওফিলীয় বিকারক হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

**সক্রিয় হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগের সাথে বিক্রিয়া ঃ** যে সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু অধিক তড়িৎ-ঋনাত্মক মৌল যেমন অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার প্রভৃতি পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে সেই সমস্ত হাইড্রোজেনকে সক্রিয় হাইড্রোজেন বলে। এই ধরনের সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগগুলি হলো জল $(H - O - H)$, অ্যালকোহল $(R - O - H)$, অ্যামোনিয়া $(H - \underset{\underset{H}{|}}{N} - H)$ থায়োঅ্যালকোহল $(R - S - H)$ ইত্যাদি।

$$\overset{\delta-}{R} - \overset{\delta+}{Mg} - X + Z - H \longrightarrow R - H + Mg(Z)X$$

গ্রিগনার্ড বিকারক — সক্রিয় হাইড্রোজেন-যুক্ত যৌগ — হাইড্রোকার্বন

$(X = Cl, Br, I ; Z = O, N, S)$

উদাহরণ ঃ

(i) $CH_3MgI + H_2O \longrightarrow CH_4 + Mg(OH)I$

মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড — মিথেন

(ii) $C_2H_5MgBr + C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_6 + Mg(OC_2H_5)Br$

ইথাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইড — ইথাইল অ্যাহকোহল — ইথেন

(iii) $CH_3MgBr$ (মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইড) + $NH_3$ $\longrightarrow$ $CH_4 + Mg(NH_2)Br$

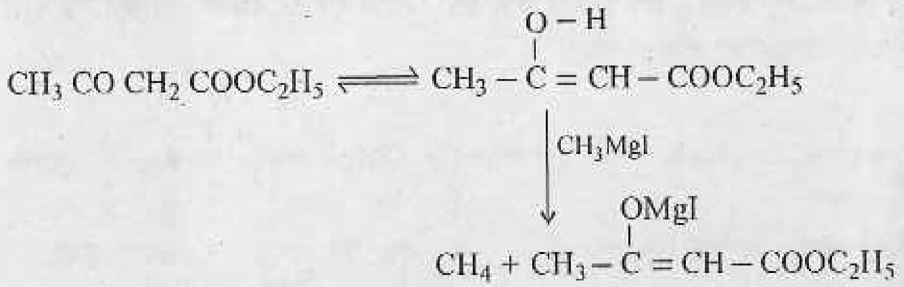
(iv) $C_2H_5MgCl$ (ইথাইল ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড) + $C_2H_5SH$ (ইথাইল থায়োঅ্যালকোহল) $\longrightarrow$ $C_2H_6 + Mg(SC_2H_5)Cl$

এছাড়া $R-C\equiv C-H$ এর হাইড্রোজেন পরমাণুটি আম্লিক (একক 4 দেখুন)। গ্রিগনার্ড বিকারক তীব্র ক্ষারক বলে এরূপ হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকেন উৎপন্ন করে।

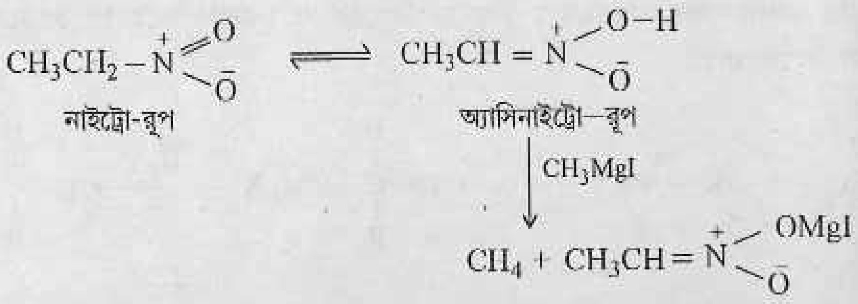
$$CH_3MgBr + R-C\equiv C-H \longrightarrow CH_4 + R-C\equiv CMgBr$$

উদাহরণ ঃ $CH_3MgBr + H-C\equiv C-H \longrightarrow CH_4 + H-C\equiv CMgBr$

অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের এনল-রূপের (enol form) মধ্যে সক্রিয় হাইড্রোজেন ($-O-H$) রয়েছে। তাই এটি গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে।



একইভাবে নাইট্রোঅ্যালকেনের অ্যাসিনাইট্রো-রূপটির মধ্যে সক্রিয় হাইড্রোজেন ($-O-H$) রয়েছে। তাই এটিও গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে।




## 6.4 গ্রিগনার্ড বিকারকের সাংশ্লেষিক ব্যবহার

গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করা হয়। এগুলি নিচে আলোচনা করা হলো ঃ

(1) হাইড্রোকার্বন ঃ সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগের (যেমন, জল, অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়া

ইত্যাদি) সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয়। গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথারীয় দ্রবণে জল, অ্যালকোহল ইত্যাদি যোগ করে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়। যেমন,

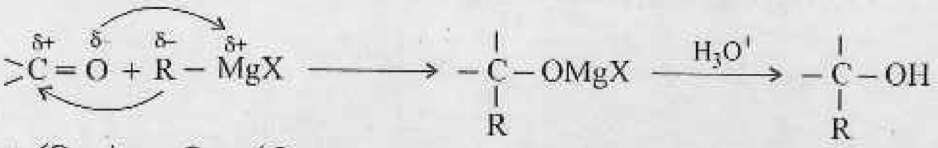
$$RMgX + HOH \longrightarrow R-H + Mg(OH)X$$

উদাহরণ ঃ সক্রিয় হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগের সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকসমূহের বিক্রিয়ার উদাহরণগুলি দেখুন।

আরও উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5MgCl} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{বেঞ্জিন}}{C_6H_6} + Mg(OH)Cl$$

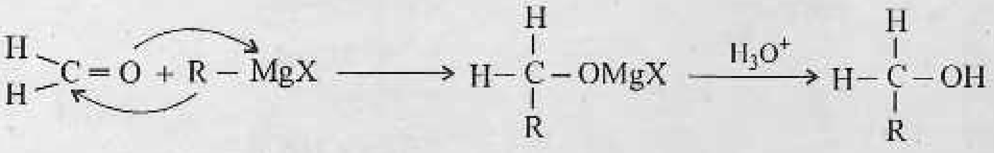
(2) অ্যালকোহল ঃ কার্বোনিল যৌগ (অ্যালডিহাইড ও কিটোন) এবং গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রাইমারি সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহল সংশ্লেষণ করা যায়। এজন্য কার্বোনিল যৌগের ইথারীয় দ্রবণ গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথারীয় দ্রবণে যোগ করা হয়। উৎপন্ন যুত-যৌগটিকে লঘু অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

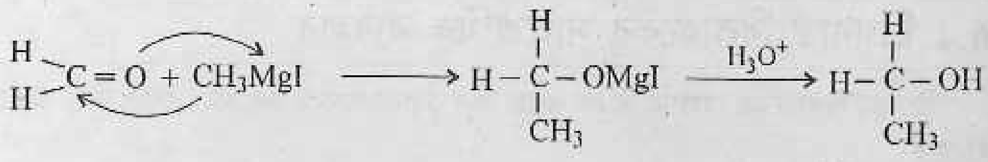


কার্বোনিল যৌগ গ্রিগনার্ড বিকারক যুত যৌগ অ্যালকোহল

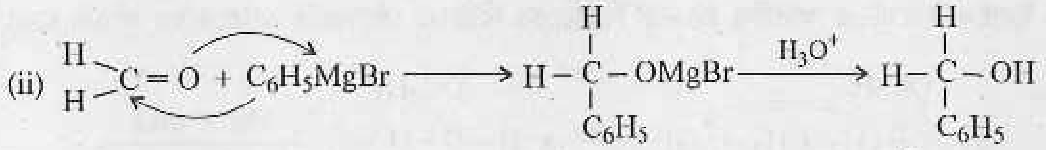
কার্বোনিল যৌগটি ফরম্যালডিহাইড (HCHO) হলে প্রাইমারি অ্যালকোহল, অন্যান্য অ্যালডিহাইড (RCHO) হলে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল এবং কিটোন ($R_2CO$) হলে টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

প্রাইমারি অ্যালকোহল সংশ্লেষণ ঃ গ্রিগনার্ড বিকারক ও ফরম্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় প্রাইমারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



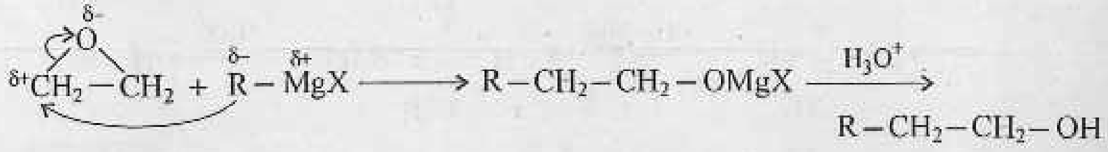
(i) 

ইথাইল অ্যালকোহল



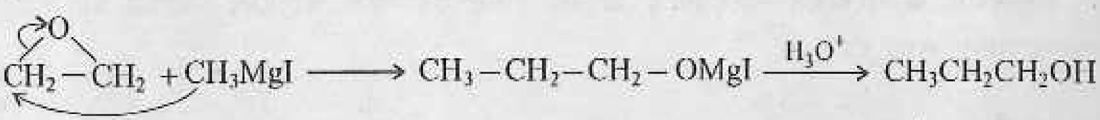
বেঞ্জাইল অ্যালকোহল

গ্রিগনার্ড বিকারক ও ইথিলিন অক্সাইডের বিক্রিয়ায় প্রাইমারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



ইথিলিন অক্সাইড

প্রাইমারি অ্যালকোহল



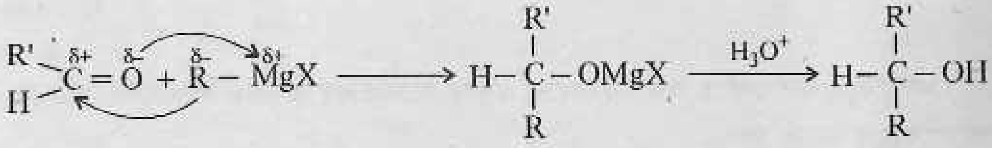
n-প্রোপাইল অ্যালকোহল

**অনুশীলনী-1**

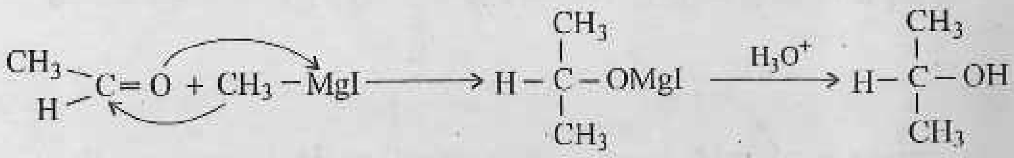
যথাযথ গ্রিগনার্ড বিকারক ব্যবহার করে কীভাবে নিচের যৌগগুলি প্রস্তুত করবেন ?

(i) $C_6H_5\,CH_2\,CH_2OH$; (ii) $C_6H_5\,CH_2\,OH$

**সেকেন্ডারি অ্যালকোহল সংশ্লেষণ ঃ** ফরম্যালডিহাইড ছাড়া অন্য যে কোনো অ্যালডিহাইড ও গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় সেকেন্ডারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

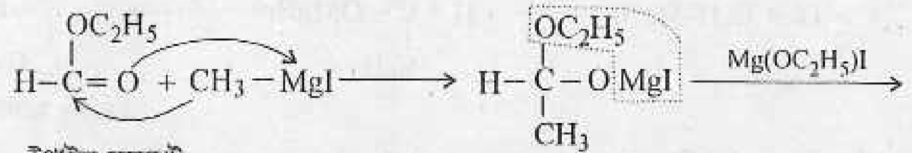


**উদাহরণ ঃ**

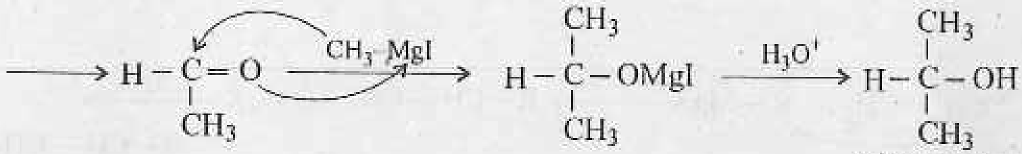


আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

ইথাইল ফরমেট ও অতিরিক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় সেকেন্ডারি অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

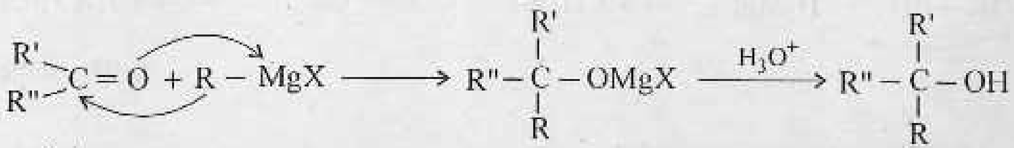


ইথাইল ফরমেট



আইসোপ্রাপাইল অ্যালকোহল

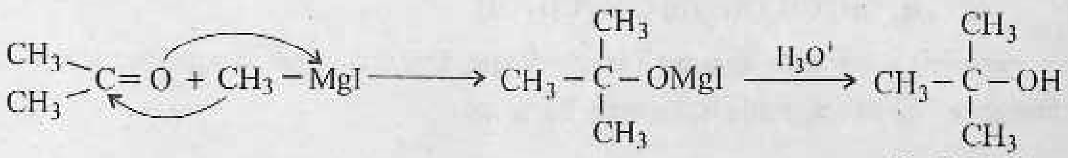
টারসিয়ারি অ্যালকোহল সংশ্লেষণ ঃ গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে কিটোনের বিক্রিয়ায় টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



কিটোন

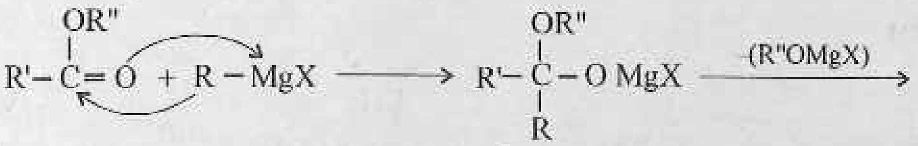
টারসিয়ারি অ্যালকোহল

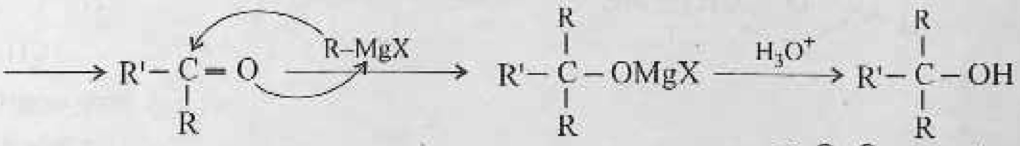
উদাহরণ ঃ



টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল

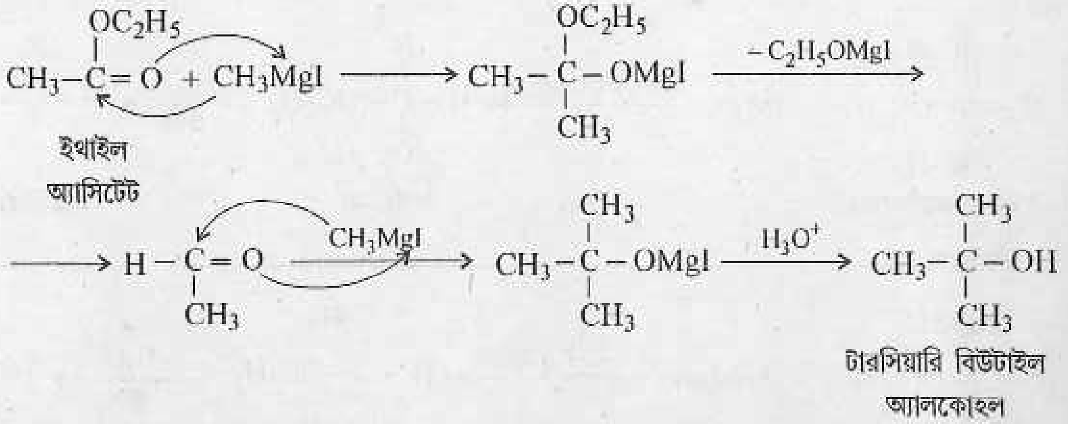
ফরমিক এস্টার ব্যতীত অন্য যে কোনো এস্টার ও অতিরিক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



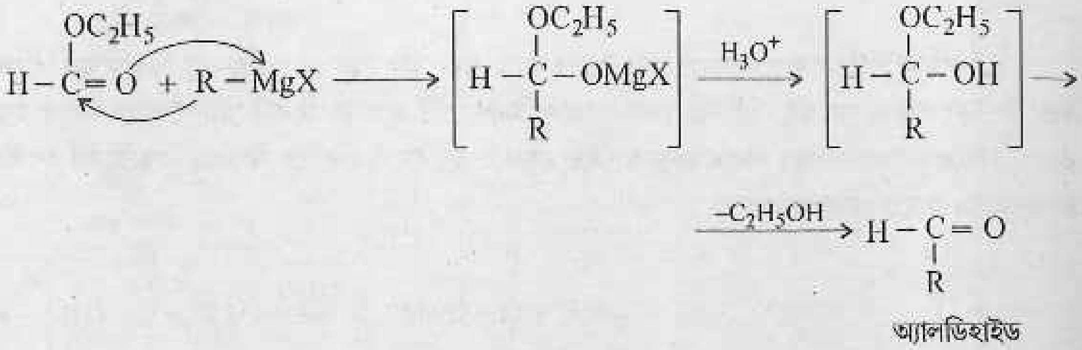


টারসিয়ারি অ্যালকোহল

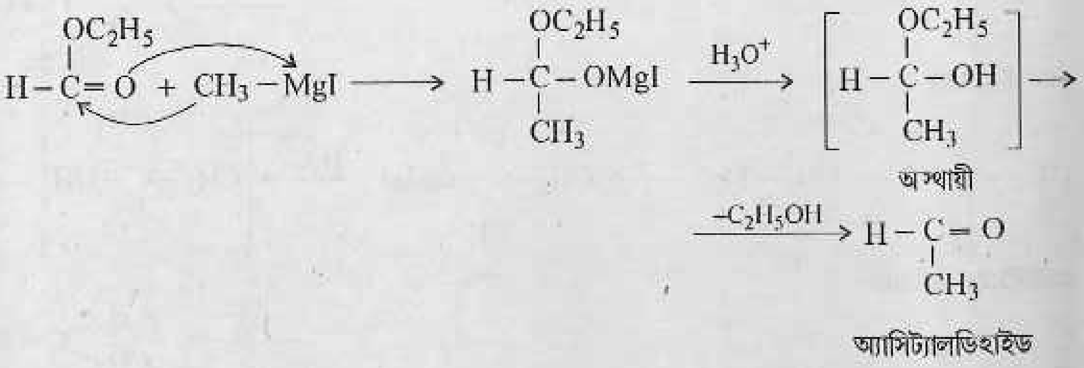
উদাহরণ ঃ



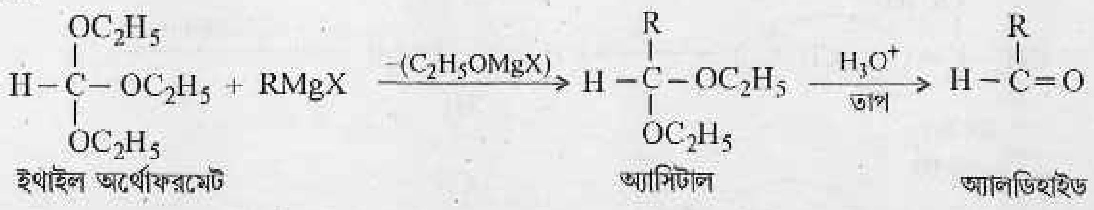

(3) অ্যালডিহাইড সংশ্লেষণ ঃ সম-আণবিক অণুপাতে ইথাইল ফরমেট ও গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।



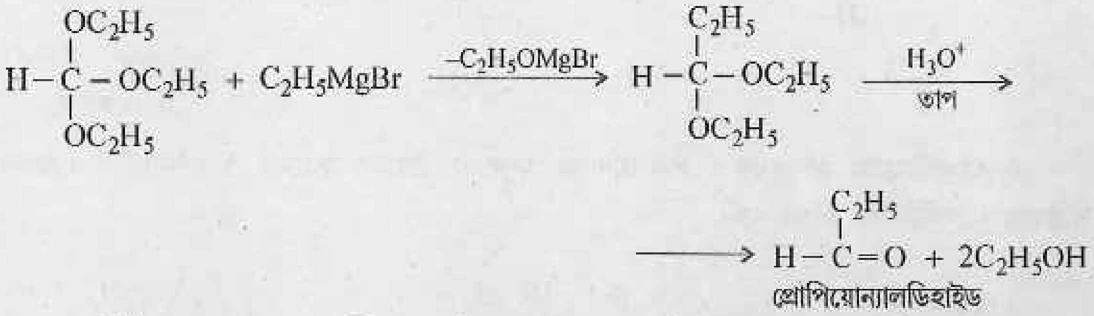

উদাহরণ ঃ



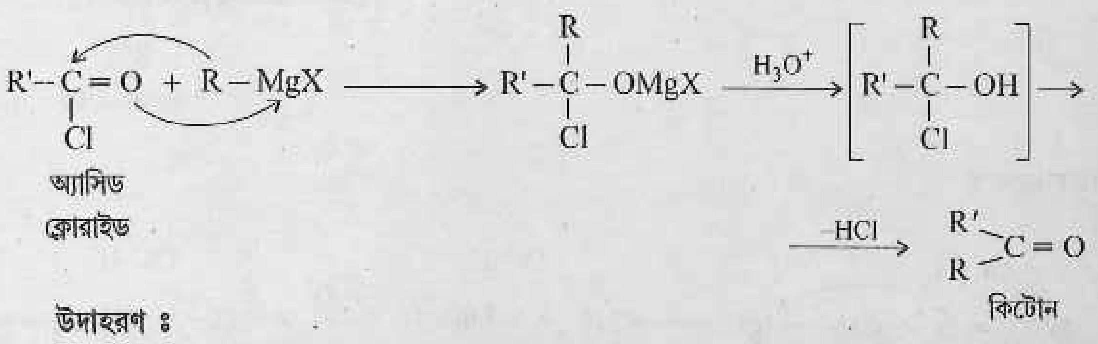
● ইথাইল অর্থোফরমেট ও গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় উৎপাদিত অ্যালডিহাইডের পরিমাণ বেশি হয়।



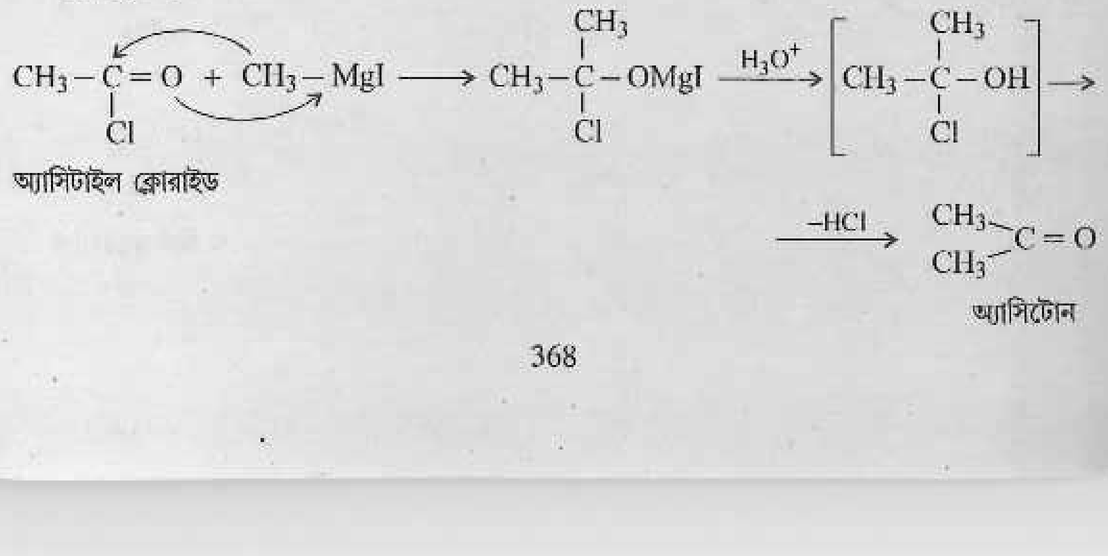

উদাহরণ ঃ



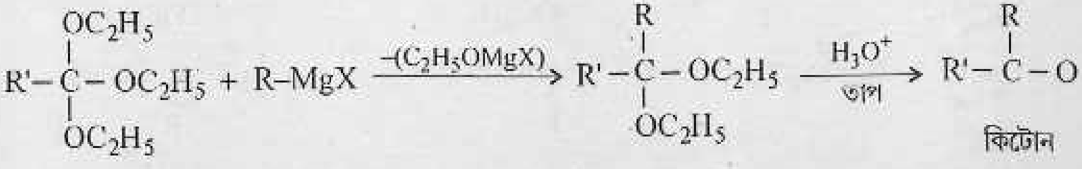

(4) কিটোন সংশ্লেষণ ঃ অ্যাসিড ক্লোরাইডের সাথে সম-মোল অনুপাতে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া দ্বারা কিটোন প্রস্তুত করা হয়। গ্রিগনার্ড বিকারকের পরিমাণ বেশি হলে টারসিয়ারি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। অ্যালকোহলের উৎপাদন বন্ধ করার জন্য অ্যাসিড ক্লোরাইডের ইথারীয় দ্রবণে গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথারীয় দ্রবণ আস্তে আস্তে যোগ করা হয়।




উদাহরণ ঃ

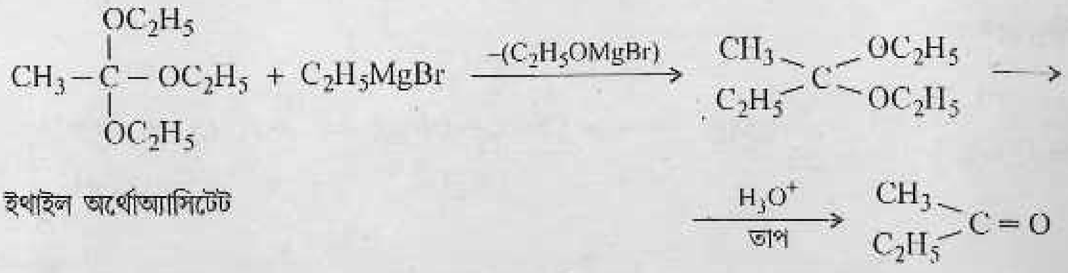


অর্থোফরমিক এস্টার ব্যতীত যে কোনো অর্থোএস্টারের সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রথমে কিটাল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কিটালে লঘু অ্যাসিড যোগ করে উত্তপ্ত করলে কিটোন পাওয়া যায়।




অর্থোঅ্যাসিড এস্টার

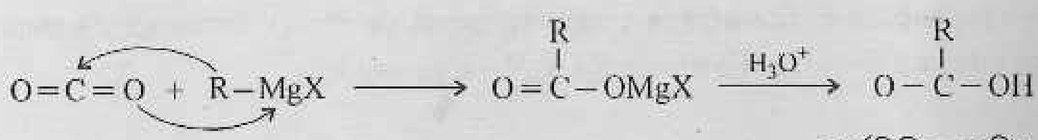
**উদাহরণ :**




ইথাইল অর্থোঅ্যাসিটেট

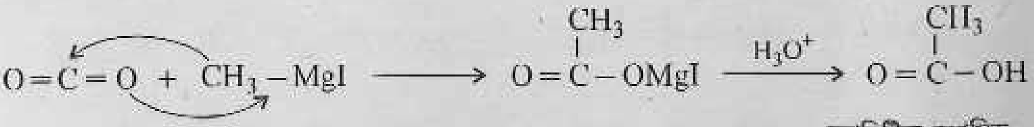
বিউটানোন

**(5) কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ :** গ্রিগনার্ড বিকারক ও কঠিন কার্বনডাইঅক্সাইডের (শুষ্ক বরফ) বিক্রিয়ায় কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড

**উদাহরণ :**



অ্যাসিটিক অ্যাসিড

**অনুশীলনী-2**

নিচের যৌগগুলি কীভাবে সংশ্লেষণ করবেন?

(i) $(CH_3)_2CHCOOH$; (ii) $C_6H_5COOH$

(6) **এস্টার সংশ্লেষণ ঃ** সম-মোল অনুপাতে ইথাইল ক্লোরোফরমেট ও গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া দ্বারা এস্টার প্রস্তুত করা হয়।

$$\underset{\text{ইথাইল ক্লোরোফরমেট}}{Cl-\overset{OC_2H_5}{\overset{|}{C}}=O} + R-MgX \longrightarrow Cl-\overset{OC_2H_5}{\overset{|}{\underset{\underset{R}{|}}{C}}}-OMgX \xrightarrow{H_3O^+} \left[Cl-\overset{OC_2H_5}{\overset{|}{\underset{\underset{R}{|}}{C}}}-O-H\right] \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \underset{\text{এস্টার}}{R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}=OC_2H_5}$$

**উদাহরণ ঃ**

$$\overset{Cl}{H_5C_2O}{>}C=O + CH_3MgI \longrightarrow Cl-\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{C}}}-OMgI \xrightarrow{H_3O^+} \left[Cl-\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{C}}}-O-H\right] \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3-\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{C}=O}$$

(7) **প্রাইমারি অ্যামিন সংশ্লেষণ ঃ** সক্রিয় হাইড্রোজেন যুক্ত যৌগ O- মিথাইল হাইড্রক্সিলঅ্যামিনের সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রাইমারি অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3O-NH-H + \overset{\delta-}{R}-\overset{\delta+}{MgX} \longrightarrow CH_3O-NHMgX + RH$$

$$CH_3O-\underset{\underset{H}{|}}{N}-MgX + \overset{\delta-}{R}-\overset{\delta+}{MgX} \longrightarrow CH_3OMgX + R-\underset{\underset{H}{|}}{N}-MgX$$

$$R-\underset{\underset{H}{|}}{N}-MgX \xrightarrow{H_3O^+} \underset{\text{প্রাইমারি অ্যামিন}}{RNH_2} + Mg(OH)X$$

উদাহরণ ঃ $CH_3O-NH_2 + CH_3MgCl \longrightarrow CH_3O-NH-MgCl + CH_4$

$$CH_3O-NH-MgCl + CH_3MgCl \longrightarrow CH_3OMgCl + CH_3NH-MgCl$$

$$CH_3NH-MgCl \xrightarrow{H_3O^+} \underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{CH_3NH_2} + Mg(OH)Cl$$

অনুশীলনী-3

নিচের বিক্রিয়ায় **A** থেকে **C** সনাক্ত করুন।

$$HCO_2C_2H_5 + A \longrightarrow B \xrightarrow{H_3O^+} C \xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) } CH_3MgI} CH_3CHOHCH_3$$

## 6.5 সারাংশ

- যে সমস্ত জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুর সাথে ধাতুর (M) পরমাণু সরাসরি যুক্ত (C – M) থাকে তাদের জৈব ধাতব যৌগ বলে। এদের মধ্যে অ্যালকিল বা অ্যারাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডগুলি (RMgX বা ArMgX) হলো গ্রিগনার্ড বিকারক।
- বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ইথার মাধ্যমে অ্যালকিল বা অ্যারাইল হ্যালাইড ও ম্যাগনেশিয়াম ধাতুর বিক্রিয়ায় গ্রিগনার্ড বিকারক তৈরি করা যায়।
- গ্রিগনার্ড বিকারকগুলি সক্রিয় হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগ যেমন জল, অ্যামোনিয়া, অ্যালকোহল, থায়োল প্রভৃতির সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে।
- গ্রিনার্ড বিকারকগুলি ($\overset{\delta-}{R}-\overset{\delta+}{Mg}X$) নিউক্লিওফাইলের কাজ করে। তাই কার্বোনিল মূলক ($>\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$) এ যুক্ত যৌগের সাথে বিক্রিয়া করে যুত-যৌগ ($>\underset{R}{\underset{|}{C}}-OMgX$) গঠন করে। এই যুত-যৌগগুলি অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল $>\underset{R}{\underset{|}{C}}-OH$ উৎপন্ন করে। এভাবে এস্টার ($>\underset{OR}{\underset{|}{C}}=O$) ও অ্যাসিড ক্লোরাইডের ($-\overset{Cl}{\overset{|}{C}}=O$) সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় কার্বোনিল যৌগ, অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাইঅক্সাইড (O = C = O) ও গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

## 6.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড একটি গ্রিগনার্ড বিকারক কিন্তু ম্যাগনেশিয়াম ইথক্সাইড নয় কেন ?
2. নিচের পরিবর্তনটি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

   $CH_3I$ থেকে $CH_3\,CH_2\,CH_2OH$
3. অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করার জন্য নিচে উল্লিখিত কোন্ পদ্ধতিটি অনুসরণ করা হয় ও কেন ?

   (i) ফরমিক এস্টারের মধ্যে গ্রিগনার্ড বিকারক যোগ করা হয়।

   (ii) গ্রিগনার্ড বিকারকের মধ্যে ফরমিক এস্টার যোগ করা হয়।
4. নিচের প্রথম বিক্রিয়ায় কার্বোনিল যৌগ এবং দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় গ্রিগনার্ড বিকারকের নাম ও গঠন লিখুন।

   (i) কার্বোনিল যৌগ $+ C_6H_5\,MgBr \xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) সংযোজন}} C_6H_5CH_2\,OH$

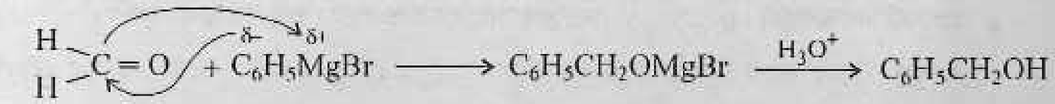
   (ii) $CH_3\,CH_2\,CHO +$ গ্রিগনার্ড বিকারক $\xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) সংযোজন}} CH_3CH_2CHOH\,CH_3$

## 6.7 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i)

(ii)

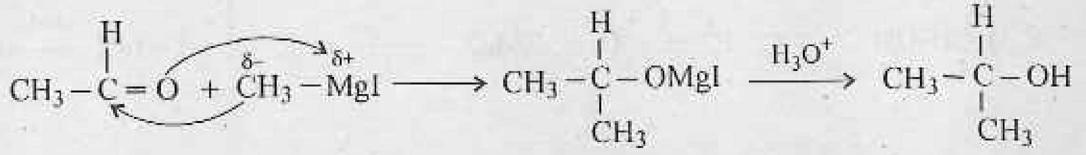


অনুশীলনী-2

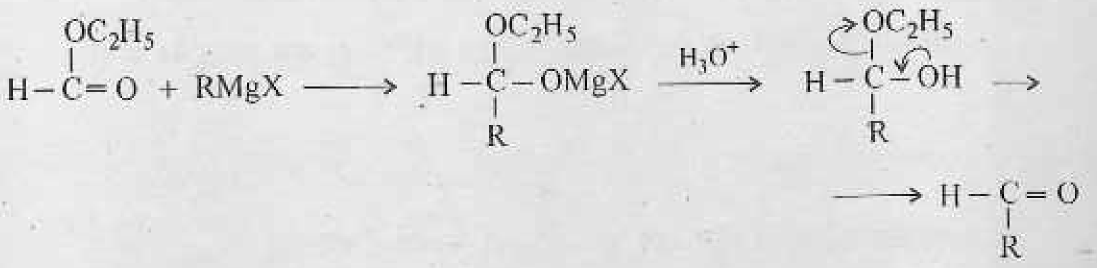
(i) $O{=}C{=}O + (CH_3)_2MgBr \xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) সংযোজন}} (CH_3)_2CHCOOH$

(ii) $O{=}C{=}O + C_6H_5MgBr \xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) সংযোজন}} C_6H_5COOH$

অনুশীলনী-3



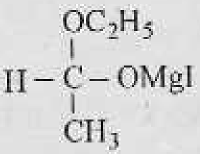
অতএব C হলো $CH_3CHO$



$R = CH_3$ হলে $CH_3-CHO$ হবে।

অতএব গ্রিগনার্ড বিকারক, $A = CH_3MgI$

B এর গঠন হলো :



সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) $CH_3-MgI$-এর মধ্যে C– Mg বন্ধন বর্তমান, তাই এটি গ্রিগনার্ড বিকারক কিন্তু $(C_2H_5O)_2Mg$ এর মধ্যে C – Mg বন্ধন নেই, তাই এটি গ্রিগনার্ড বিকারক নয়।

(2)

ইথিলিন অক্সাইড

(3) অ্যালকোহল যাতে উৎপন্ন না হয় বা যথাসম্ভব কম হয় তাই ফরমিক এস্টারের মধ্যে গ্রিগনার্ড বিকারক যোগ করা হয় যাতে এস্টার সর্বদাই অতিরিক্ত পরিমাণে থাকে।

(4) (i)

$$C_6H_5CH_2OH \Longrightarrow R'-\overset{R^2}{\overset{|}{C}}=O + RMgX \longrightarrow R'-\underset{R}{\underset{|}{\overset{R^2}{\overset{|}{C}}}}-OMgX \xrightarrow{H_3O^+} R'-\underset{R}{\underset{|}{\overset{R^2}{\overset{|}{C}}}}-OH$$

$R = C_6H_5$ হলে $R'-\underset{C_6H_5}{\underset{|}{\overset{R^2}{\overset{|}{C}}}}-OH$ $\quad R^1 = H$ এবং $R^2 = H$ হবে।

অর্থাৎ কার্বোনিল যৌগটির গঠন হবে $H-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O$ ফরম্যালডিহাইড।

(ii)

$$CH_3CH_2\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-OH \Longrightarrow CH_3CH_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}-OMgX \Longrightarrow CH_3CH_2-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O + RMgX$$

অর্থাৎ $R = CH_3$; গ্রিগনার্ড বিকারক হলো $CH_3MgX$ $(X = Cl, Br, I)$

অথবা $CH_3-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O + RMgX$

এক্ষেত্রে $R = CH_3CH_2$; গ্রিগনার্ড বিকারক হলো : $CH_3CH_2MgX$

$(X = Cl, Br, I)$

## B. অ্যালকোহল

## 6.8 প্রস্তাবনা

জলের অ্যালকিল জাতক বা হাইড্রোকার্বনের হাইড্রক্সিল জাতক সমূহকে অ্যালকোহল বলে।

$$\underset{\text{জল}}{H-O-H} \xrightarrow[\text{H প্রতিস্থাপন}]{\text{R দ্বারা}} \underset{\text{অ্যালকোহল}}{R-OH} \xrightarrow[\text{H প্রতিস্থাপন}]{\text{OH দ্বারা}} \underset{\text{হাইড্রোকার্বন}}{R-H}$$

অ্যালকোহলসমূহ মুক্তশৃঙ্খল বা বৃত্তীয় হতে পারে। $-OH$ মূলক যুক্ত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত অ্যালকিল মূলকের সংখ্যার ওপর ভিত্তি করে অ্যালকোহলকে প্রাইমারি সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি-এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। প্রতিস্থাপকের প্রকৃতি $-OH$ মূলকের রসায়ন পরিবর্ধিত করে। $-OH$ মূলকের পাঠ খুবই জরুরী কারণ প্রোটিন, নিউক্লিক অ্যাসিড, ও কার্বোহাইড্রেট প্রভৃতি প্রাণ অণুতে (biomolecule) $-OH$ মূলক বর্তমান থাকে। $-OH$ মূলকের উপস্থিতি এই প্রাণ অণুগুলিকে জলে দ্রবীভূত করতে সাহায্য করে যার ফলে প্রাণ রাসায়নিক বিক্রিয়া (biochemical reactions)সমসত্ত্ব জলীয় মাধ্যমে অতি সহজেই ঘটে থাকে। তাছাড়া অনেক কীটনাশক দ্রব্য, ভেষজ দ্রব্য, বিস্ফোরক পদার্থ প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুতিতে এবং দ্রাবক হিসাবে অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়।

### উদ্দেশ্য

এককের এই অংশটি পাঠ করে আপনি যে বিষয়ে সম্যক জ্ঞানলাভ করতে পারবেন সেগুলি হলো ঃ

- অ্যালকোহলের শ্রেণিবিভাগ
- অ্যালকোহলের প্রস্তুতিকরণ
- অ্যালকোহলের ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া
- প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলের পৃথকীকরণ
- অ্যালকোহলের বাণিজ্যিক ব্যবহার।

## 6.9 অ্যালকোহলের শ্রেণিবিভাগ

অ্যালফেটিক হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাদের অ্যালকোহল বলে।

অ্যালকোহলে উপস্থিত হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা অনুযায়ী অ্যালকোহলগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। যেমন, অ্যালকোহলের অণুতে একটি হাইড্রক্সিল মূলক (–OH) উপস্থিত থাকলে তাকে মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল বলে।

উদাহরণ ঃ $CH_3OH$ ; $CH_3CH_2OH$

মিথাইল অ্যালকোহল ইথাইল অ্যালকোহল

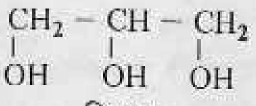
অ্যালকোহলের অণুতে দুটি হাইড্রক্সিল মূলক উপস্থিত থাকলে তাকে ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল বলে।

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$$

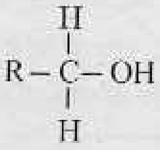
ইথিলিন গ্লাইকল

অ্যালকোহলের অণুতে তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক উপস্থিত থাকলে তাকে ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল বলে।

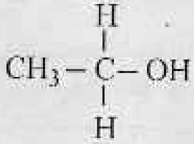
উদাহরণ ঃ 

গ্লিসারল

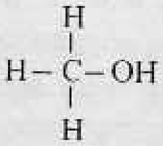
একাধিক $-OH$ মূলকযুক্ত অ্যালকোহলকে পলিহাইড্রিক অ্যালকোহল বলে।



প্রাইমারি অ্যালকোহল



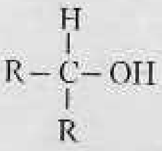
ইথাইল অ্যালকোহল



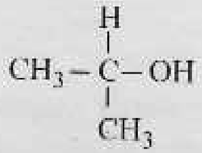
মিথাইল অ্যালকোহল

মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলগুলিকে পুনরায় প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহল-এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে।

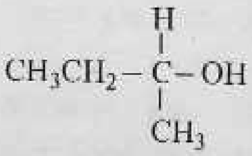
অ্যালকোহলের $-OH$ মূলকযুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে কমপক্ষে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকলে



সেকেন্ডারি অ্যালকোহল



আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

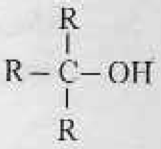


বিউটান-2-অল

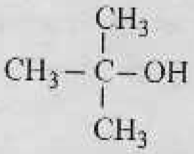
তাকে প্রাইমারি অ্যালকোহল বলে। যেমন, $RCH_2OH$

অর্থাৎ প্রাইমারি অ্যালকোহলে $-CH_2OH$ মূলক বর্তমান থাকে।

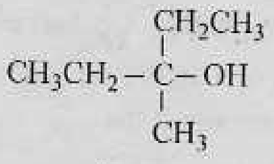
অ্যালকোহলের $-OH$ মূলক যুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকলে



টারসিয়ারি অ্যালকোহল



টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল



3-মিথাইল-পেন্টান-3-অল

তাকে সেকেন্ডোরি অ্যালকোহল বলে। যেমন, $R_2CHOH$

অর্থাৎ সেকেন্ডারি অ্যালকোহলে $-CHOH$ মূলক বর্তমান থাকে।

আবার অ্যালকোহলের $-OH$ গ্রুপ যুক্ত কার্বন পরমাণুতে যদি কোন হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত না থাকে তখন তাকে টারসিয়ারি অ্যালকোহল বলে। যেমন, $R_3COH$

অর্থাৎ টারসিয়ারি অ্যালকোহলে $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH$ মূলক বর্তমান থাকে।

অনুশীলনী-1

নিচের যৌগগুলির গঠন লিখুন এবং কোন শ্রেণির অ্যালকোহল বলুন।

(i) বিউটান-2- অল; (ii) 2- মিথাইল—প্রোপান-2-অল; (iii) 2,2- ডাইমিথাইল—প্রোপান-1- অল; (iv) 2- মিথাইল—বিউটান-1- অল;

---

## 6.10 অ্যালকোহল সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

(1) অ্যালকিনের সাথে জল সংযোজন ঃ শীতল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে অ্যালকিনকে পরিচালনা করলে অ্যালকিলহাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে জল দিয়ে লঘু করে উত্তপ্ত করলে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং অ্যালকিনের সম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় যেমন,

$$>C=C< \; + \; HOSO_2OH \longrightarrow >\underset{H}{\underset{|}{C}}-\underset{OSO_3H}{\underset{|}{C}}< \xrightarrow[\Delta]{H_2O} >\underset{H}{\underset{|}{C}}-\underset{OH}{\underset{|}{C}}<$$

অ্যালকিন — সালফিউরিক অ্যাসিড — অ্যালকিল হাইড্রোজেন সালফেটন — অ্যালকোহল

এই পদ্ধতিতে তিন শ্রেণিরই অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়।

(i) **প্রাইমারি অ্যালকোহল ঃ**

ইথিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_2=CH_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3\underset{OSO_3H}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3CH_2OH$$

ইথিলিন — ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট — ইথাইল অ্যালকোহল

(ii) **সেকেন্ডারি অ্যালকোহল ঃ**

প্রোপিলিন থেকে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3CH=CH_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3\underset{OSO_3H}{\underset{|}{C}}HCH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3\underset{OH}{\underset{|}{C}}HCH_3$$

প্রোপিলিন — আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

(iii) **টারসিয়ারি অ্যালকোহল ঃ**

আইসোবিউটিন থেকে টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle OSO_3H}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$$

আইসোবিউটিন — টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল

(2) অ্যালকিল হ্যালাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ

অ্যালকিল হ্যালাইডকে ক্ষারের লঘু জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিল হ্যালাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। যেমন,

$$RX + KOH \longrightarrow ROH + KX \quad (X = Cl, Br, I)$$

উদাহরণ ঃ

(i) $CH_3CH_2I + KOH \longrightarrow CH_3CH_2OH + KI$

ইথাইল আয়োডাইড — ইথাইল অ্যালকোহল

(ii) $CH_3CH_2CH_2Br + NaOH \longrightarrow CH_3CH_2CH_2OH + NaBr$

n-প্রোপাইল ব্রোমাইড — n-প্রোপাইল অ্যালকোহল

(iii) $C_6H_5CH_2Cl + NaOH \longrightarrow C_6H_5CH_2OH + NaCl$

বেঞ্জাইল ক্লোরাইড — বেঞ্জাইল অ্যালকোহল

(3) এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ ক্ষার সহযোগে এস্টারকে উত্তপ্ত করলে এস্টার আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। যেমন,

$$R\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-OR' + NaOH \longrightarrow R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-ONa + R'OH$$

উদাহরণ ঃ

$$CH_3\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-OC_2H_5 + NaOH \longrightarrow CH_3\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-ONa + C_2H_5OH$$

ইথাইল অ্যাসিটেট — সোডিয়াম অ্যাসিটেট — ইথাইল অ্যালকোহল

(4) কার্বোনিল যৌগের বিজারণ ঃ অ্যালডিহাইড ও কিটোনের বিজারণ দ্বারা সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহল পাওয়া যায়। অ্যালডিহাইড প্রাইমারি অ্যালকোহল এবং কিটোন সেকেন্ডারি অ্যালকোহল দেয়। বিজারক দ্রব্য হিসাবে সোডিয়াম/পারদ সংকর ও জল, সোডিয়াম/ইথানল, $H_2/Ni$, লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$), সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড ($NaBH_4$) ব্যবহৃত হয়। যেমন,

$$\underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow{2[H]} \underset{\text{প্রাইমারি অ্যালকোহল}}{RCH_2OH}$$

$$\underset{\text{কিটোন}}{R_2CO} \xrightarrow{2[H]} \underset{\text{সেকেন্ডারি অ্যালকোহল}}{R_2CHOH}$$

উদাহরণ ঃ

$$\text{(i) } \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল (1°)}}{CH_3CH_2OH}$$

$$\text{(ii) } \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} \xrightarrow[Ni]{H_2} \underset{\text{আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল (2°)}}{CH_3CHOHCH_3}$$

(5) **গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে ঃ** গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি—এই তিন ধরনের অ্যালকোহলই প্রস্তুত করা যায়। যেমন,

$$>C=O + RMgX \longrightarrow -\underset{R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-OMgX \xrightarrow[\Delta]{H_2O} \underset{\text{অ্যালকোহল}}{-\underset{R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-OH} + Mg(OH)X$$

এ সম্পর্কে একক 6 এর 6.4 অংশে অ্যালকোহলের সংশ্লেষণ দেখুন।

(6) **এস্টারের বিজারণ ঃ** এস্টারকে Na/ অ্যালকোহল, $LiAlH_4$ বা কপার ক্রোমাইট অনুঘটক/$H_2$ দ্বারা বিজারিত করলে দুটি অ্যালকোহল পাওয়া যায়। যেমন,

$$R^1COOR^2 \xrightarrow{4[H]} R^1CH_2OH + R^2OH$$

**অনুশীলনী-2**

নিচের বিক্রিয়ায় A থেকে D সনাক্ত করুন।

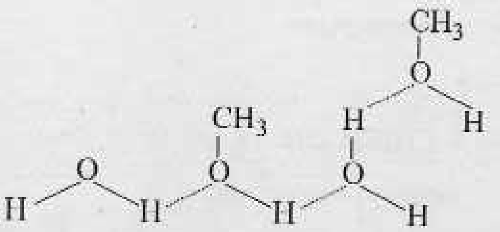
$$CH_3OH \xrightarrow[I_2]{\text{লাল P}} A \xrightarrow[\text{ইথার}]{Mg} B \xrightarrow{HCHO} C \xrightarrow{H_3O^+} D$$

## 6.11 অ্যালকোহলের ভৌতধর্ম

অ্যালকোহলসমূহ প্রশম জৈব যৌগ। অপেক্ষাকৃত কম আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট অ্যালকোহলসমূহ বর্ণহীন তরল এবং এদের বিশিষ্ট গন্ধ আছে।

কম আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অ্যালকোহলসমূহ যেমন মিথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যালকোহল,

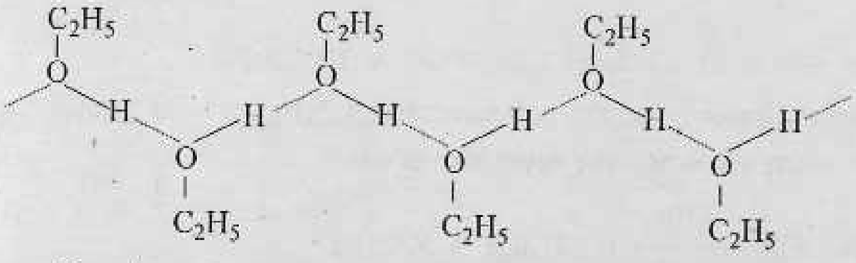
প্রোপাইল অ্যালকোহল ইত্যাদি জলের সাথে যে কোনো অনুপাতে মিশ্রিত হতে পারে। অ্যালকোহলের –OH মূলকের অক্সিজেন পরমাণুর সাথে জলের হাইড্রোজেন পরমাণুর হাইড্রোজেন বন্ধন গঠিত হয় বলে অ্যালকোহলগুলি জলে দ্রাব্য।



অ্যালকোহলগুলির আণবিক গুরুত্ব বাড়ার সাথে সাথে জলে অ্যালকোহলের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। এক্ষেত্রে – OH মূলক অপেক্ষা হাইড্রোকার্বন অংশের প্রাধান্য বেশি হওয়ার ফলে – OH মূলকের হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করার প্রবণতা কমে যায়।

উদাহরণ ঃ n- হেপ্টাইল অ্যালকোহল, সেকেন্ডারি বিউটাইল অ্যালকোহল ইত্যাদি।

অ্যালকোহলের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে পরস্পর সংযোজিত হয়ে বৃহৎ অণু গঠন করে এবং এগুলি উচ্চ আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট প্রাপ্ত হয়। ফলে অ্যালকোহলের আণবিক গুরুত্ব অণুযায়ী যে স্ফুটনাঙ্ক হওয়া উচিত ছিল তা থেকে বেশি হয়।



আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে ইথাইল অ্যালকোহল অণুর সংগুণিত গঠন

## 6.12 প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্য

(a) **জারণের সাহায্যে ঃ** (i) প্রশম বা ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের সাহায্যে জারণের মাধ্যমে তিন শ্রেণির অ্যালকোহলকে পৃথক করা যায়।

প্রাইমারি অ্যালকোহল জারিত হয়ে সম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড বা অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{প্রাইমারি অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

সেকেন্ডারি অ্যালকোহল জারিত হয়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কিটোনে পরিণত হয়।

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3COCH_3$$

সেকেন্ডারি অ্যালকোহল — কিটোন

টারসিয়ারি অ্যালকোহল সহজে জারিত হয় না।

অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সাথে অ্যালডিহাইড কালো অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। কিন্তু কিটোন করে না। সোডিয়াম বাইকার্বোনেটের সাহায্যে উৎপন্ন অ্যাসিডও সনাক্ত করা যায়।

এভাবে উৎপন্ন জারিত পদার্থগুলি সনাক্ত করে প্রাইমারি সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহল চিহ্নিত করা সম্ভব।

(ii) অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন বিযুক্তিকরণ দ্বারাও অ্যালকোহলের জারণ সম্ভব। এই পরীক্ষায় অ্যালকোহলের বাষ্পকে 300° সে.-এ উত্তপ্ত কপার অনুঘটকের ওপর দিয়ে চালনা করা হয়।

প্রাইমারি অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CH_2\,OH \xrightarrow[\text{300° সে}]{\text{Cu অনুঘটক}} CH_3CHO + H_2$$

অ্যাসিটাল-ডিহাইড

সেকেন্ডারি অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে কিটোন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CHOHCH_3 \xrightarrow[\text{300° সে}]{\text{Cu অনুঘটক}} CH_3COCH_3 + H_2$$

অ্যাসিটোন

টারসিয়ারি অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে অ্যালকোহলের অণু থেকে এক অণু জল অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow[\text{300° সে.}]{\text{Cu অনুঘটক}} CH_2=C\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} + H_2O$$

এক্ষেত্রে জারিত পদার্থগুলি সনাক্ত করে অ্যালকোহলগুলি চিহ্নিত করা যায়।

**লুকাস পরীক্ষা (Lucas test) :** অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে লুকাস বিকারক (Lucas reagent) বলে। এই বিকারকের সাহায্যে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলের পার্থক্য করা যায়। টারসিয়ারি অ্যালকোহলকে লুকাস বিকারক দিয়ে ঝাঁকালে সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া করে দ্রবণটি ঘোলাটে হয়ে যায়। সেকেন্ডারি অ্যালকোহলকে লুকাস বিকারক দিয়ে ঝাঁকালে বিক্রিয়াটি অপেক্ষাকৃত ধীরে ঘটে এবং প্রায় দু তিন মিনিট পরে দ্রবণটি ঘোলাটে হয়। প্রাইমারি অ্যালকোহল সাধারণ অবস্থায় বিক্রিয়া করে না।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ অনার্দ্র $ZnCl_2$ এর উপস্থিতিতে অ্যালকোহল ও HCl-এর বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$R{-}OH + HCl \xrightarrow[ZnCl]{\text{অনার্দ্র}} RCl + H_2O$$

উৎপন্ন অ্যালকিল ক্লোরাইড ও আংশিক অপরিবর্তিত অ্যালকোহল অবিমিশ্রিত অবস্থায় থাকে বলে দ্রবণ ঘোলাটে হয়।

টারসিয়ারি অ্যালকোহল সবচেয়ে দ্রুত বিক্রিয়া করে তারপর যথাক্রমে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল এবং সবশেষে প্রাইমারি অ্যালকোহল বিক্রিয়া করে।

এভাবে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলকে চিহ্নিত করা যায়।

## 6.13 অ্যালকোহলের রাসায়নিক বিক্রিয়া

(1) ধাতুর সাথে বিক্রিয়া ঃ

অ্যালকোহল ও তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর (যেমন Na, K, Mg, Al, Zn) বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় এবং অ্যালকক্সাইড গঠিত হয়।

(i) $2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3CH_2\bar{O}\overset{+}{Na} + H_2$

ইথাইল অ্যালকোহল — সোডিয়াম ইথক্সাইড

(ii) $2(CH_3)_3COH + 2K \longrightarrow 2(CH_3)_3C\bar{O}\overset{+}{K} + H_2$

পটাশিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইড

(iii) $$6\ (CH_3)_2CHOH + 2Al \longrightarrow 2\left[(CH_3)_2CHO\right]_3Al + 3H_2$$

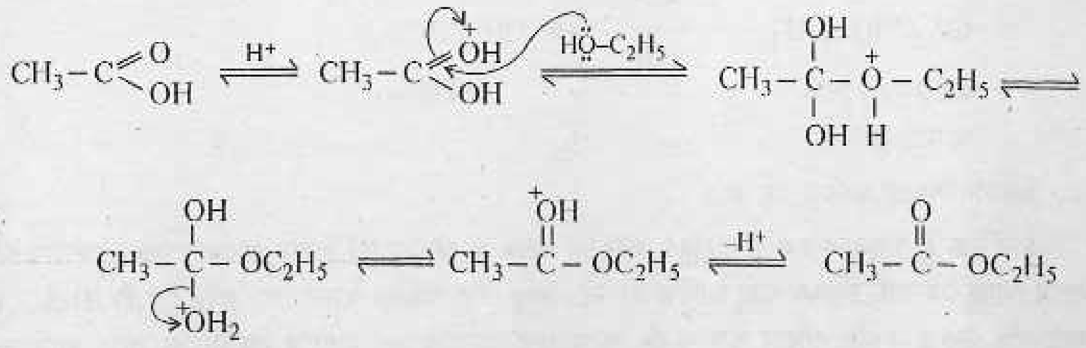
অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপক্সাইড

(2) এস্টারীকরণ ঃ স্বল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহল ও কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \xrightleftharpoons{H^+} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

ইথাইল অ্যালকোহল — অ্যাসিটিক অ্যাসিড — ইথাইল অ্যাসিটেট

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ



(3) জারণ ঃ যে জারকদ্রব্যগুলি সাধারণত প্রয়োগ করা হয় সেগুলি হলোঃ প্রশম বা ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), প্রশম বা ক্ষারীয় পটাশিয়াম বা সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) বা ($Na_2Cr_2O_7$) বা ক্রোমিক অ্যাসিড ($H_2CrO_4$)। বিশেষ ক্ষেত্রে কলিনস্ বিকারক (Collins reagent) ব্যবহার করা হয়। কলিনস্ বিকারক হলো ক্রোমিয়াম ট্রাই অক্সাইড, পিরিডিন ও HCl এর (N: $CrO_3 \cdot HCl$) জটিল যৌগ।

অ্যালকোহলের সাধারণ অবস্থায় জারণের ফলে কী যৌগ উৎপন্ন হবে তা নির্ভর করে অ্যালকোহলটি কোন্ শ্রেণীর তার ওপর। প্রাইমারি অ্যালকোহল ও সেকেন্ডারি অ্যালকোহল প্রথমে জারিত হয়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বোনিল যৌগে পরিণত হয়। টারসিয়ারি অ্যালকোহলের – OH মূলক যুক্ত কার্বন পরমাণুতে কোন হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত না থাকায় এটি সহজে জারিত হয় না।

প্রাইমারি অ্যালকোহল ঃ

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{[O]}]{\text{জারণ}} CH_3CHO$$

ইথাইল অ্যালকোহল — অ্যাসিট্যালডিহাইড

একে পুনরায় জারিত করলে অ্যাসিডে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে উভয় যৌগে একই সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে।

$$CH_3CHO \xrightarrow[\text{[O]}]{\text{জারণ}} CH_3COOH$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড

কলিনস্ বিকারক ব্যতীত অন্য যে কোনো জারক দ্রব্যের দ্বারা প্রাইমারি অ্যালকোহল অ্যাসিডে পরিণত হয়।

একমাত্র কলিনস্ বিকারক প্রাইমারি অ্যালকোহলকে অ্যালডিহাইডে পরিণত করে।

সেকেন্ডারি অ্যালকোহল ঃ

$$\underset{\text{আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CHOHCH_3} \xrightarrow[\text{[O]}]{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3}$$

কিটোন সহজে জারিত হয় না।

টারসিয়ারি অ্যালকোহল ঃ সাধারণ অবস্থায় প্রশম বা ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ক্ষারীয় বা প্রশম সোডিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা জারিত হয় না। কিন্তু তীব্র আম্লিক জারক দ্রব্য ($Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4$) সহযোগে উত্তপ্ত করলে প্রথমে কম কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকিনের মাধ্যমে কিটোন ও পরে অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল}}{CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-OH} \xrightarrow[H_2SO_4]{-H_2O} CH_2=C\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \xrightarrow[\text{[O]}]{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} C=O}$$

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} C=O \xrightarrow[\text{[O]}]{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + CO_2 + H_2O$$

(4) **হ্যালোজেন ও ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া ঃ**

$RCHOHCH_3$ প্রকৃতির অ্যালকোহল ($R = H$ হলে প্রাইমারি অ্যালকোহল এবং $R =$ অ্যালকিল মূলক হলে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল) হ্যালোজেন, $X_2$ ($X = Cl, Br, I$) এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে হ্যালোফর্ম ($CHX_3$) গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া বলে।

$$RCHOHCH_3 \xrightarrow[\text{জারণ}]{X_2/KOH} RCOCH_3 \xrightarrow{X_2/KOH} RCOCX_3 \xrightarrow{KOH} CHX_3 + RCOOK$$

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{অইসোপ্রোপেইল অ্যালকোহল}}{CH_3CHOHCH_3} \xrightarrow[\text{[O]}]{I_2/KOH} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} \xrightarrow{I_2/KOH} CH_3COCl_3 \xrightarrow{KOH} \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3} + CH_3COOK$$

(5) **অ্যালকিল হ্যালাইডের গঠন ঃ** থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$), ফসফরাস পেন্টোক্লোরাইড

($PCl_5$), ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইড ($PBr_3$) প্রভৃতি বিকারক অ্যালকোহলকে অ্যালকিল হ্যালাইডে পরিণত করে।

একক 5 এর 5.3 অংশ দেখুন।

(6) **নিরুদন (Dehydration)** ঃ স্বল্প পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলকে উত্তপ্ত করলে বা অ্যালকোহলের বাষ্প উত্তপ্ত অ্যালুমিনার ($Al_2O_3$) ওপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অ্যালকোহল থেকে জল অপনীত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$R-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow[\text{তাপ}]{-H_2O} \underset{\text{অ্যালকিন}}{R-CH=CH_2}$$

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3\,CH_2\,OH} \xrightarrow[170^\circ\ \text{সে.}\ (-H_2O)]{\text{গাঢ়}\ H_2SO_4} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2}$$

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow[100^\circ\ \text{সে.}\ (-H_2O)]{\text{মধ্যম গাঢ়}\ H_2SO_4} \underset{\text{বিউট-2-ইন}}{CH_3CH=CH-CH_3}$$

সেকেন্ডারি বিউটাইল অ্যালকোহল

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow[85^\circ\ \text{সে.}\ (-H_2O)]{\text{লঘু}\ H_2SO_4} CH_2=C\begin{matrix}\diagup CH_3\\ \diagdown CH_3\end{matrix}$$

টারসিয়ারি বিউটা-
ইল অ্যালকোহল

আইসোবিউটিন

**বিক্রিয়া-কৌশল** ঃ অ্যালকোহলের -- OH মূলকের O পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় অ্যাসিডের প্রোটনের ($H^+$) সাথে যুক্ত হয়ে ধনাত্মক আধানযুক্ত অক্সোনিয়াম (oxonium) আয়ন গঠিত হয়। এটি ভেঙে গিয়ে অ্যালকিল ক্যাটায়ন ও জল সৃষ্টি হয়। অ্যালকিল ক্যাটায়ন হাইড্রোজেন সালফেট অ্যানায়নের সাথে যুক্ত হয়ে মধ্যবর্তী যৌগ অ্যালকিল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। এটি ভেঙে গিয়ে অ্যালকিন তৈরি করে।

$$CH_3CH_2-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}H \underset{\text{দ্রুতগতি}}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{অক্সোনিয়াম আয়ন}}{CH_3CH_2-\overset{+}{O}H_2}$$

$$CH_3CH_2-\overset{+}{O}H_2 \underset{-H_2O}{\overset{\text{ধীরগতি}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{ইথাইল ক্যাটায়ন}}{CH_3\overset{+}{C}H_2} + H_2O$$

$$CH_3\overset{+}{C}H_2 + H\overset{-}{SO_4} \rightleftharpoons CH_3CH_2-OSO_3H$$

$$H-CH_2-CH_2-OSO_3H \rightleftharpoons CH_2=CH_2 + H_2SO_4$$

টারসিয়ারি অ্যালকোহল অতি সহজেই জল পরিত্যাগ করে অ্যালকিনে পরিণত হয়। এরপর সেকেন্ডারি অ্যালকোহল এবং তারও পরে প্রাইমারি অ্যালকোহল।

অর্থাৎ $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ অ্যালকোহল

(7) গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে বিক্রিয়া ঃ

অ্যালকোহলে সক্রিয় হাইড্রোজেনের উপস্থিতির ফলে এগুলি গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকেন এবং অ্যালক্সি ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

$$RMgX + R-OH \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকেন}}{RH} + Mg(OR)X$$

উদাহরণ ঃ $CH_3MgBr + C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + Mg(OC_2H_5)Br$

অনুশীলনী-3

(1) নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন।

(i) $(CH_3)_3COH + HCl \longrightarrow$

(ii) $C_2H_5OH + CH_3MgI \longrightarrow$

(2) 3- মিথাইল -বিউটান - 2- অলের নিরুদনে দুটি অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। অ্যালকিন দুটির গঠন লিখুন।

## 6.14 সারাংশ

- অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাদের অ্যালকোহল বলে।
- হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যার ওপর ভিত্তি করে অ্যালকোহলগুলিকে মনোহাইড্রিক, ডাইহাইড্রিক, ট্রাইহাইড্রিক ইত্যাদি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলসমূহকে আবার প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকোহলে ভাগ করা হয়। প্রাইমারি অ্যালকোহলে—$CH_2OH$, সেকেন্ডারি অ্যালকোহলে $-\underset{|}{C}HOH$ এবং টারসিয়ারি অ্যালকোহলে $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH$ মূলক উপস্থিত থাকে।
- অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিন ও জলের বিক্রিয়ায় তিন ধরনের অ্যালকোহল উৎপন্ন

করা যায়। অ্যালকিল হ্যালাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারাও অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়.। এছাড়া এস্টারের আর্দ্রবিশ্লেষণ ও বিজারণ,কার্বোনিল যৌগের বিজারণ করলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়। আবার গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যেও তিন প্রকারের অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়।

- অ্যালকোহলগুলি জলের সাথে এবং নিজেদের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন রচনা করে। ফলে অ্যালকোহলগুলি জলে দ্রাব্য এবং স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।
- সাধারণ অবস্থায় প্রাইমারি অ্যালকোহল জারণের ফলে প্রথমে সম সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড ও পরে সম সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যাসিডে পরিণত হয়। সেকেন্ডারি অ্যালকোহল জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট কিটোনে পরিণত হয়। টারসিয়ারি অ্যালকোহল সহজে জারিত হয় না।
- লুকাস বিকারকের (অনার্দ্র $ZnCl_2$ ও গাঢ় $HCl$ ) সাহায্যে তিন শ্রেণির অ্যালকোহলকে সনাক্ত করা যায়।
- অ্যালকোহলগুলি কতিপয় ধাতুর সাথে অ্যালকক্সাইড গঠন করে। অ্যাসিডের উপস্থিতিতে কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়। নিরুদনে অ্যালকিন তৈরি হয়, থায়োনিল ক্লোরাইড ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ইত্যাদি যৌগের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড ও গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয়।

## 6.15 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. নিচের পরিবর্তনগুলি কীভাবে সম্পন্ন করবেন ?

   (i) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ থেকে $CH_3CH_2CHOHCH_3$

   (ii) $CH_3CH_2CH_2OH$ থেকে $CH_3CH_2OH$

   (iii) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2CH_2OH$ থেকে $(CH_3)_3COH$

2. নিচের অ্যালকোহলগুলির মধ্যে কোন্‌টি লুকাস বিকারকের সাথে দ্রুতহারে বিক্রিয়া করে ঘোলাটে হয়ে যাবে ?

   n-বিউটানল, বিউটান-2-অল, 2-মিথাইল-প্রোপান-1-অল, 2-মিথাইল-প্রোপান-2- অল

3. নিচের জোড়গুলির মধ্যে কীভাবে পার্থক্য নিরুপণ করবেন ?

   (i) বিউটান-2-অল, এবং 2-মিথাইল-প্রোপান-2-অল

   (ii) বিউটান-1-অল, এবং বিউটান-2-অল

4. আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলকে নিরুদিত করলে কী দুটি জৈব যৌগ পাওয়া সম্ভব ? সম্ভব হলে উৎপন্ন পদার্থের গঠন ও কারণ লিখুন।

## 6.16 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) $\begin{array}{l} CH_3CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}H}\,CH_3 \end{array}$ সেকেন্ডারি অ্যালকোহল

(ii) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-OH$ টারসিয়ারি অ্যালকোহল

(iii) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2OH$ প্রাইমারি অ্যালকোহল

(iv) $CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H}-CH_2OH$ প্রাইমারি অ্যালকোহল

অনুশীলনী-2

$A = CH_3I$, $B = CH_3MgI$, $C = CH_3CH_2OMgI$, $D = CH_3CH_2OH$

অনুশীলনী-3

1.(i) $(CH_3)_3CCl + H_2O$

(ii) $CH_4 + Mg(OC_2H_5)I$

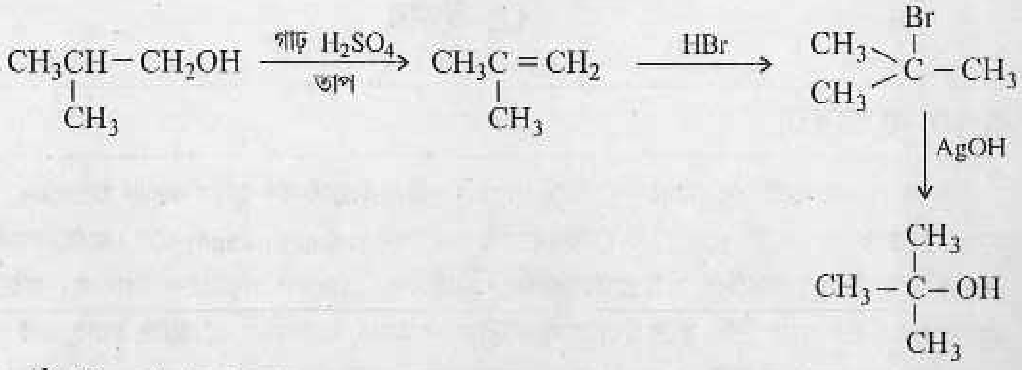
2. $(CH_3)_2CH-CH=CH_2$ এবং $(CH_3)_2C=CH-CH_3$

**সর্বশেষ প্রশ্নাবলি**

1.(i) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH_2CH{=}CH_2 \xrightarrow[H_2O]{H^{\oplus}} CH_3CH_2CHOHCH_3$

(ii) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3CH=CH_2 \xrightarrow[(2)\ Zn/HOAc]{(1)\ O_3} HCHO + CH_3CHO$

$CH_3CHO \xrightarrow{LiAlH_4/\text{ইথার}} CH_3CH_2OH$

(iii) 


2. 2- মিথাইল-প্রোপান-2- অল

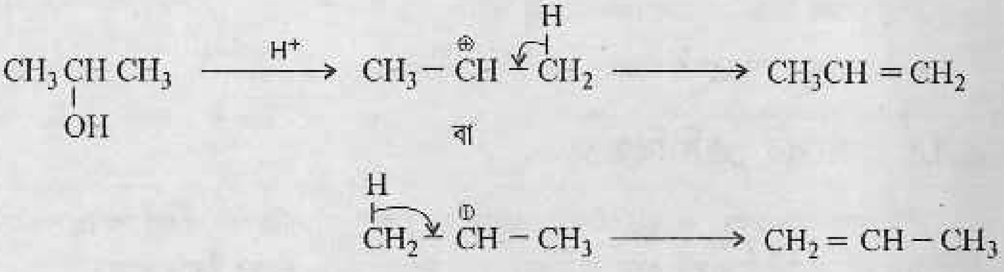
3. (i) $I_2$ ও ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় বিউটান—2 অল হলুদবর্ণের আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে কিন্তু 2- মিথাইল-প্রোপান-2-অল আয়োডোফর্ম দেয় না।

বা লুকাস বিকারকের সাথে 2-মিথাইল—প্রোপান-2-অল যোগ করলে দ্রবণ তাড়াতাড়ি ঘোলাটে হয়ে যায় কিন্তু বিউটান-2-অল প্রায় 5 মিনিট দেরিতে ঘোলাটে হয়।

3. (ii) বিউটান-2-অল ক্ষার ও আয়োডিনের সাথে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম তৈরি করে কিন্তু বিউটান-1-অল করে না।

4. সম্ভব নয়।

কারণ, নিরুদনের সময় – OH মূলক যুক্ত কার্বনের সন্নিহিত কার্বন থেকে H পরমাণু অপসারিত হয়।




উৎপন্ন যৌগ দুটি একই।

# C. ইথার

## 6.17 প্রস্তাবনা

ইথার বলতে সেই সব যৌগকে বোঝায় যেখানে দুটি হাইড্রোকার্বন মূলক একটি অক্সিজেন পরমাণুর মাধ্যমে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ C – O – C বন্ধনকে ইথার বন্ধন (ether linkage) বলে। হাইড্রোকার্বন মূলক বলতে অ্যালকিল, অ্যারাইল, সাইক্লোঅ্যালকিল, অ্যালাইল, বেঞ্জাইল প্রভৃতিকে বোঝায়। হাইড্রোকার্বন মূলকের প্রকৃতির ওপর ভিত্তি করে ইথারগুলি ডাইইথাইল ইথার, অ্যালকিল অ্যারাইল ইথার, ডাই অ্যারাইল ইথার, অ্যালাইল অ্যারাইল ইথার প্রভৃতিতে ভাগ করা যায়। ডাইইথাইল ইথারকে সাধারণভাবে ইথার বলে। ইথার খুবই দাহ্য। চেতনানাশক পদার্থ হিসাবে ইথারের ব্যবহার আছে। দ্রাবক হিসাবেও ইথার ব্যবহৃত হয়। টেট্রাহাইড্রোফিউরান (THF) সাধারণভাবে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত একটি বৃত্তীয় ইথার যৌগ। সামুদ্রিক জীব থেকে প্রাপ্ত আরও একটি বহু-বৃত্তীয় ইথার (polyether) হলো "ব্রিভিটক্সিন বি (Brevetoxin B)"। এটি একটি বিষাক্ত যৌগ।

### উদ্দেশ্য

এককের এই অংশটি পাঠ করলে আপনারা যেগুলি করতে পারবেন সেগুলি হলো :

- ইথার কাকে বলে এবং তাদের গঠন,
- মুক্তশৃঙ্খল ইথারের প্রস্তুতিকরণ পদ্ধতি,
- ইথারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বর্ণনা,
- ইথারের বাণিজ্যিক ব্যবহার।

## 6.18 ইথারের শ্রেণিবিভাগ

দুটি অ্যালকিল মূলক বা দুটি অ্যারাইলমূলক বা একটি অ্যালকিল ও একটি অ্যারাইল মূলক একটি অক্সিজেন পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে যে সকল যৌগ উৎপন্ন করে তাদের ইথার বলে।

ইথারের সাধারণ সংকেত R – O – R' যেখানে R এবং R' অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলক।

ইথারের অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলক দুটি একই হলে তাকে সরল ইথার বলে। আবার অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলক দুটি ভিন্ন হলে মিশ্র ইথার বলে। যেমন,

সরল ইথার :

$CH_3 - O - CH_3$ ; $C_2H_5 - O - C_2H_5$

ডাইমিথাইল ইথার ; ডাইইথাইল ইথার

মিশ্র ইথার :

$CH_3-O-C_2H_5$ ; $CH_3-O-C_3H_7$ ; $C_6H_5-O-CH_3$

ইথাইল মিথাইল ইথার ; মিথাইল n- প্রোপাইল ইথার ; অ্যানিসোল

## 6.19 ইথার সংশ্লেষণ

উইলিয়ামসনের ইথার সংশ্লেষণ (Williamson's ether synthesis) : ইথার সংশ্লেষণের জন্য এটি একটি সাধারণ এবং উৎকৃষ্ট পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম বা পটাশিয়াম অ্যালকক্সাইড এবং অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় ইথার প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে সরল ও মিশ্র উভয় প্রকার ইথারই প্রস্তুত করা যায়।

$$R-\bar{O}\overset{+}{Na} + XR' \longrightarrow R-O-R' + NaX$$

সোডিয়াম অ্যালকক্সাইড ; অ্যালকিল হ্যালাইড ; ইথার ; সোডিয়াম হ্যালাইড

বিক্রিয়া-কৌশল : উইলিয়ামসনের ইথার সংশ্লেষন একটি $S_N2$ নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। অ্যালকক্সাইড আয়ন, $R-\bar{O}$ নিউক্লিওফাইল হিসাবে কাজ করে।

$$R-\overset{\ominus}{O} + R'-X \longrightarrow R-O-R' + \bar{X}$$

সরল ইথার : (i) সোডিয়াম মিথক্সাইড ও মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ডাইমিথাইল ইথার উৎপন্ন হয়।

$$CH_3ONa + CH_3I \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} CH_3OCH_3 + NaI$$

সোডিয়াম মিথক্সাইড ; মিথাইল আয়োডাইড ; ডাইমিথাইল ইথার

বিক্রিয়া-কৌশল : $CH_3\overset{\ominus}{O} + CH_3-I \longrightarrow CH_3-O-CH_3 + \overset{\ominus}{I}$

(ii) সোডিয়াম ইথক্সাইড ও ইথাইল আয়োডাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করলে ডাইইথাইল ইথার উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5\bar{O}\overset{+}{Na} + C_2H_5I \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} C_2H_5-O-C_2H_5 + NaI$$

সোডিয়াম ইথক্সাইড ; ইথাইল আয়োডাইড ; ডাইইথাইল ইথার

বিক্রিয়া-কৌশল ঃ

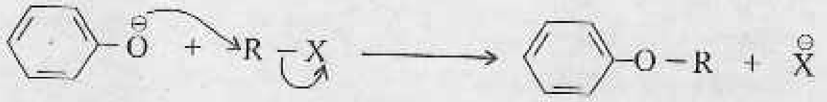
$$C_2H_5\overset{\ominus}{O} + \underset{CH_2}{\overset{CH_3}{|}} - I \longrightarrow C_2H_5-O-CH_2-CH_3 + I^-$$

মিশ্র ইথার ঃ (i) সোডিয়াম ইথক্সাইড ও মিথাইল আয়োডাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে ইথাইল মিথাইল ইথার উৎপন্ন হয়।

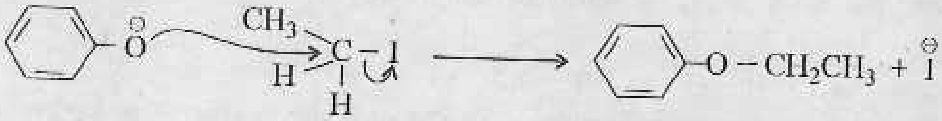
$$C_2H_5\bar{O}\overset{+}{Na} + CH_3I \longrightarrow C_2H_5-O-CH_3 + NaI$$

সোডিয়াম ইথক্সাইড — মিথাইল আয়োডাইড — ইথাইল মিথাইল ইথার

(iii) সোডিয়াম ফেনক্সাইড ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল ফিনাইল ইথার উৎপন্ন হয়। যেমন ঃ



অ্যালকিল ফিনাইল ইথার



ইথাইল ফিনাইল ইথার

উইলিয়ামসন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যালকক্সাইডটি শক্তিশালী ক্ষারক হওয়ায় এটি অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে হ্যালোজেন অ্যাসিড অপনয়ন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এই অপনয়ন বিক্রিয়াটি ঘটার সম্ভাবনা বেশি থাকে তখনই যখন ঃ

(i) অ্যালকিল হ্যালাইডের অ্যালকিল মূলকটি শাখাশৃঙ্খল যুক্ত হয়,

(ii) অ্যালকক্সাইডের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করা হয়,

(iii) বিক্রিয়াটি উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়।

সুতরাং বিচক্ষণতার সাথে অ্যালকিল হ্যালাইড ও অ্যালকক্সাইড নির্বাচন করতে হবে যাতে করে অপনয়ন বিক্রিয়াটি ঘটবার সম্ভাবনা কম থাকে।

উদাহরণস্বরূপ, ইথাইল টারসিয়ারি বিউটাইল ইথার দুভাবে প্রস্তুত করা যেতে পারে ঃ

(i) ইথাইল ক্লোরাইড ও পটাশিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইডের বিক্রিয়ায় অথবা,

(ii) টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড ও পটাশিয়াম ইথক্সাইডের বিক্রিয়ায়।

অর্থাৎ (i) $(CH_3)_3C\bar{O}\overset{+}{K} + \underset{CH_2Cl}{\overset{CH_3}{|}} \longrightarrow (CH_3)_3C-O-CH_2CH_3$

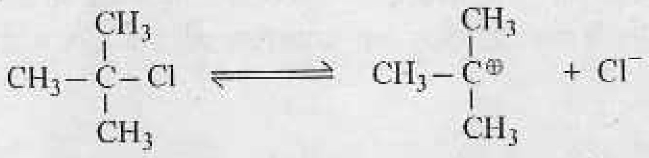
পটাশিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইড + ইথাইল ক্লোরাইড ⟶ ইথাইল টারসিয়ারি বিউটাইল ইথার

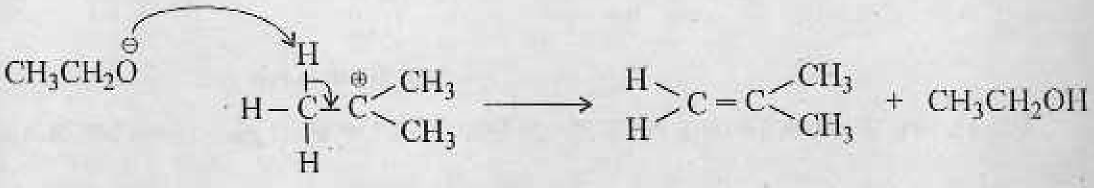
কিন্তু (ii) নং বিক্রিয়াতে

$$CH_3CH_2\bar{O}\overset{+}{K} + (CH_3)_3C-Cl \not\longrightarrow (CH_3)_3C-O-CH_2CH_3$$

পটাশিয়াম ইথক্সাইড + টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড

এক্ষেত্রে, $CH_3CH_2O^-$ অ্যালকক্সাইডটি ক্ষারকরূপে অপনয়ন (E1) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।





অনুশীলনী-1

উইলিয়ামসন ইথার সংশ্লেষণের সাহায্যে ইথাইল টারসিয়ারি বিউটাইল ইথার প্রস্তুত করতে কোন্ বিকারক-যুগল ব্যবহার করবেন এবং কেন ?

(i) পটাশিয়াম ইথক্সাইড + টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইড

(ii) পটাশিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইড + ইথাইল আয়োডাইড

## 6.20 ইথারের ধর্ম

(1) ভৌত ধর্ম ঃ

ইথারসমূহ প্রশম জৈব যৌগ। কম আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট ইথারগুলি গ্যাসীয় পদার্থ বা উদ্বায়ী তরল। ইথারের স্ফুটনাঙ্ক সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত অ্যালকোহলের চেয়ে কম হয় কারণ ইথারে

অ্যালকোহলের মতো —OH মূলক না থাকায় এগুলি নিজেদের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে সংগুণিত অণু গঠন করতে পারে না।

ইথার জলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে এবং এজন্য ইথার জলে কিছুটা দ্রাব্য।

$$R-\underset{\underset{\displaystyle R}{|}}{O}\cdots\cdots H-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{O}$$

জলের সাথে ইথারের হাইড্রোজেন বন্ধন

(2) রাসায়নিক ধর্ম/বিক্রিয়া ঃ

(1) ইথার অ্যালকোহল অপেক্ষা নিষ্ক্রিয় জৈব পদার্থ। ইথার সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে না।

(2) অক্সোনিয়াম লবণ গঠন (oxonium salt formation) ঃ

ইথারসমূহ শীতল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে অক্সোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। ইথারের অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় অ্যাসিডের প্রোটনের সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করে।

$$R-\ddot{\underset{..}{O}}-R' \xrightarrow{H^+} R-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{\overset{\oplus}{O}}-R'$$

অক্সোনিয়াম আয়ন

ইথারের অক্সিজেন ইলেকট্রন-জোড় দান করে বলে ইথার লিউইস ক্ষারক (Lewis base) হিসাবে কাজ করে।

উদাহরণ ঃ $C_2H_5-\ddot{\underset{..}{O}}-C_2H_5 \longrightarrow \left[C_2H_5-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{\overset{\oplus}{O}}-C_2H_5\right] H\overset{-}{SO_4}$

ডাইইথাইল ইথার — ডাইইথাইল অক্সোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট

অক্সোনিয়াম লবণে জল যোগ করে লঘু করলে এটি আবার ইথার ও অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$R-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{\overset{\oplus}{O}}-R' + H_2O \longrightarrow R-O-R' + H_3O^+$$

(3) উচ্চচাপে ইথারকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে উত্তপ্ত করলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

যেমন,

$$R-O-R + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} 2\,ROH$$

উদাহরণ ঃ

$$C_2H_5-O-C_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} 2C_2H_5OH$$

ইথারকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$R-O-R + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2RHSO_4 + H_2O$$

উদাহরণ ঃ

$$C_2H_5-O-C_2H_5 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

(4) ইথারের বিভাজন **(Cleavage of ethers)** ঃ

শীতল অবস্থায় গাঢ় হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও ইথারের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল আয়োডাইড বা অ্যালকিল ব্রোমাইড এবং অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$R-O-R' + HI \longrightarrow R-OH + R'-I \text{ বা } R-I + R'-OH$$

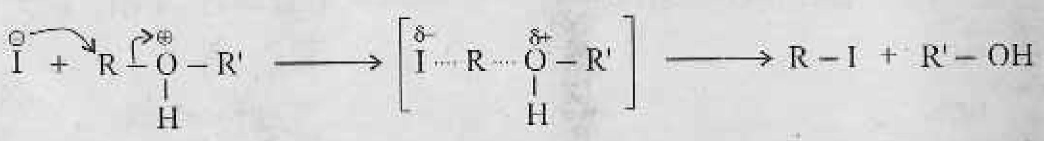
বিক্রিয়া-কৌশল ঃ এই বিক্রিয়া $S_N2$ বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সংঘটিত হয়।

HI বা HBr থেকে ইথারের অক্সিজেন প্রথমে প্রোটন গ্রহণ করে অক্সোনিয়াম আয়ন গঠন করে।

$$R-O-R' \xrightleftharpoons{H^+} R-\overset{\oplus}{\underset{|\atop H}{O}}-R'$$

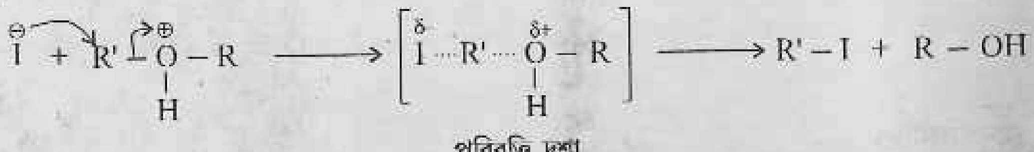
অক্সোনিয়াম আয়ন

পরের ধাপে নিউক্লিওফিলীয় বিকারকের ($\overset{\ominus}{I}$ বা $\overset{\ominus}{Br}$) সাথে অক্সোনিয়াম আয়নের বিক্রিয়া ঘটে।



পরিবৃত্তি দশা

অথবা



পরিবৃত্তি দশা

এই বিক্রিয়ায় R ও R′ এর মধ্যে যে অ্যালকিল মূলকটি আকারে ছোট তারই সাথে $\overset{-}{I}$-এর বিক্রিয়া ঘটে।

উদাহরণ ঃ

(i) $C_2H_5—O—C_2H_5 + HI \xrightarrow{0°সে} C_2H_5I + C_2H_5OH$

ডাইইথাইল ইথার → ইথাইল আয়োডাইড + ইথাইল অ্যালকোহল

(ii) $CH_3CH_2OCH_3 + HI \longrightarrow CH_3CH_2OH + CH_3I$

উত্তপ্ত অবস্থায় অতিরিক্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সাথে ইথারের বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র অ্যালকিল আয়োডাইড বা অ্যালকিল ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ ঃ

(i) $C_2H_5—O—C_2H_5 + 2HI \longrightarrow 2C_2H_5I + H_2O$

ডাইইথাইল ইথার → ইথাইল আয়োডাইড

(ii) $CH_3CH_2OCH_3 + 2HI \xrightarrow{তাপ} C_2H_5I + CH_3I + H_2O$

ইথাইল মিথাইল ইথার → ইথাইল আয়োডাইড + মিথাইল আয়োডাইড

অনুশীলনী-2

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ইথারের বিভাজন করা যায় না কেন ? কারণ সহ উত্তর লিখুন।

(5) পার অক্সাইড গঠন (Peroxide formation) ঃ

সূর্যালোকে বায়ুর উপস্থিতিতে ইথার ও বায়ুর অক্সিজেন যুক্ত হয়ে 'ইথার-পারঅক্সাইড' নামে বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5 - O - C_2H_5 + [O] \longrightarrow C_2H_5 - \underset{\displaystyle \overset{\downarrow}{O}}{O} - C_2H_5$$

ইথার-পারঅক্সাইড

(6) বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড ও গ্রিগনার্ড বিকারকের সাথে ইথার যুত-যৌগ গঠন করে।

$$R - O - R' + BF_3 \longrightarrow R - \underset{\displaystyle \overset{|}{R'}}{\overset{\delta+}{\ddot{O}}}: \longrightarrow \overset{\delta-}{B}F_3$$

অনুশীলনী-3

"ইথার লিউইস ক্ষারক (Lewis base) হিসাবে কাজ করে"—ব্যাখ্যা করুন।

## 6.21 ইথারের ব্যবহার

1) ইথারসমূহ সাধারণভাবে নিষ্ক্রিয় বলে এগুলি পরীক্ষাগারে এবং শিল্পে অনেক জৈব যৌগের দ্রাবক রূপে ব্যবহার করা হয়।

2) কম আণবিক গুরুত্বের ইথারগুলি চেতনানাশক পদার্থরূপে প্রয়োগ করা হয়।

3) হিমায়করূপে ব্যবহার করা হয়।

## 6.22 সারাংশ

- ইথারের সাধারণ সংকেত R – O – R′ যেখানে R এবং R′ হলো অ্যালকিল বা অ্যারাইল মূলক। R ও R′ একই হলে সরল এবং ভিন্ন হলে মিশ্র ইথার বলে।
- অ্যালকিল হ্যালাইড ও সোডিয়াম বা পটাশিয়াম অ্যালকক্সাইডের বিক্রিয়ায় ইথার উৎপাদনের পদ্ধতিকে উইলিয়ামসন ইথার সংশ্লেষণ পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতিতে অ্যালকিল হ্যালাইডের মধ্যে অ্যালকক্সাইড আয়ন বা পটাশিয়াম অ্যালকক্সাইড যোগ করা হয় যাতে অপনয়ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ কম হয়। এই পদ্ধতিতে সরল ও মিশ্র উভয় প্রকার ইথারই প্রস্তুত করা যায়।
- ইথারের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন সম্ভব নয় বলে ইথারের অণুগুলি সংগুণিত অণু গঠন করে না তাই কম আণবিক গুরুত্বের ইথারগুলি গ্যাসীয় পদার্থ বা উদ্বায়ী তরল।
- শীতল অবস্থায় ইথার হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সাথে $S_N2$ বিক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে বিক্রিয়া করে অ্যালকোহল ও অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত অবস্থায় অতিরিক্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।
- ইথার লিউইস ক্ষারক (Lewis base) হিসাবে বিক্রিয়া করে বলে প্রোটনের সাথে অক্সোনিয়াম আয়ন গঠন করে।
- ইথার নিষ্ক্রিয় বলে দ্রাবক রূপে ব্যবহৃত হয়। চেতনানাশক পদার্থ এবং হিমায়করূপেও ব্যবহার করা হয়।

## 6.23 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

**1.** উইলিয়ামসন্ ইথার সংশ্লেষণে অ্যালকিল হ্যালাইডে অ্যালকক্সাইড বা বিপরীতভাবে অ্যালকক্সাইডে অ্যালকিল হ্যালাইড যোগ করা যেতে পারে। উৎপাদকের পরিমাণ বৃদ্ধি করতে হলে কোন্ পদ্ধতিটি মেনে চলা উচিত ? যুক্তিসহ উত্তর দিন।

**2.** নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন এবং বিক্রিয়কগুলি কীভাবে প্রস্তুত করবেন যুক্তিসহ উত্তর দিন।

(i) $CH_3OCH_2CH_3 \xrightarrow{HI}$

(ii) $(CH_3)_3COCH_2CH_3 \xrightarrow{HI}$

(iii) $(CH_3)_3COCH_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4}$

**3.** নিচের বিক্রিয়াগুলিতে A, B, C, ও D সনাক্ত করুন।

(i) $CH_2 = CH_2 \xrightarrow{HI} A \xrightarrow{C_2H_5ONa} B$

(ii) $CH_3CH = CH_2 \xrightarrow{HBr} C \xrightarrow{CH_3ONa} D$

**4.** নিচের বিক্রিয়াটিতে কোন্ অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হবে তার সম্ভাব্য ব্যাখ্যা দিন।

মিথাইল টারসিয়ারি বিউটাইল ইথার $+ \ HI \xrightarrow[\text{অবস্থায়}]{\text{শীতল}}$

## 6.24 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

6.19 পাঠ্যাংশ দেখুন

অনুশীলনী-2

HCl ইথারকে বিভাজিত করতে পারে না কারণ Cl একটি দুর্বল নিউক্লিওফিলীয় বিকারক।

অনুশীলনী-3

6.20 পাঠ্যাংশ দেখুন

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) অ্যালকিল হ্যালাইডে অ্যালকক্সাইড যোগ করতে হবে।

অ্যালকক্সাইড আয়ন যেহেতু ক্ষারকরূপে অপনয়ন বিক্রিয়া ঘটায় তাই উপরোক্ত সংযোজনে অপনয়ন বিক্রিয়া ঘটবে না বললেই চলে।

(2) (i) $CH_3I + CH_3CH_2OH$

মিথাইল আয়োডাইডে ইথক্সাইড আয়ন (বা সোডিয়াম ইথক্সাইড) যোগ করে $CH_3OCH_2CH_3$ প্রস্তুত করা যায়। এভাবে যোগ করলে অপনয়ন বিক্রিয়া হ্রাস পায়।

(ii) $(CH_3)_3COH + CH_3CH_2I$ ; $CH_3CH_2Cl$ যৌগে $(CH_3)_3 C\overline{O}K^+$ যোগ করে $(CH_3)_3COCH_2CH_3$ প্রস্তুত করা যায়।

(iii) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!C=CH_2 + CH_3OH$

$CH_3I$ যৌগে $(CH_3)_3C\overline{O}K^+$ যোগ করে $(CH_3)_3COCH_3$ প্রস্তুত করা হয়।

(3) $A = C_2H_5I$ ; $B = C_2H_5OC_2H_5$

$C = CH_3-\underset{\substack{| \\ Br}}{CH}-CH_3$ ; $D = (CH_3)_2CHOCH_3$

(4) $(CH_3)_3COH + CH_3I$

নিউক্লিওফাইল, $\overset{\ominus}{I}$ অপেক্ষাকৃত ছোট আকারের অ্যালকিল মূলককে আক্রমণ করে।

# একক 7 ❒ কার্বোনিল যৌগ ; কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং তাদের জাতক সমূহ ; প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড এবং ফেনল

## A. কার্বোনিল যৌগ

গঠন

7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

7.2 কার্বোনিল যৌগের সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

7.3 নামকরণ ও সমাবয়বতা

7.4 প্রস্তুতি

7.4.1 অ্যালকোহলের জারন এবং অ্যালকোহল থেকে হাইড্রোজেন অপসারন

7.4.2 অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের ওজোনাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ

7.4.3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন ও জলের বিক্রিয়া

7.4.4 উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণের বিযোজন

7.4.5 রোজেনমুন্ড (**Rosenmund**) এবং স্টিফেন (**Stephen**) বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালডিহাইড প্রস্তুতি

7.4.6 গ্রিগনার্ড (**Grignard**) বিকারকের সাহায্যে অ্যালডিহাইড ও কিটোন প্রস্তুতি

7.4.7 শিল্প পদ্ধতিতে ইথানাল, প্রোপানোন এবং বেনজালডিহাইড প্রস্তুতি

7.5 ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া

7.5.1 কার্বোনিল যৌগের জারন

7.5.2 কার্বোনিল যৌগের বিজারন

7.5.3 নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

7.5.4 অ্যালডল (**Aldol**) এবং ক্যান্নিজারো (**Cannizzaro**) বিক্রিয়া

7.5.5 হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া

7.6 কার্বোনিল যৌগের পরিচায়ক পরীক্ষা

7.7 বাণিজ্যিক ব্যবহার

## B. কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড

গঠন

7.8 অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড, অ্যাসিডের জাতক সমূহ এবং প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড

7.8.1 নামকরণ

7.9 কার্বোক্সিল মূলকের গঠন

7.10 প্রস্তুতি

7.10.1 প্রাইমারি অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড এবং অ্যালকিনের জারন

7.10.2 অ্যারোমেটিক মনো এবং ডাই কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

7.10.3 অ্যাসিডক্লোরাইড, অ্যামাইড, অ্যানহাইড্রাইড, এস্টার এবং নাইট্রাইলের আর্দ্রবিশ্লেষণ

7.10.4 অরগানো ধাতব যৌগের সাহায্যে অ্যাসিড প্রস্তুতি

7.10.5 অ্যাসিটাইলিন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি

7.11 ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম

7.12 অ্যাসিডের জাতক সমূহের প্রস্তুতি

7.13 প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড

7.13.1 অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি অ্যাসিড

7.14 পরিচায়ক পরীক্ষা

7.15 বাণিজ্যিক ব্যবহার

## C. ফেনল

গঠন

7.16 ফেনল

7.17 নামকরণ ও সমাবয়বতা

7.18 প্রস্তুতি

7.18.1 আলকাতরা থেকে ফেনল সংগ্রহ

7.18.2 সংশ্লেষণ পদ্ধতি

7.19 ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া

7.20 পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

7.20.1 ফেনল এস্টারের পুনর্বিন্যাস-ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস

7.20.2 ক্রেজেন পুনর্বিন্যাস

7.20.3 ফ্রায়েজ এবং ক্রেজেন পুনর্বিন্যাসের মধ্যে পার্থক্য
7.21 ফেনলের পরিচায়ক পরীক্ষা
7.22 ফেনলের ব্যবহার
7.23 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
7.24 উত্তরমালা

## 7.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

কার্বোনিল যৌগসমূহ ঃ যে সমস্ত জৈব যৌগে কার্বোনিল মূলক [ >C =0] বর্তমান তাদের কার্বোনিল যৌগ বলা হয়। এই যৌগগুলিকে দু'ভাগে ভাগ করা যায় অ্যালডিহাইড এবং কিটোন। আবার এই যৌগগুলি অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক দু'ধরনেরই হতে পারে।

কার্বোনিল মূলকের সক্রিয়তার জন্য এই জৈব যৌগগুলির সাহায্যে আমরা বিভিন্ন জৈব যৌগ সহজেই সংশ্লেষণ করতে পারি। তাছাড়া এদের বাণিজ্যিক ব্যবহারও উল্লেখ করার মত। যেমন ফরমালডিহাইড বা মিথানাল (HCHO) থেকে ফর্মালিন ; ফেনল-ফরমালডিহাইড এবং ইউরিয়া-ফরমালডিহাইড রেজিন প্রস্তুত করা হয়। অ্যাসিটোন দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটোফেনোন বা ফিনাইলইথানোন সুগন্ধি দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মিথানালকে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন বা ইউরোট্রোপিন নামে অ্যান্টিসেপটিক যৌগ তৈরি করা যায়। এই ইউরোট্রোপিনকে নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে জারিত করে RDX (Royal Department Explosive) বিস্ফোরক প্রস্তুত করা যায়।

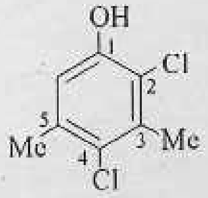
উপরের আলোচনা থেকে শিল্পে কার্বোনিল যৌগের ব্যবহারের ব্যাপকতা সম্বন্ধে আমরা ধারনা করতে পারি।

কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সম্বন্ধে এবার আমরা আলোচনা করবো। যে সমস্ত জৈব যৌগে কার্বোক্সিল (– COOH) মূলক বর্তমান তাদের কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড বলে। যৌগে যদি একটি মাত্র – COOH মূলক থাকে তবে যৌগটি মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড হবে ; যদি দুটি – COOH মূলক থাকে তবে যৌগটির ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং যদি তিনটি – COOH মূলক থাকে তবে যৌগটিকে ট্রাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড যৌগ বলা হবে। অ্যাসিডগুলি অ্যালিফ্যাটিক এবং অ্যারোমেটিক দু'ধরনেরই হতে পারে। এই অ্যাসিডগুলি, বিশেষতঃ মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিডগুলির বিভিন্ন জাতক এবং প্রতিস্থাপিত যৌগ সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে। কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের যেমন সাংশ্লেষনিক ব্যবহার আছে ঠিক তেমনি বাণিজ্যিক ব্যবহারও উল্লেখযোগ্য। দীর্ঘ শৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের (যেমন পামিটিক, স্টিয়ারিক, ওলেইক ইত্যাদি) সোডিয়াম/পটাশিয়াম লবণকেই সাবান বলা হয়।

ফেনল বা কার্বোলিক অ্যাসিড ঃ উপরোক্ত দু শ্রেণির জৈব যৌগ অর্থাৎ কার্বোনিল ও কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড যৌগ ছাড়া এই এককে আমরা ফেনল, ফেনলের জাতক এবং প্রতিস্থাপিত ফেনল সম্বন্ধে আলোকপাত করবো। ফেনল একটি অ্যারোমেটিক যৌগ অর্থাৎ এই যৌগে অন্ততঃ একটি বেন্‌জিন বলয়

আছে। বেন্‌জিন বলয়ে যদি একটি –OH (হাইড্রক্সিল) মূলক থাকে তবে যৌগটি হবে মনোহাইড্রিক। যদি দুটি –OH মূলক থাকে তবে বলা হবে ডাইহাইড্রিক ; আর যদি তিনটি –OH মূলক বেন্‌জিন বলয়ে থাকে তা হলে বলা হবে ট্রাইহাইড্রিক ফেনল। ফেনলের প্রাকৃতিক উৎস হচ্ছে আলকাতরা। আলকাতরা থেকে কি উপায়ে ফেনল সংগ্রহ করা হয় তা আলোচনা করা হবে।

কার্বোনিল যৌগ এবং কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড যৌগের যেমন বাণিজ্যিক ব্যবহার আছে, তেমনি ফেনলেরও উল্লেখযোগ্য বাণিজ্যিক ব্যবহার রয়েছে। ফেনল-ফরমালডিহাইড রেজিনের কথা আগেই উল্লেখ করা হয়েছে। এছাড়া ফেনল থেকে ডেটল (Dettol) তৈরি করা যায়। ডেটল অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ডেটল হচ্ছে ক্লোরোজাইলিনল (Chloroxylenols)। এর সঠিক রাসায়নিক গঠন নিচে উল্লেখ করা হল।




2, 4-ডাইক্লোরো 3, 5 ডাইমিথাইল ফেনল [ডেটল]

উদ্দেশ্য : ● এই এককটি পাঠ করে আপনি কার্বোনিল যৌগ অর্থাৎ অ্যালডিহাইড এবং কিটোন যৌগ সমূহের নামকরণ, সমাবয়বতা, প্রস্তুতি এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে পরিষ্কার ধারণা করতে পারবেন।

● জৈব যৌগ সংশ্লেষণে এবং বাণিজ্যে কার্বোনিল যৌগগুলির প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে আপনার সম্যক ধারণা হবে।

● কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সমূহের প্রস্তুতি এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে আপনার সঠিক ধারণা হবে। এদের পরিচায়ক পরীক্ষা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

● কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের বিভিন্ন জাতক এবং প্রতিস্থাপিত যৌগ যেমন α-হ্যালো অ্যাসিড, α-অ্যামিনো অ্যাসিড ইত্যাদি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় তা সহজেই বুঝতে পারবেন।

● আলকাতরা থেকে ফেনলের নিষ্কাশন এবং ফেনলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে আপনার ধারণা হবে।

● অ্যালকোহল প্রশম যৌগ ; কিন্তু ফেনল আম্লিক যৌগ। এর কারণ কী ? আপনি এর ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।

● ফেনলের বাণিজ্যিক ব্যবহার সম্বন্ধে আপনি ধারণা করতে পারবেন।

● কীভাবে ফেনল সনাক্ত করা যায় তার পরীক্ষা করতে পারবেন। কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং ফেনলের পার্থক্য কীভাবে করা যায় তা সঠিকভাবে বুঝতে পারবেন এবং নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।

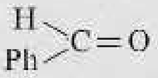
[A] কার্বোনিল যৌগ সমূহ ঃ

## 7.2 কার্বোনিল যৌগের সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

যে সমস্ত জৈব যৌগে কার্বোনিল মূলক [>C=0] বর্তমান তাদের কার্বোনিল যৌগ বলা হয়। কার্বোনিল মূলকে কার্বন পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গো দ্বিবন্ধনের সাহায্যে যুক্ত। কার্বনের অবশিষ্ট যোজ্যতা দুটি মুক্ত। এই মুক্ত যোজ্যতাদুটি যদি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গো যুক্ত থাকে তা হলে যৌগটি হবে ফরমালডিহাইড বা মিথানাল। মুক্ত যোজ্যতা দুটির একটি হাইড্রোজেনের সঙ্গো এবং অপরটি অ্যালকিল মূলকের সঙ্গো যুক্ত থাকলে তবে যৌগগুলি হবে অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড শ্রেণির। অ্যালকিল মূলকের পরিবর্তে যদি একটি বেন্‌জিন অথবা প্রতিস্থাপিত বেন্‌জিন বলয় থাকে তাহলে যৌগটি হবে অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড।

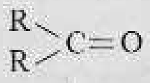
মিথানাল
(অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড)

অ্যালডিহাইড
অ্যালিফ্যাটিক



অ্যালডিহাইড
অ্যারোমেটিক

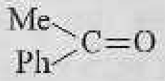
উপরের উদাহরণ থেকে এটি পরিষ্কার যে অ্যালডিহাইড যৌগে – CHO মূলক বর্তমান। কিন্তু যদি কার্বনের দুটি মুক্ত যোজ্যতা অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলকের সঙ্গো যুক্ত থাকে তবে যৌগগুলি হবে যথাক্রমে অ্যালিফ্যাটিক এবং অ্যারোমেটিক কিটোন। যেমন ;



অ্যালিফ্যাটিক কিটোন

অ্যারোমেটিক কিটোন

আবার কার্বনের যোজ্যতা দুটির একটি অ্যালকিল এবং অপরটি ফিনাইল বা অ্যারিল মূলকের সঙ্গো যুক্ত থাকতে পারে। যেমন, অ্যাসিটোফেনোন বা ফিনাইলইথানোন ঃ

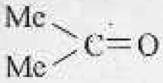


[Me = মিথাইল, Ph = ফিনাইল]

ফিনাইলইথানোন বা
অ্যাসিটোফেনোন

কিটোন যৌগগুলি প্রতিসম (Symmetrical) বা অপ্রতিসম (Unsymmetrical) দুই-ই হতে পারে। যদি কিটোমূলকের সঙ্গো যুক্ত দুটি অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলক একই রকম হয় তাহলে বলা হবে প্রতিসম কিটোন। যদি পৃথক হয় তাহলে বলা হবে অপ্রতিসম কিটোন। যেমন,

প্রতিসম কিটোন ঃ

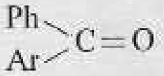


অ্যাসিটোন

বেনজোফেনোন

অপ্রতিসম কিটোন ঃ

ইথাইল মিথাইল কিটোন
বা 2-বিউটানোন



অ্যারিল ফিনাইল
কিটোন

মিথাইল ফিনাইল কিটোন
বা অ্যাসিটোফেনোন

## 7.3 নামকরণ ও সমাবয়বতা

কার্বোনিল যৌগগুলিকে দু'ভাবে নামকরণ করা যায়। সাধারণ নামকরণ এবং IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ।

(1) সাধারণ নামকরণ ঃ

(ক) অ্যালডিহাইড ঃ এই পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইডগুলি জারিত হয়ে যে কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে সেই অ্যাসিডগুলির নাম থেকে অ্যালডিহাইডগুলি নামকরণ করা হয়। অ্যাসিডের নামের শেষে ইক্ অ্যাসিড (ic acid) বাদ দিয়ে অ্যালডিহাইড (aldehyde) যোগ করা হয়। যেমন,

| | | |
|---|---|---|
| ফরমিক অ্যাসিড | — ইক্ অ্যাসিড | = ফরমালডিহাইড |
| [formic acid | — ic acid | = formaldehyde] |
| অ্যাসিটিক অ্যাসিড | — ইক্ অ্যাসিড | = অ্যাসেট অ্যালডিহাইড |
| [acetic acid | — ic acid | = acet aldehyde] ইত্যাদি |

(খ) কিটোন ঃ এক্ষেত্রে কিটো মূলকের দুপাশে যে অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলক থাকে তাদের নাম থেকেই কিটোনের নামকরণ করা হয়।

$CH_3COCH_3$
(ডাই মিথাইল কিটোন)

$CH_3COC_2H_5$
(ইথাইল মিথাইল কিটোন)

$C_6H_5COC_6H_5$
ডাইফিনাইল কিটোন)

$C_2H_5COC_6H_5$
(ইথাইল ফিনাইল কিটোন)

(2) **IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry) পদ্ধতিতে নামকরণ।

(ক) অ্যালডিহাইড এর নামকরণ ঃ

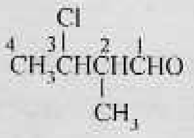
এই পদ্ধতিতে যদি একই সংখ্যক কার্বন পরমাণু অ্যালকেন হাইড্রোকার্বন এবং অ্যালডিহাইড যৌগে

থাকে তা হলে অ্যালকেন হাইড্রোকার্বনের নাম থেকে অ্যালডিহাইডের নামকরণ করা হয়। এটি সহজ পদ্ধতি। এক্ষেত্রে অ্যালকেন হাইড্রোকার্বনের ইংরাজী নামের শেষের 'e' বাদ যাবে এবং এর জায়গায় 'al' যুক্ত হবে।

উদাহরণ ঃ

| হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা | হাইড্রোকার্বনের নাম | অ্যালডিহাইডের ফর্মুলা | অ্যালডিহাইডের IUPAC নাম |
|---|---|---|---|
| $CH_4$ | মিথেন (methane) | HCHO | মিথানাল (methanal) |
| $C_2H_6$ | ইথেন (ethane) | $CH_3CHO$ | ইথানাল (ethanal) |
| $CH_3CH_2CH_2CH_3$ | বিউটেন (butane) | $CH_3CH_2CH_2CHO$ | বিউটানাল (butanal) |

যদি অ্যালডিহাইড যৌগের শৃঙ্খলটি দীর্ঘ হয় এবং শৃঙ্খলে যদি অন্য কোনো মূলক থাকে তাহলে – CHO মূলকের কার্বনকে 1 নম্বর ধরে যৌগের নামকরণ করা হবে। যেমন—



3-ক্লোরো-2-মিথাইল বিউটানাল।

(খ) কিটোনের নামকরণ ঃ

অ্যালডিহাইড মূলক (-CHO) এর যোজ্যতা এক। তাই এই মূলক শৃঙ্খলের শেষে থাকবে। কিন্তু কিটোনে কিটোমূলক ($>C=O$) এর যোজ্যতা দুই। তাই কিটো মূলক শৃঙ্খলের মধ্যে থাকবে। এই যৌগগুলির নামকরণ করা হবে এইভাবে।

অ্যালকেন (alkane) হাইড্রোকার্বনের নামের শেষে 'e' বাদ যাবে এবং তার জায়গায় 'one' যুক্ত হবে। যেমন ঃ

উদাহরণ ঃ

| হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা | হাইড্রোকার্বনের নাম | কিটোনের ফর্মুলা | কিটোনের IUPAC নাম |
|---|---|---|---|
| $CH_3CH_2CH_3$ | প্রোপেন (propane) | $CH_3COCH_3$ | প্রোপানোন (propanone) |
| $CH_3CH_3CH_2CH_3$ | বিউটেন (butane) | $CH_3COCHCH_3$ | বিউটানোন (Butanone) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ | পেন্টেন (Pentane) | $CH_2COCH_2CH_3$ <br> \| <br> $CH_3$ | (2-পেন্টানোন) (2-pentanone বা পেন্ট-2-ওন) |

শৃঙ্খলে কিটো মূলকের অবস্থান সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করতে হবে। যেমন,

$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_3$ 2-পেন্টানোন বা পেন্টান-2-ওন

$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}O\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_2\overset{7}{C}H_3$ 3-হেপ্টানোন বা হেপ্টান-3-ওন

সমাবয়বতা ঃ অন্যান্য জৈব যৌগের মত অ্যালডিহাইড এবং কিটোন সমাবয়বতা দেখায়। যেমন,

(ক) শৃঙ্খল সমাবয়বতা

$C_4H_8O$ : $CH_3CH_2CH_2CHO$ এবং $CH_3CH(CH_3)CHO$

(বিউটানাল) (2-মিথাইল প্রোপানাল)

$C_5H_{10}O$ : $CH_3COCH_2CH_2CH_3$ এবং $CH_3COCH(CH_3)CH_3$

2-পেন্টানোন বা পেন্টেন-2-ওন 3-মিথাইল-2-বিউটানোন বা 3-মিথাইল বিউটান-2-ওন

(খ) অবস্থানজনিত সমাবয়বতা ঃ

$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_3$ 2-হেক্সানোন বা হেক্সান-2-ওন

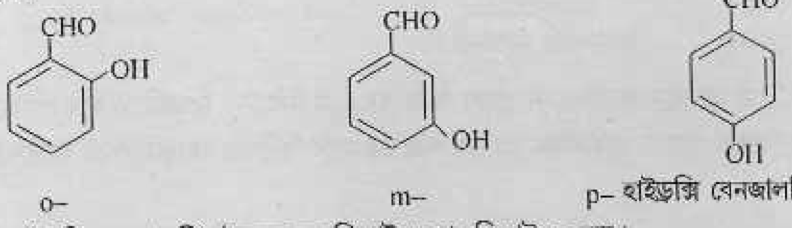
$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}O\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_3$ 3-হেক্সানোন বা হেক্সান-3-ওন

(গ) কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা ঃ

$CH_3CH_2CHO$ প্রোপানাল (অ্যালডিহাইড)

$CH_3COCH_3$ প্রোপানোন (কিটোন)

এবার অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইডের সমাবয়বতা একটি উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে বলা হচ্ছে। যেমন, বেন্‌জালডিহাইড একটি অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড। এই অ্যালডিহাইডের বেন্‌জিন বলয়ে যদি একটি হাইড্রক্সিল (–OH) মূলক যুক্ত থাকে তাহলে হাইড্রক্সি অ্যালডিহাইডটির তিনটি অবস্থানজনিত সমাবয়ব হবে।




o– m– p– হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইড

অর্থো-হাইড্রক্সিবেনজালডিহাইডকে স্যালিসাইলঅ্যালডিহাইড বলে।

## 7.4 প্রস্তুতি

7.4.1 অ্যালকোহলের জারন এবং অ্যালকোহল থেকে হাইড্রোজেন অপসারন।

(ক) প্রাইমারি অ্যালকোহলকে $K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4$ অথবা $KMnO_4 / NaOH$ এর সাহায্যে উত্তপ্ত করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়। ঠিক তেমনি সেকেন্ডারি অ্যালকোহলকে জারিত করলে কিটোন পাওয়া যায়। যেমন,

$$R\,CH_2OH \xrightarrow[\text{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCHO + H_2O$$

উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{[O]}} CH_3CHO$

ইথাইল অ্যালকোহল — অ্যাসিট্যালডিহাইড

$$R\,CH_2OHR' \xrightarrow[\text{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCHO + H_2O$$

উদাহরণ ঃ $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H\,CH_3 \xrightarrow{\text{[O]}} CH_3COCH_3$

প্রোপান-2-অল — অ্যাসিটোন

এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালডিহাইড যাতে সহজেই জারিত হয়ে অ্যাসিডে রূপান্তরিত হতে না পারে সে জন্য বিক্রিয়ার তাপমাত্রা অ্যালডিহাইডের স্ফুটনাঙ্কের সামান্য উপরে রাখতে হবে।

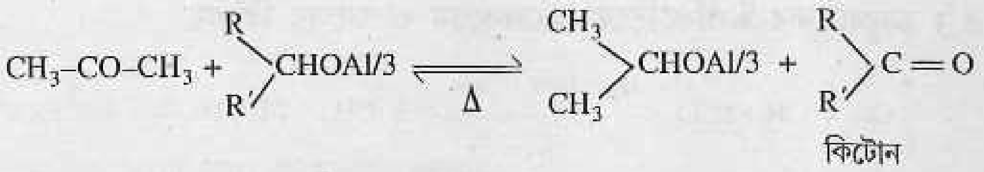
সেকেন্ডারি অ্যালকোহল থেকে কিটোন প্রস্তুতির একটি বিশেষ জারন পদ্ধতি হল ওপেনাওয়ার (Oppenauer) জারন বিক্রিয়া।

ওপেনাওয়ার জারন (Oppenauer oxidation) : প্রথমে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল ও অ্যালুমিনিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$RCHOHR' + (CH_3)_3\text{–}C\text{–}OAl/3 \underset{\Delta}{\rightleftharpoons} \begin{matrix} R \\ \;\;\;\searrow \\ \;\;\;\nearrow \\ R' \end{matrix}\!\!CH\text{–}O\text{–}Al/3 + (CH_3)_3\,C\text{–}OH$$

সেকেন্ডারি অ্যালকোহল — অ্যালুমিনিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইড — অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকক্সাইড

উপরোক্ত বিক্রিয়া মাধ্যমে অ্যাসিটোন যোগ করা হয়। অ্যাসিটোন বিজারিত হয়ে আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকক্সাইডের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রোপোক্সাইড গঠন করে।




বিক্রিয়াটি উভমুখী বলে উৎপন্ন কিটোনকে বিক্রিয়া মাধ্যম থেকে পাতনের সাহায্যে ক্রমাগত সরিয়ে নেওয়া হয়।

এই বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম টারসিয়ারি বিউটক্সাইড $[(CH_3)_3\,CO\,Al/_3]$ অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয় অ্যাসিটোন।

(খ) উত্তপ্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকোহল থেকে হাইড্রোজেন অপসারন করে অ্যালডিহাইড বা কিটোন তৈরি করা হয়।

$$RCH_2OH \xrightarrow[250\text{-}300^\circ]{Cu} RCHO + H_2$$

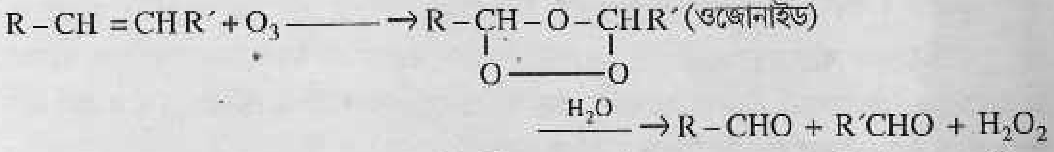
উদাহরণ ঃ $CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ]{Cu} CH_3CHO + H_2$

$$R-CHOH.R' \xrightarrow[300^\circ]{Cu} RCOR' + H_2$$

উদাহরণ ঃ $CH_3CHOHCH_3 \xrightarrow[300^\circ]{Cu} CH_3COCH_3 + H_2$

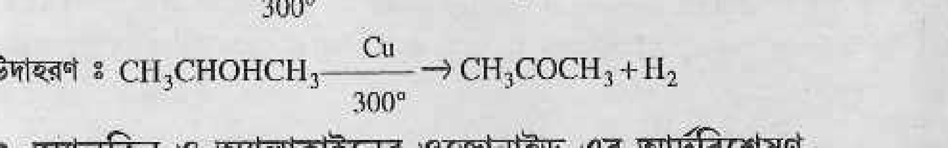
## 7.4.2 অ্যালকিন ও অ্যালাকাইনের ওজোনাইড এর আর্দ্রবিশ্লেষণ

অ্যালকিন ও অ্যালকাইনকে আলাদা আলাদা ভাবে ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটান হয়। প্রাপ্ত ওজোনাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালডিহাইড ও কিটোন পাওয়া যায়। বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ




আর্দ্রবিশ্লেষণের সময় Zn গুড়া / $CH_3OH$ উপস্থিত থাকলে উৎপন্ন $H_2O_2$ অ্যালডিহাইডকে অ্যাসিডে জারিত করতে পারে না।

অ্যালকাইনের ওজোনাইড থেকে কিটোন তৈরি করা যায়



(ওজোনাইড)

## 7.4.3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন ও জলের বিক্রিয়া

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[60^\circ]{Hg^{2+} / \text{লঘু } H_2SO_4} [CH_2 = CHOH] \longrightarrow CH_3CHO$$

ভিনাইল অ্যালকোহল (অস্থায়ী)

## 7.4.4 উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণের বিয়োজন

$$\begin{matrix} HCOO \\ HCOO \end{matrix} \Big> Ca \xrightarrow{\Delta} HCHO + CaCO_3$$

ক্যালসিয়াম ফরমেট

$$\begin{matrix} CH_3\,COO \\ CH_3\,COO \end{matrix} \Big> Ca \xrightarrow{\Delta} CH_3\,CO\,CH_3 + CaCO_3$$

ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট

## 7.4.5 রোজেনমুন্ড বিক্রিয়া এবং স্টিফেন বিক্রিয়া

(ক) রোজেনমুন্ড বিক্রিয়া (Rosenmund reaction) : বেরিয়াম সালফেটের উপর প্যালাডিয়াম (Pd) অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্লোরাইডকে $H_2$ গ্যাস দ্বারা বিজারিত করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$RCOCl \xrightarrow[Pd\text{–}BaSO_4]{H_2} RCHO + HCl$$

$BaSO_4$ এর উপস্থিতি Pd অনুঘটক এর বিজারন ক্ষমতা অনেকটা হ্রাস করে দেয়। এর ফলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড প্রাইমারি অ্যালকোহলে বিজারিত হতে পারে না।

(খ) স্টিফেন বিক্রিয়া (Stephen reaction) : সাধারণ তাপমাত্রায় ইথার দ্রাবকে দ্রবীভূত অ্যালকোহল নাইট্রাইলকে (সায়ানাইড) স্ট্যানাস ক্লোরাইড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ($SnCl_2$/HCl) দ্বারা বিজারিত করে স্টীম পাতিত করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$R'.C \equiv N + 2H + HCl \xrightarrow[HCl]{SnCl_2} R'\text{–}CH = NH.HCl \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{স্টীম পাতন} \; H_2O} R'CHO + NH_4Cl$$

(ইথার দ্রাবক)

এই পদ্ধতিতে কিটোন তৈরি করা যায় না।

উদাহরণ : $CH_3C \equiv N \xrightarrow[SnCl_2]{HCl} CH_3CH = NH.HCl \xrightarrow{H_2O} CH_3CHO$

অ্যাসিট্যালডিহাইড

## 7.4.6 গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে অ্যালডিহাইড ও কিটোন প্রস্তুতি

$$RMgBr + H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}OC_2H_5 \longrightarrow R\overset{\overset{O}{\|}}{C}H + Mg\begin{matrix} Br \\ OEt \end{matrix}$$

অ্যালডিহাইড

উদাহরণ : $CH_3MgBr + H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OC_2H_5 \xrightarrow{\text{ইথাইল ফরমেট}} CH_3CHO + Mg(OC_2H_5)Br$

অ্যাসিট্যালডিহাইড

$$R'-\underset{\underset{Cl}{|}}{C}=O + RMgI \longrightarrow R'-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{C}}-OMgI \xrightarrow[H^+]{H_2O} R'-\underset{\underset{R}{|}}{C}=O + HCl + Mg(OH)I$$

(কিটোন)

উদাহরণ : $CH_3\underset{\underset{Cl}{|}}{C}=O + CH_3MgI \longrightarrow CH_3\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-OMgI \xrightarrow{H_2O} CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=O + HCl + Mg(OH)I$

অ্যাসিটোন

## 7.4.7 শিল্প পদ্ধতিতে ইথানাল, প্রোপানোন এবং বেনজ়ালডিহাইড প্রস্তুতি

(1) ইথানাল, MeCHO।

ইথাইন থেকে ইথানাল প্রস্তুতির ধাপগুলি নিচে দেখানো হল :

(ক) চুনাপাথরকে ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করে ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) তৈরি করা হয়।

$$CaCO_3 \xrightarrow{1200^\circ} CaO + CO_2$$

(খ) কয়লা থেকে কোক প্রস্তুতি—

কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে কোক পাওয়া যায়।

(গ) CaO এবং কোক (C) উচ্চ তাপাঙ্কে বিক্রিয়া ঘটিয়ে $CaC_2$ (ক্যালসিয়াম কার্বাইড) তৈরি করা হয়

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

(ঘ) $CaC_2$ এর সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় জলের বিক্রিয়ায় ইথাইন ($C_2H_2$) প্রস্তুত করা হয়।

(ঙ) লঘু $H_2SO_4$ এবং $Hg^{2+}$ এর উপস্থিতিতে ইথাইনের সঙ্গে জলের সংযোজন (hydration) বিক্রিয়ায় ইথানাল উৎপন্ন হয়।

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[Hg^{2+},\ 60^\circ]{\text{লঘু } H_2SO_4} \underset{\text{ভিনাইল অ্যালকোহল (ক্ষণস্থায়ী)}}{[CH_2 = CH.OH]} \longrightarrow CH_3CHO$$

(2) প্রোপানোন, Me Co Me

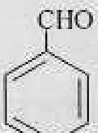
(ক) পেট্রোলিয়াম থেকে ক্র্যাকিং (Cracking) পদ্ধতিতে প্রোপিন পাওয়া যায়। প্রোপিন অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জলের সঙ্গে সংযোজন বিক্রিয়ায় 2-প্রোপানল উৎপন্ন করে এবং 2-প্রোপানল থেকে উচ্চ তাপমাত্রায় ($\approx 500^\circ$) কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন অপসারণ করে প্রোপানোন তৈরি করা হয়।

$$\underset{\text{প্রোপিন}}{MeCH = CH_2} \xrightarrow{H_2O/H^+} \underset{\text{2-প্রোপানল}}{Me\,CH(OH)Me} \xrightarrow[\approx 500^\circ]{Cu} \begin{matrix} Me \\ Me \end{matrix}\!\!>C = O + H_2$$

(খ) কাঁচা কাঠ থেকে ঃ

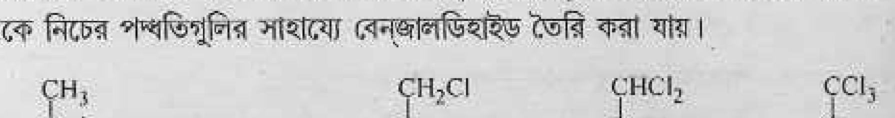
কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে 3% MeOH (স্ফুটনাঙ্ক 65°); 0.5% Me CO Me (স্ফুটনাঙ্ক 56°); 10% Me COOH (স্ফুটনাঙ্ক 118°) এর মিশ্রণ থাকে এবং অবশিষ্ট জল।

পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে $Ca(OH)_2$ দিয়ে প্রশমিত করে পাতিত করলে MeOH এবং MeCOMe এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণকে 56° তাপাঙ্কে পাতিত করলে প্রোপানোন পাওয়া যাবে। প্রাপ্ত প্রোপানোনের সঙ্গে সামান্য মিথানল যুক্ত থাকে। পাতিত অংশে $CaCl_2$ যোগ করলে মিথানল $CaCl_2$ দ্বারা শোষিত হয়ে কঠিন $4MeOH, CaCl_2$ উৎপন্ন করে। পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া দ্বারা কঠিন পদার্থ অপসারণ করে বিশুদ্ধ প্রোপানল পরিস্রুত হিসাবে পাওয়া যায়।

(3) বেন্‌জালডিহাইড, 



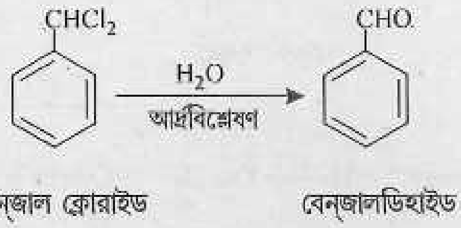
আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে প্রাপ্ত লঘু তেল (light oil) থেকে টলুইন সংগ্রহ করা হয়। টলুইন থেকে নিচের পদ্ধতিগুলির সাহায্যে বেন্‌জালডিহাইড তৈরি করা যায়।



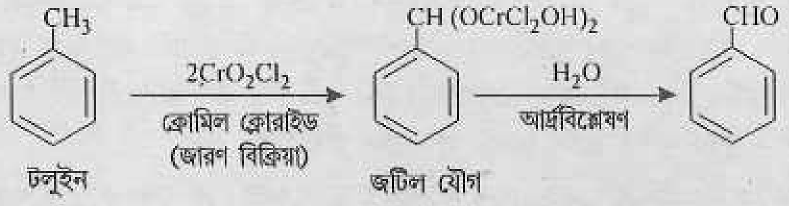


(বেন্‌জাইল ক্লোরাইড) (বেন্‌জাল ক্লোরাইড) (বেন্‌জো ট্রাইক্লোরাইড)

ফুটন্ত টলুইনে ক্লোরিন গ্যাস পরিমাণ মত চালনা করলে বেশিরভাগ বেন্‌জাল ক্লোরাইড পাওয়া যেতে পারে। তার সঙ্গে অল্প পরিমাণ বেন্‌জাইল ক্লোরাইড এবং বেন্‌জোট্রাইক্লোরাইড মিশ্রিত থাকবে। এই মিশ্রণের আংশিক পাতনের ফলে বেন্‌জাল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। বেন্‌জাল ক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে বেনজাল্‌ডিহাইড উৎপন্ন হয়।




(খ) ইটার্ড (Etard) বিক্রিয়া ঃ




**অনুশীলনী ঃ 1**

(i) প্রতিসম এবং অপ্রতিসম কিটোন কাদের বলা হয় ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।

(ii) IUPAC পদ্ধতির সাহায্যে নামকরণ করুন।

(অ) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$;

(আ) $CH_3CH_2CH_2CHO$।

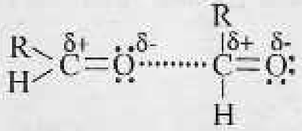
(iii) শৃঙ্খল সমাবয়বতা, অবস্থান জনিত সমাবয়বতা এবং কার্যকরী মূলক সমাবয়বতার উদাহরণ দিন।

(iv) $C_6H_5COCl$ কে কী উপায়ে $C_6H_5CHO$ যৌগে রূপান্তরিত করবেন ?

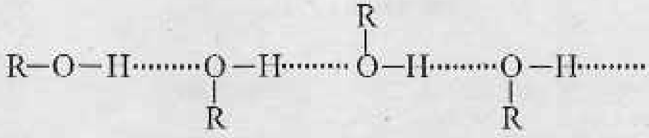
## 7.5 ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া

ভৌত ধর্ম ঃ (a) অ্যালডিহাইড এবং কিটোন ধ্রুবীয় যৌগ (polar compounds)। এই জন্য এদের মধ্যে আন্তঃ আনবিক (intermolecular) আকর্ষণ আছে। এই আকর্ষণের জন্য এদের স্ফুটনাঙ্ক সম আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট অ্যালকোহলের তুলনায় অনেক কম। এর কারণ অ্যালকোহলের অনুর মধ্যে

শক্তিশালী হাইড্রোজেন বন্ধন আছে ; কিন্তু কার্বোনিল যৌগে দুটি ডাইপোলের (dipoler) মধ্যে দুর্বল ইলেকট্রনিয় বন্ধন বর্তমান।



(দুর্বল বন্ধন)



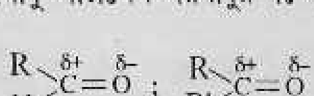
(শক্তিশালী হাইড্রোজেন বন্ধন)

(b) নিম্ন আনবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালিফ্যাটিক মিথানাল (–21°) ও প্রোপানাল (21°) সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে নিম্ন আনবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালিফ্যাটিক কিটোন যেমন, প্রোপানোন (56°) বিউটানোন (80°) ইত্যাদি সাধারণ তাপমাত্রায় তরল। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড যেমন, বেন্‌জালডিহাইড তরল যৌগ। স্ফুটনাঙ্ক 179°। কিন্তু বেন্‌জোফেনোন সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন। গলনাঙ্ক 49°।

(c) নিম্ন আনবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগ জলে দ্রাব্য। কিন্তু বেন্‌জালডিহাইড জলে অদ্রাব্য।

**রাসায়নিক ধর্ম এবং বিক্রিয়া ঃ** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে কার্বোনিল যৌগ ধ্রুবীয়। অ্যালডিহাইড যৌগের কার্যকরী মূলক 'অ্যালডিহাইড' (–CHO) এবং কিটোনের কার্যকরী মূলকের নাম 'কিটো' (>C = O)। দুটি মূলকেই কার্বন পরমাণু অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে দ্বি-বন্ধনে যুক্ত।



কার্বনের তুলনায় অক্সিজেন বেশি তড়িৎ-ঋণাত্মক বলে π-বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় অক্সিজেন পরমাণুর দিকে সরে আসে। ফলে কার্বন পরমাণুর আংশিক পরাতড়িৎ আধান প্রাপ্ত হয় এবং অক্সিজেন সমপরিমাণ অপরাতড়িৎ আধান প্রাপ্ত হয়। অ্যালডিহাইডে একটি অ্যালকিল (বা অ্যারিল) এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণু কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে। কিন্তু কিটোনে কার্বোনিল কার্বনের সঙ্গে দুটি অ্যালকিল বা দুটি অ্যারিল মূলক কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে। অ্যালডিহাইড, কিটোনের তুলনায় বেশি ক্রিয়াশীল। কার্বোনিল যৌগের কার্বন পরমাণু পরা-তড়িৎধর্মী বলে ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারককে আকৃষ্ট করে। তাই এটি ইলেকট্রোফিলিক

(electrophilic)। অ্যালডিহাইডে কার্বোনিল কার্বনের ইলেট্রোফিলিসিটি কিটোনের কার্বোনিল কার্বনের ইলেকট্রোফিলিসিটি অপেক্ষা বেশি। অ্যালডিহাইড কিটোনের তুলনায় বেশি সক্রিয় কারণ,

(i) অ্যালডিহাইডে একটি অ্যালকিল মূলক কার্বোনিল কার্বনে যুক্ত। কিন্তু কিটোনে দুটি অ্যালকিল মূলক কার্বোনিল কার্বনে যুক্ত। অ্যালকিল মূলক ইলেকট্রন দান কারী বলে ইলেকট্রন দানের ফলে অ্যালডিহাইডের কার্বোনিল কার্বনের ইলেকট্রোফিলিসিটি কিছুটা প্রশমিত হয়। কিন্তু কিটোনে দুটি অ্যালকিল মূলক থাকার জন্য এই প্রশমন অনেক বেশি হয়। ইলেকট্রনিয় তত্ত্ব অনুযায়ী

(ii) কার্বোনিল কার্বনে একাধিক অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকলে স্টেরিক প্রভাবের জন্য রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রভাবিত হয়। কিটোনে যেহেতু দুটি অ্যালকিল মূলক বর্তমান তাই অ্যালডিহাইডের তুলনায় কিটোনের বিক্রিয়া করার প্রবণতা অনেক কম।

(স্টেরিক প্রভাব কম) (স্টেরিক প্রভাব বেশি)

## 7.5.1 কার্বোনিল যৌগের জারণ

i) $KMnO_4/H_2SO_4$; $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ অথবা $CrO_3$ [ক্রোমিক অ্যাসিড] দ্বারা অ্যালডিহাইড এবং কিটোন জারিত হয়ে অ্যাসিড উৎপন্ন করে। অ্যালডিহাইডের কার্বন সংখ্যা এবং উৎপন্ন অ্যাসিডের কার্বন সংখ্যা একই থাকবে। যেমন,

$$HCHO \xrightarrow{[O]} HCOOH$$

$$CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

$$RCH_2CHO \xrightarrow{[O]} RCH_2COOH$$

কিন্তু কিটোন জারিত হলে অ্যাসিড মিশ্রণ তৈরি হবে এবং উৎপন্ন প্রত্যেকটি অ্যাসিডের কার্বন সংখ্যা কিটোনের কার্বন সংখ্যা থেকে কম হবে। যেমন,

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3COOH + HCOOH$$

$$CH_3CH_2COCH_2CH_2CH_3 \xrightarrow{[O]} 2\,CH_3CH_2COOH$$

ii) সেলেনিয়াম ডাইঅক্সাইড ($SeO_2$) দ্বারা জারন ঃ

অ্যালডিহাইড বা কিটোন যৌগে যদি 'কিটোমিথিলিন' ($-COCH_2-$) মূলক থাকে, তা হলে $SeO_2$ ঐ অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে 1, 2 ডাইকার্বোনিল যৌগে রূপান্তরিত করবে। যেমন,

$$H\text{–}CH_2CHO \xrightarrow{SeO_2} CHOCHO + Sc + H_2O$$
(গ্লাইঅক্সাল)

$$H-CH_2COCH_3 \xrightarrow{SeO_2} CHOCOCH_3 + Sc + H_2O$$
(মিথাইল গ্লাইঅক্সাল)

$$RCOCH_2R' \xrightarrow{SeO_2} RCOCOR' + Sc + H_2O$$
1,2 ডাই কার্বোনিল যৌগ

## 7.5.2 কার্বোনিল যৌগের বিজারন

(i) অ্যালডিহাইড এবং কিটোন উভয় শ্রেণির যৌগই বিজারিত হয়। উৎপন্ন যৌগের প্রকৃতি বিজারকের উপর নির্ভর করে। Pt/Pd অথবা Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বোনিল যৌগ $H_2$ দ্বারা বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে প্রাইমারি (1°) অ্যালকোহল এবং কিটোন বিজারিত হয়ে সেকেন্ডারি (2°) অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$CH_3CH_2CHO \xrightarrow{Ni/H_2} CH_3\,CH_2CH_2\,OH$$
(প্রোপান্যাল) (1-প্রোপানল)

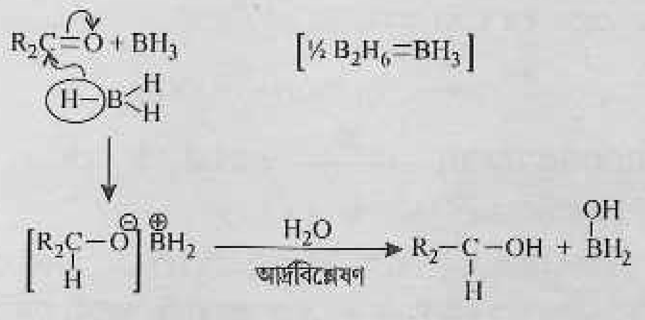
$$CH_3\,CH_2\,COCH_2\,CH_2\,CH_3 \xrightarrow{Pt/H_2} CH_3CH_2\,CH(OH)\,CH_2\,CH_2CH_3$$
(3-হেক্সানোন বা হেক্সান-3-ওন) (3-হেক্সানল বা হেক্সান-3-অল)

এছাড়া Na / অ্যালকোহল, $LiAlH_4$, $NaBH_4$ অথবা ডাইবোরেন, $B_2H_6$ কার্বোনিল যৌগকে অ্যালকোহলে রূপান্তরিত করে।

$$R_2\,C=O \xrightarrow[\text{অথবা } B_2H_6]{LiAlH_4/NaBH_4} R_2CHOH$$

এখানে শুধু $B_2H_6$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া কৌশল দেখান হল। এদের প্রত্যেকেই হাইড্রাইড আয়ন ($H^{\ominus}$) দান করে।

**বিক্রিয়া কৌশল ঃ**



(ii) ক্লিমেনসেন (Clemmensen) এবং ভলফ্-কিশনার (Wolf-kishner) বিজারনের সাহায্যে অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে অ্যালকেন বা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে রূপান্তরিত করা যায়।

ক্লিমেনসেন বিজারণ ঃ

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow[\Delta]{\text{Zn/Hg, গাঢ় HCl}} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>CH_2 + H_2O$$

ভলফ-কিশানার বিজারন

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow[150^\circ]{NH_2NH_2\text{ (হাইড্রাজিন)}} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>CH_2 + N_2$$

(1, 2-ইথেন ডাইঅল দ্রাবক)

উপরের পদ্ধতি দুটির সাহায্যে $>C=O$ মূলককে $>CH_2$ (মিথিলিন) মূলকে রূপান্তরিত করা যায়।

## 7.5.3 নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

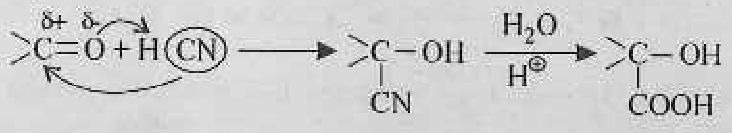
এখানে কিছু নিউক্লিওফাইলের উদাহরণ দেওয়া হল।

প্রশম নিউক্লিওফাইল ঃ $H_2\ddot{O}:$, $R\ddot{O}H$, $:NH_3$, $R\ddot{N}H_2$, $:NH_2OH$, $:NH_2NH_2$, $Ph.NH.\ddot{N}H_2$, 2, 4-DNP ইত্যাদি।

অ্যানায়নীয় নিউক্লিওফাইল ঃ $\bar{H}$, $O\bar{H}$, $O\bar{R}$, $\bar{N}H_2$, $C\bar{N}$, $\bar{R}\overset{+}{Mg}X$ ইত্যাদি।

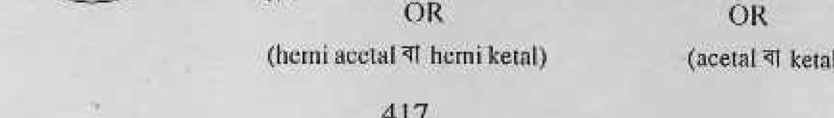
উপরোক্ত প্রশম অথবা অ্যানায়নীয় নিউক্লিওফাইল প্রত্যেকেই এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুগল ধারন করে এবং এরা কার্বোনিল মূলকের ইলেকট্রোফিলিও কার্বনকে ইলেকট্রন দান করে সমযোজী বন্ধন রচনা করে।

(i) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN) এর সংযোজন ঃ কার্বোনিল যৌগ HCN এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে। সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে α-হাইড্রক্সি অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



α-হাইড্রক্সিঅ্যাসিড

(ii) অ্যালকোহলের (R-OH) সংযোজন ঃ



(hemi acetal বা hemi ketal) (acetal বা ketal)

(iii) অ্যামোনিয়া (:$NH_3$) এবং $NH_3$ এর জাতক এর সংযোজন ঃ

$$>C=O + :NH_3 \rightleftharpoons >C(NH_2)-OH$$

উপরের বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং ধীরগতি সম্পন্ন। কিন্তু $NH_3$ এর জাতকের সঙ্গে বিক্রিয়া উল্লেখ করার মত।

$$>\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O} + :NH_2OH \longrightarrow >C=N\cdot OH + H_2O$$

(হাইড্রক্সিল অ্যামিন) (অক্সিম)

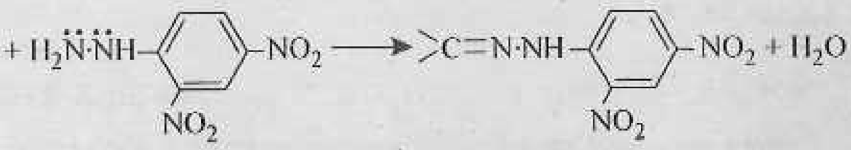
উৎপন্ন অক্সিম যৌগটি কঠিন এবং নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বিশিষ্ট। অক্সিম প্রস্তুতির সাহায্যে কার্বোনিল যৌগকে সনাক্ত করা যায়।

$$>C=O + H_2\ddot{N}\cdot\ddot{N}H_2 \longrightarrow >C=N\cdot NH_2 + H_2O$$

(হাইড্রাজোন)

$$+ H_2\ddot{N}\cdot\ddot{N}H\cdot Ph \longrightarrow >C=N\cdot NH\cdot Ph + H_2O$$

(ফিনাইলহাইড্রাজোন)



(2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজোন বা 2, 4-DNP)

হাইড্রাজিন এর সঙ্গে কার্বোনিল যৌগের বিক্রিয়া শুধু একটি ধাপের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকে না। দুই অণু কার্বোনিল যৌগ এক অণু হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাজিন (azine) উৎপন্ন করে।

$$>C=O + H_2N\cdot NH_2 \longrightarrow >C=N\cdot NH_2 + H_2O$$

$$>C=N\,NH_2 + O=C< \longrightarrow >C=N\,N=C< + H_2O$$

অ্যাজিন

এই কারণে $NH_2.NH_2$ এর জাতক 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজিন কার্বোনিল যৌগ সনাক্ত করণে ব্যবহৃত হয়।

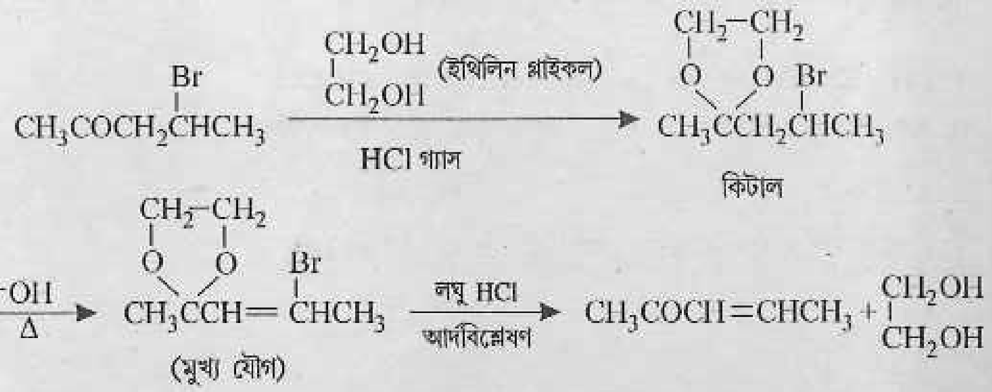
উপরের সংযোজন বিক্রিয়াগুলি পড়ার পর আপনি নিশ্চয়ই নিউক্লিউফাইলগুলি চিহ্নিত করতে পেরেছেন। কার্বোনিল যৌগ রসায়নে উপরের (i), (ii) এবং (iii) এই তিনটি বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। যেমন,

(1) কার্বোনিল যৌগে HCN সংযোজনের সাহায্যে প্রাপ্ত সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করে $\alpha$-হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই হাইক্সি অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে $\alpha$-$\beta$ অসম্পৃক্ত অ্যাসিড তৈরী হবে। অতএব এই বিক্রিয়া $\alpha$-$\beta$ অসম্পৃক্ত অ্যাসিড তৈরির একটি অন্যতম পদ্ধতি। যেমন,

$$CH_3CH_2CHO \xrightarrow{HCN} CH_3CH_2CH(OH)CN \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H^{\oplus}}$$

$$CH_3{-}CH_2CH(OH)COOH \xrightarrow[\Delta]{H^{\oplus}} CH_3CH=CH\,COOH + H_2O$$

(2) অ্যালডিহাইডের সঙ্গে HCl গ্যাসের উপস্থিতিতে অ্যালকোহল বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাল উৎপন্ন করে। কিটোনের সঙ্গে একই বিক্রিয়া ঘটলে কিটাল পাওয়া যায়। অ্যাসিটাল বা কিটাল ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু লঘু HCl দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সহজেই আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং কার্বোনিল মূলকটির পুনরুদ্ধার ঘটে। যদি কার্বোনিল যৌগে আরও একটি কার্যকরী মূলক থাকে তা হলে এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কার্বোনিল মূলকটিকে সংরক্ষন করে (protect) অপর কার্যকরী মূলকের বিক্রিয়া ঘটান হয়। যেমন,




কার্বোনিল মূলককে সংরক্ষণ না করে ক্ষারের ($\bar{O}H$) মাধ্যমে বিক্রিয়া ঘটালে বিভিন্ন অপ্রাসঙ্গিক যৌগ তৈরি হত।

**অনুশীলনী 2**

কারণ ব্যাখ্যা করুন ঃ

(i) (অ) ইথানালের স্ফুটনাঙ্ক 21° কিন্তু ইথানলের স্ফুটনাঙ্ক 78°;

(আ) কিটোন অপেক্ষা অ্যালডিহাইড বেশি সক্রিয় ;

(ii) জৈব রসায়নে নিচের বিকারকগুলির ব্যবহার লিখুন এবং প্রত্যেকক্ষেত্রে উদাহরণ দিন।

(অ) $B_2H_6$; (আ) $SeO_2$; (ই) $NH_2OH \cdot HCl$; (ঈ) $\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$

## 7.5.4 অ্যালডল এবং ক্যান্নিজারো বিক্রিয়া

(A) অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়া (Aldol Condensation) : লঘু ক্ষার অথবা লঘু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথানাল ঘনীভবন বিক্রিয়া করে অ্যালডল উৎপন্ন করে যেমন,

$$2\,CH_3CHO \xrightleftharpoons{-OH} CH_3CH(OH)\,CH_2CHO$$

[ অ্যালডল (aldol) কথাটি এসেছে aldehyde এবং alcohol থেকে। ald + ol = aldol]

অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়ার জন্য কার্বোনিল যৌগে $\alpha$-H থাকা আবশ্যিক।

(i) $\alpha$-হাইড্রোজেন যুক্ত দুই অণু অ্যালডিহাইড ; দুই অণু কিটোন ; এক অণু অ্যালডিহাইড এবং এক অণু কিটোন (একই রকম অথবা আলাদা) এর প্রয়োজন হয়।

(ii) লঘু ক্ষার অথবা লঘু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটান হয়।

(iii) বিক্রিয়াটি উভমুখী।

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ** বিক্রিয়ার ধাপগুলি নিচে দেখানো হল।

(1) $H-CH_2CHO + \overset{\ominus}{O}H \rightleftharpoons :\overset{\ominus}{C}H_2CHO + H_2O$

($\alpha$-হাইড্রোজেন, আম্লিক) (কার্ব-অ্যানায়ন, নিউক্লিউফাইল)

(2) $CH_3-\underset{H}{\overset{O}{\overset{\|}{C}}} + \bar{C}H_2CHO \rightleftharpoons CH_3-\underset{H}{\overset{O^-}{\overset{|}{C}}}-CH_2CHO$

(3) $CH_3-\underset{H}{\overset{O^-}{\overset{|}{C}}}-CH_2CHO \xrightleftharpoons{H^+} CH_3CH(OH)CH_2CHO$

(অ্যালডল)

অ্যালডলকে অ্যাসিড অনুঘটকের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে $\alpha, \beta$– অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইড অথবা কিটোন তৈরি করা যায় যেমন.

$$CH_3\,CH\,(OH)CH_2CHO \xrightleftharpoons[\Delta]{H^{\oplus}} CH_3CH = CHCHO + H_2O$$

ক্ষারীয় অনুঘটক বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে দু অণু অ্যাসিটোন যুক্ত হয়ে ডাইঅ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এটি মেসিটাইল অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$CH_3COCH_3 + HCH_2COCH_3 \xrightleftharpoons{Ba(OH)_2} CH_3\,CH(OH)\,CH_2\,COCH_3$$

ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!C(OH)CH_2COCH_3 \xrightarrow[\Delta]{H^+} \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!C=CHCOCH_3$$

(ডাইঅ্যাসিটোন অ্যালকোহল) মেসিটাইল অক্সাইড

(B) ক্যানিজারো বিক্রিয়া (Cannizzaro reaction) : যে সকল অ্যালডিহাইডে (অ্যালফ্যাটিক বা অ্যারোমেটিক) α-হাইড্রোজেন নেই তাদের KOH অথবা NaOH-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ অথবা অ্যালকোহলীয় KOH-এর দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে এক অণু জারিত হয়ে অ্যাসিড এবং আরেক অণু বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। যেমন,

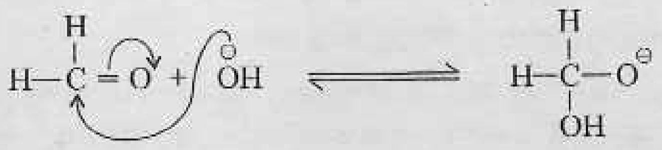
$$2HCHO + {}^{-}OH \longrightarrow HCOO^- + CH_3OH$$

ফরমালডিহাইড — ফরমেট বা মিথানোয়েট আয়ন — মিথাইল অ্যালকোহল

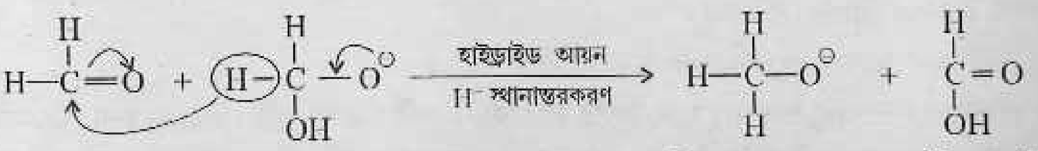
$$2\,PhCHO + {}^{-}OH \longrightarrow PhCOO^- + PhCH_2OH$$

বেন্‌জালডিহাইড — বেন্‌জোয়েট আয়ন — বেন্‌জাইল অ্যালকোহল

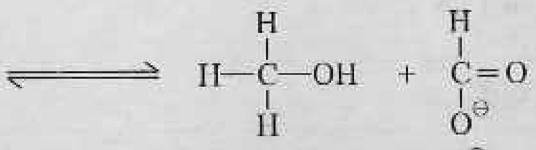
**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ**



অ্যানায়ন




মিথোক্সাইড আয়ন — ফরমিক অ্যাসিড



(স্থায়ী)

## 7.5.5 হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া (haloform reaction)

যে সকল জৈব যৌগে $CH_3CO-$ (কিটোমিথাইল) মূলক বর্তমান সেই সব যৌগ $X_2$ [X = Cl, Br, I] এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালোফর্ম ($CHX_3$) উৎপন্ন করে। সাধারণতঃ পরীক্ষাগারে $CH_3-CO-$ মূলক (অথবা $CH_3.CHOH-$মূলক) সনাক্ত করার জন্য এই বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। ক্লোরোফর্ম

$(CHCl_3)$ এবং ব্রোমোফর্ম $(CHBr_3)$ তরল। কিন্তু আয়োডোফর্ম $(CHI_3)$ হলুদবর্ণের কঠিন পদার্থ বলে সহজেই সনাক্ত করা যায়। তাই এই বিক্রিয়া $I_2/NaOH$ এর সাহায্যে করা হয়।

$$CH_3\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}CH_3 + I_2 + NaOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{(হলুদ অধঃক্ষেপ)}}{CHI_3\downarrow} + CH_3COO^- + H_2O + NaI$$

অনুশীলনী 3

(i) অ্যালডল এবং ক্যান্নিজ্যারো বিক্রিয়ার কৌশল লিখুন (নিচের বিক্রিয়ক যথাস্থানে ব্যবহার করুন)।

(অ) $[CH_3]_3\,CCHO$ (আ) $CH_3CHO$

(ii) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া কাকে বলে ? এই বিক্রিয়ার একটি ব্যবহার লিখুন। বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন।

## 7.6 কার্বোনিল যৌগের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) (Schiff) বিকারকের সাহায্যে অ্যালডিডাইড সনাক্তকরন।

অ্যালডিহাইড যৌগকে শিফ্ (Schiff) বিকারকের দ্রবণের সঙ্গে ঝাঁকালে গোলাপী বর্ণ ধারন করে।

(ii) টলেন্স (Tollens') বিকারকের সাহায্যে সনাক্তকরন।

টলেন্স (Tollens) বিকারক হচ্ছে অ্যামোনিয়াকাল $AgNO_3$-এর দ্রবণ। এই দ্রবণে $[Ag(NH_3)_2]^+\overset{\ominus}{O}H$ জটিল যৌগে উপস্থিত থাকে। এই বিকারকের সঙ্গে অ্যালডিহাইড যৌগ মিশ্রিত করে পরিষ্কার পরীক্ষা নলে ফোঁটালে (একটি জলপূর্ন বিকারের মধ্যে রেখে) $AgNO_3$ বিজারিত হয়ে পরীক্ষা নলের ভিতরে চক্‌চকে আয়নার (Silver mirror) সৃষ্টি হয়।

(iii) ফেলিং (Fehling) দ্রবণ এর সাহায্যে সনাক্তকরণ I

[ফেলিং (Fehling) দ্রবণ (I) হচ্ছে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ এবং Fehling দ্রবণ (II) হচ্ছে সোডিয়াম পটাশিয়াম টারটারেটের ক্ষারিয় দ্রবণ। একটি পরীক্ষানলে এই দুটি দ্রবণ I এবং II সমপরিমাণে মিশিয়ে অ্যালডিহাইড যৌগ যোগ করে পরীক্ষানলটিকে একটি জলপূর্ণ বিকারে বসিয়ে উত্তপ্ত করলে লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ $(Cu_2O)$ পাওয়া যায়।]

## 7.7 বাণিজ্যিক ব্যবহার

(1) বেকেলাইট (Bakelite) ঃ ফেনল, ফরমালডিহাইডের (মিথানালের) সঙ্গে বিক্রিয়া করে বেকেলাইট (bakelite) নামক প্লাস্টিক উৎপন্ন করে।

(2) মিথানাল থেকে ফর্মালিন তৈরি করা হয়। ফর্মালিন (formalin) হল : 40% HCHO; 8% MeOH এবং 52% $H_2O$।

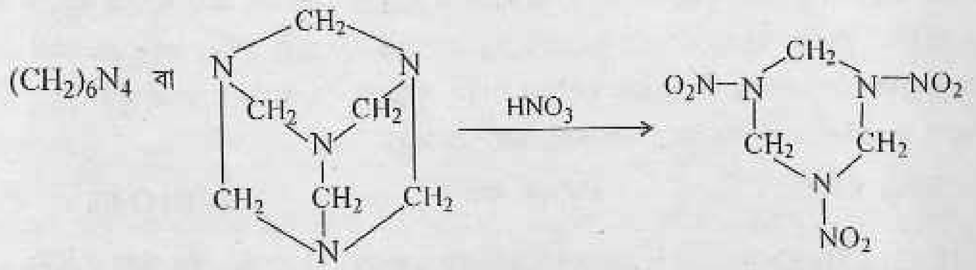
ফর্মালিন মৃত প্রাণী দেহ সংরক্ষণের কাজে লাগে।

(3) ফিনাইল ইথানোন বা অ্যাসিটোফেনোন, $C_6H_5.COCH_3$ সুগন্ধি হিসাবে কাজে লাগে।

(4) অ্যান্টিসেপটিক হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন বা ইউরোট্রোপিন তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।

$$6CH_2O + 4NH_3 \longrightarrow (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$$

হেক্সামিথিলিন টেট্রামিনকে $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে মিলিটারি বিস্ফোরক, RDX (Royal Department Explosive) উৎপন্ন হয়।




RDX
(cyclonite)

## [B] 7.8 অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড, অ্যাসিডের জাতক সমূহ এবং প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড

এই এককে আমরা অ্যালিফ্যাটিক মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং অ্যারোমেটিক মনো ও ডাই-কার্বোক্সি লিক অ্যাসিড, প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড এদের জাতক সমূহ সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

### 7.8.1 নামকরণ

অ্যালিফেটিক মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সমূহকে সাধারণভাবে বলা হয় ফ্যাটি অ্যাসিড। কারণ দীর্ঘ শৃঙ্খলযুক্ত অ্যাসিড (যেমন, পামিটিক, স্টিয়ারিক, ওলেইক অ্যাসিড) ফ্যাট বা অয়েলের আর্দ্রবিশ্লেষণে পাওয়া যায়। এখানে কয়েকটি অ্যাসিডের প্রচলিত নাম এবং IUPAC নাম উল্লেখ করা হল।

| অ্যাসিডের গঠন | প্রচলিত নাম | একই সংখ্যকে কার্বনযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম | IUPAC নাম |
|---|---|---|---|
| HCOOH | ফরমিক অ্যাসিড | মিথেন (methane) | মিথানোইক অ্যাসিড (methanoic acid) |
| $CH_3COOH$ | অ্যাসিটিক অ্যাসিড | ইথেন (ethane) | ইথানোইক অ্যাসিড (ethanoic acid) |

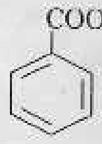
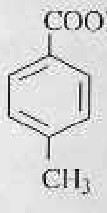
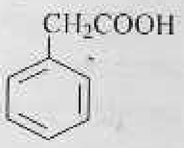
| অ্যাসিডের গঠন | প্রচলিত নাম | একই সংখ্যকে কার্বনযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম | IUPAC নাম |
|---|---|---|---|
| $CH_3CH_2CH_2COOH$ | বিউটিরিক অ্যাসিড | বিউটেন (butane) | বিউটানোয়িক অ্যাসিড (butanoic acid) |
| $CH_3(CH_2)_4COOH$ | ক্যাপ্রোয়িক অ্যাসিড | হেক্সেন (hexane) | হেক্সানোয়িক অ্যাসিড (hexanoic acid) |

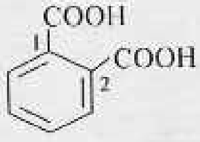
বি.দ্র. ঃ একই সংখ্যক কার্বনযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন এবং ফ্যাটি অ্যাসিডের নামের মিল লক্ষ্য করুন। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের ইংরাজী নামের শেষে 'e'-এর পরিবর্তে 'oic acid' যুক্ত হয়েছে।

যদি ফ্যাটি অ্যাসিডের শৃঙ্খলের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য কোনো পরমাণু বা মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তবে সেক্ষেত্রে কার্বোক্সিলের কার্বনকে '1' দ্বারা চিহ্নিত করে নামকরণ করা হয়। সাধারণ নামকরণের ক্ষেত্রে কার্বোক্সিল মূলকের কার্বন, শৃঙ্খলের যে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তাকে $\alpha$, পরের কার্বনকে $\beta$, এইভাবে চিহ্নিত করে নামকরণ করতে হবে।

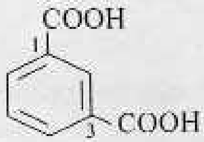
| যৌগের গঠন | প্রচলিত নাম | IUPAC নাম |
|---|---|---|
| $\underset{\gamma}{\overset{4}{CH_3}}\underset{\beta}{\overset{3}{CH_2}}\underset{\underset{CH_3}{\mid\alpha}}{\overset{2}{CH}}\overset{1}{COOH}$ | $\alpha$-মিথাইলবিউটিরিক অ্যাসিড | 2-মিথাইল বিউটানোয়িক অ্যাসিড |

এবার অ্যারোমেটিক মনো এবং ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের নামকরণের কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

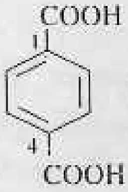
| যৌগের গঠন | প্রচলিত নাম | IUPAC নাম |
|---|---|---|
|  | বেন্‌জোয়িক অ্যাসিড | বেন্‌জিন কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড |
|  | p-টলুইক অ্যাসিড | 4-মিথাইল বেন্‌জিন কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড |
|  | ফিনাইলঅ্যাসিটিক অ্যাসিড | ফিনাইলইথানোয়িক অ্যাসিড |



থ্যালিক অ্যাসিড — বেন্‌জিন-1, 2-ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড



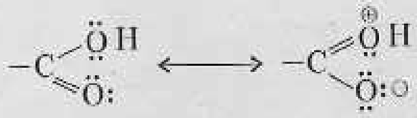
আইসোথ্যালিক অ্যাসিড — বেন্‌জিন-1, 3-ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড



টেরিথ্যালিক অ্যাসিড — বেন্‌জিন-1, 4-ডাই-কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড

## 7.9 কার্বোক্সিল মূলকের গঠন

কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের কার্যকরী মূলকের লুইস (Lewis) গঠন দুটি নিম্নরূপ।



(I) (II)

উপরের রেজোনেটিং গঠন দুটির মধ্যে (II) অপেক্ষা (I) অধিক স্থায়ী।

## 7.10 প্রস্তুতি

কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড নিচে উল্লেখ করা পদ্ধতিগুলির সাহায্যে প্রস্তুত করা যায়।

### 7.10.1 প্রাইমারি অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড এবং অ্যালকিনের জারন

$$\underset{(1^\circ\ \text{অ্যালকোহল})}{RCH_2OH} \xrightarrow[{[O]\ \Delta}]{K_2Cr_2O_7/\text{ঘন } H_2SO_4} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিড}}{RCOOH}$$

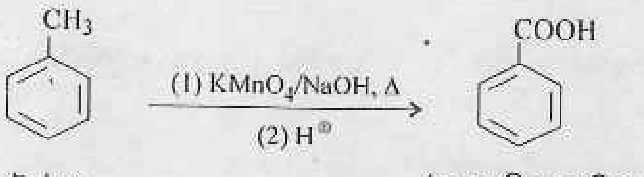
$$\underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow[{H_2O,\ [O],\ \Delta}]{Ag_2O,\ NaOH} RCO\bar{O}\overset{+}{Na} + Ag\downarrow \quad \xrightarrow{H^{\oplus}} RCOOH$$

$$\underset{\text{(অ্যালকিন)}}{RCH = CHR} \xrightarrow[\text{(ii) } \overset{\oplus}{H}, H_2O]{\text{(i) } KMnO_4/NaOH} RCOOH + R'COOH$$

## 7.10.2 অ্যারোমেটিক মনো এবং ডাই কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

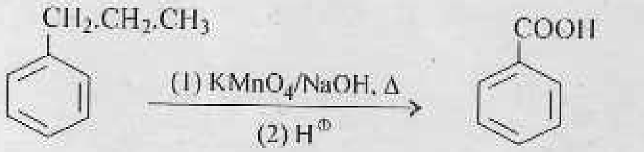
অ্যালকিল বেন্‌জিনের জারন ক্রিয়ায় বেন্‌জোয়িক অ্যাসিড তৈরি করা যায়।

যেমন, টলুইনকে ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত মিশ্রণকে আম্লিক করা হলে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।




(টলুইন) (বেন্‌জোয়িক অ্যাসিড)

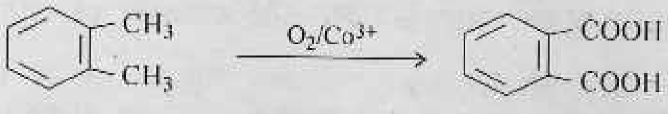
অ্যালকিল মূলকের তুলনায় বেনজিন বলয় অধিক সুস্থির। তাই জারন ক্রিয়ার সময় অ্যালকিলমূলক সহজেই জারিত হয়।



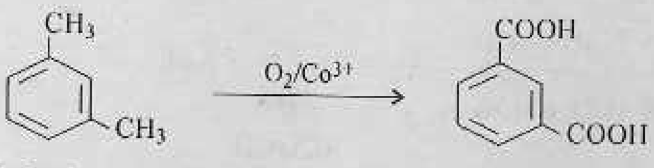

(n-প্রোপাইলবেন্‌জিন)

ক্ষারীয় $KMnO_4$ এর পরিবর্তে $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ অথবা $HNO_3$ এর সাহায্যে অ্যালকিলবেন্‌জিন জারিত করা যায়।

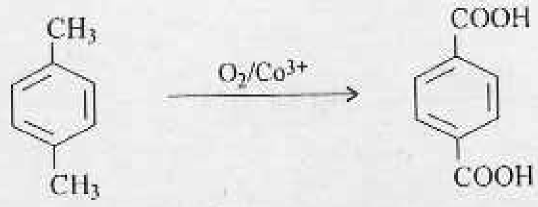
এছাড়া ডাই অ্যালকিল বেন্‌জিনকে $Co^{3+}$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিনডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা যায়।




(1, 2-ডাইমিথাইল-বেন্‌জিন) (থ্যালিক অ্যাসিড)

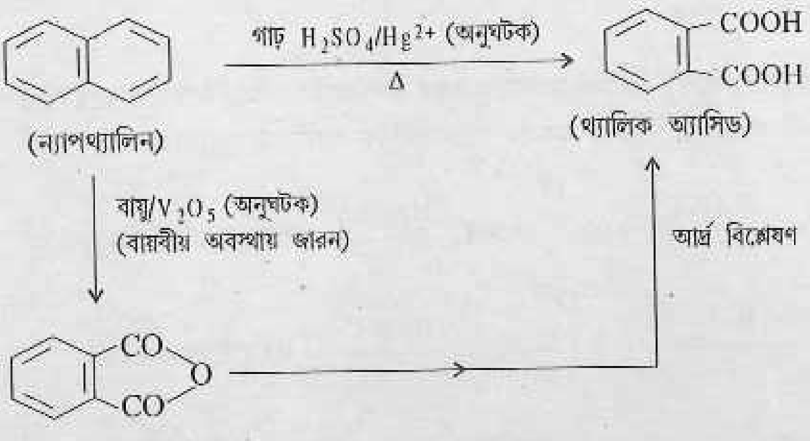



(1, 3-ডাইমিথাইল-বেন্‌জিন) (আইসোথ্যালিক অ্যাসিড)




(1,4-ডাইমিথাইল-বেন্‌জিন) (টেরিথ্যালিক অ্যাসিড)

আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করে থ্যালিক অ্যাসিড তৈরি করা যায়।




(থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড)

### 7.10.3 অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যামাইড, অ্যানহাইড্রাইড, এস্টার এবং নাইট্রাইলের আর্দ্রবিশ্লেষণ

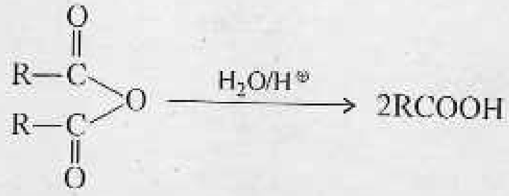
অজৈব অ্যাসিড (লঘু $HCl, H_2SO_4$) অথবা ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যাসিড জাতকের আর্দ্রবিশ্লেষণে জৈব অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-Cl \xrightarrow{H_2O/H^{\oplus}} RCOOH + HCl$$

(অ্যাসিড ক্লোরাইড)

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2 \xrightarrow{H_2O/H^{\oplus}} RCOOH + NH_3$$

(অ্যাসিড অ্যামাইড)



(অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড)

$$R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}OR' \xrightarrow{H_2O/H^{\oplus}} R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}OH + R'OH$$

(এস্টার)

নাইট্রাইল (সায়ানাইড), অ্যাসিড অথবা ক্ষারের উপস্থিতিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে জৈব অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি অ্যামাইড গঠনের মাধ্যমে কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

$$RC{\equiv}N: \xrightarrow[\Delta]{H_2O/H^+} R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}NH_2 \xrightarrow{H_2O/H^+} RCOOH + NH_3$$

$$RC{\equiv}N: \xrightarrow{H_2O/OH^-} R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}NH_2 \xrightarrow{H_2O/H^+} RCOOH + NH_3$$

উদাহরণ : $CH_3{-}C{\equiv}N: \xrightarrow[+H_2O]{H^+ \text{ or } OH^-} CH_3{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}NH_2 \xrightarrow[+H_2O]{H^+ \text{ or } OH^-} CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}OH + NH_3$

অ্যাসিটোনাইট্রাইল  অ্যাসিটামাইড  অ্যাসিটিক অ্যাসিড

## 7.10.4 জৈব ধাতব যৌগের সাহায্যে অ্যাসিড প্রস্তুতি :

$$\overset{\ominus}{R}\overset{\oplus}{Mg}X + \overset{\overset{O}{\|}}{C}{=}O \xrightarrow[0^\circ \text{ সে.}]{\text{ইথার}} R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}\overset{-}{O}\overset{+}{Mg}X \xrightarrow{H^+,\ H_2O} R{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}OH + Mg(OH)X$$

(গ্রিগনার্ড বিকারক)  (কার্বন ডাইঅক্সাইড)

উদাহরণ ঃ

$$CH_3MgI + O{=}C{=}O \xrightarrow[0^\circ \text{ সে.}]{\text{ইথার}} CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OMgI \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH + Mg(OH)I$$

## 7.10.5 অ্যাসিটাইলিন (ইথাইন) থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (ইথানোয়িক অ্যাসিড)-এর শিল্প প্রস্তুতি

$$\underset{\text{(ক্যালসিয়াম কার্বাইড)}}{CaC_2} + 2H_2O \longrightarrow CH\equiv CH + Ca(OH)_2 \xrightarrow[H_2SO_4,\ 60^\circ]{H_2O/Hg^{2+}} CH_3CHO \longrightarrow$$

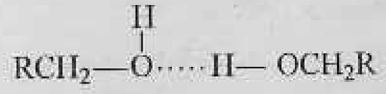
$$\xrightarrow[\text{(জারণ)}]{O_2/Mn^{2\oplus}} CH_3COOH$$

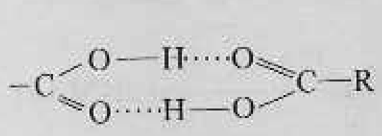
# 7.11 ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম

(i) ভৌত ধর্ম ঃ

নিম্ন আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অ্যালফেটিক অ্যাসিড সমূহের গলনাঙ্ক কম। এরা সাধারণ তাপমাত্রায় তরল। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির ফলে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। উচ্চ আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিড এবং অ্যারোমেটিক মনো ও ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সমূহ সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন। নিম্ন আনবিকগুরুত্ব বিশিষ্ট অ্যাসিড যেমন, মিথানোয়িক, ইথানোয়িক, প্রোপানোয়িক এবং বিউটানোয়িক অ্যাসিড সমূহ জলে দ্রাব্য। আনবিক গুরুত্ব বৃদ্ধি পেলে দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

একই আনবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট অ্যালকোহলের তুলনায় অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক বেশি। যেমন, প্রোপানল (আ. গু 60) এর স্ফুটনাঙ্ক 96°; কিন্তু ইথানোয়িক অ্যাসিড (আ. গু. 60) এর স্ফুটনাঙ্ক 118°। এর কারণ অ্যালকোহলের তুলনায় অ্যাসিডের আন্তঃআনবিক হাইড্রোজেন বন্ধন অধিক দৃঢ়।





অ্যালকিল মূলকে প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিডের অম্লত্বের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।

**+I এফেক্ট :**

$$CH_3 \rightarrow COOH > CH_3CH_2{-}COOH > CH_3CH_2CH_2{-}COOH$$

ইথানোয়িক প্রোপানোয়িক বিউটানোয়িক অ্যাসিড

——— অম্লত্ব হ্রাস ———→

**−I এফেক্ট :**

$$CH_3COOH < Cl \leftarrow CH_2 - COOH < \begin{matrix} Cl \leftarrow \\ Cl \leftarrow \end{matrix} CH - COOH < Cl \begin{matrix} Cl \\ \leftarrow \\ Cl \end{matrix} CCOOH$$

(ইথানোয়িক অ্যাসিড) (মনোক্লোরো) (ডাইক্লোরো) (ট্রাইক্লোরো ইথানোয়িক অ্যাসিড)

——— অম্লত্ব বৃদ্ধি ———→

ইথানোয়িক অ্যাসিডের তুলনায় ট্রাইক্লোরো ইথানোয়িক অ্যাসিড প্রায় 15,000 গুণ অধিক আম্লিক।

(2) রাসায়নিক ধর্ম

জৈব অ্যাসিড (জলে বা অ্যালকোহলে দ্রবীভূত) (i) নীল লিটমাসকে লাল করে।

(ii) $NaHCO_3$ দ্রবণ থেকে $CO_2$ নির্গত করে এবং অ্যাসিডের লবণে পরিনত হয়।

$$RCOOH + NaHCO_3 \longrightarrow R.COONa + CO_2 + H_2O$$

(iii) ডিকার্বোক্সিলেশন বিক্রিয়া

$$RCOONa \xrightarrow[\Delta[\text{সোডালাইম}]]{NaOH/CaO} R-H. + Na_2CO_3$$

সোডিয়াম কার্বোক্সিলেট অ্যালকেন

সোডিয়াম বেনজোয়েট বেনজিন

(iv) হুনসডিকার (Hunsdiecker) বিক্রিয়া

$$RCOOAg + Br_2 \longrightarrow R\text{-}Br + CO_2\uparrow + AgBr$$

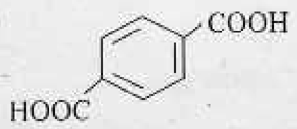
এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিড যৌগ থেকে অ্যালকিল ব্রোমাইড প্রস্তুত করা যায়।

(v) বিজারন : $R-\overset{\overset{\large O}{||}}{C}-OH \xrightarrow{LiAlH_4} RCH_2OH$

অনুশীলনী-4

(i) নিচের যৌগগুলির প্রচলিত নাম এবং IUPAC নাম লিখুন।

(অ) $CH_3CH_2(CH_2)_2COOH$;

(আ) 

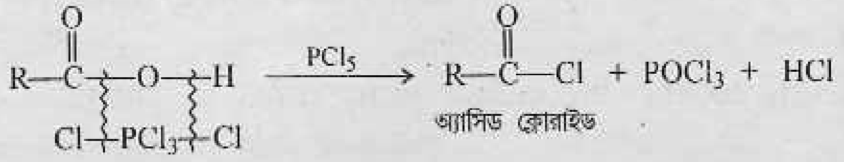

(ii) প্রোপানল এবং ইথানোয়িক অ্যাসিডের আনবিক গুরুত্ব একই ; কিন্তু প্রোপানলের স্ফুটনাঙ্ক 96° এবং ইথানোয়িক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 118°। এর কারণ কী ?

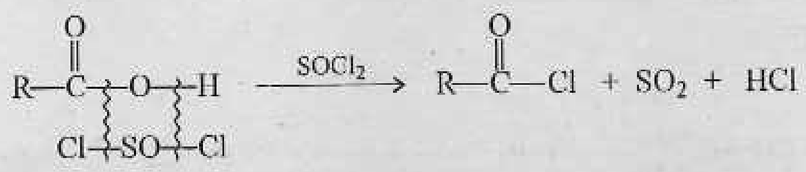
(iii) হুনস্‌ডিকার (Hunsdiecker) বিক্রিয়ার পরিচয় দিন। এই বিক্রিয়ার ব্যবহার লিখুন।

(iv) ইথানোয়িক অ্যাসিডের তুলনায় ট্রাইক্লোরোইথানোয়িক অ্যাসিড প্রায় 15,000 গুণ অধিক আম্লিক। এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।

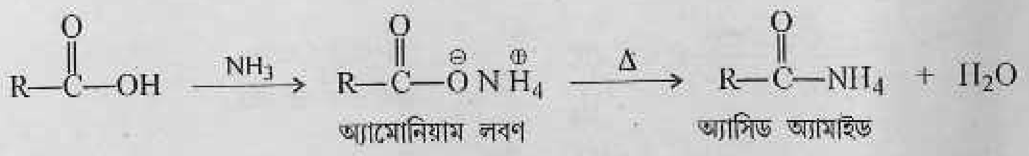
## 7.12 অ্যাসিড জাতক সমূহের প্রস্তুতি

(i) অ্যাসিড ক্লোরাইড

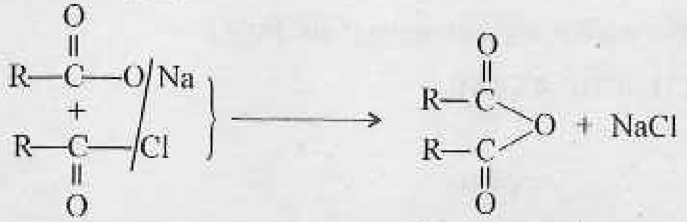



(ii) অ্যাসিড অ্যামাইড



(iii) অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড



অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড

(iv) অ্যাসিড এস্টার

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + C_2H_5OH \underset{\Delta}{\overset{\text{গাঢ় } H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OC_2H_5 + H_2O$$

(ইথাইল এস্টার)

## 7.13 প্রতিস্থাপিত অ্যাসিড

(i) 2-হ্যালোঅ্যাসিড বা α-হ্যালোঅ্যাসিড

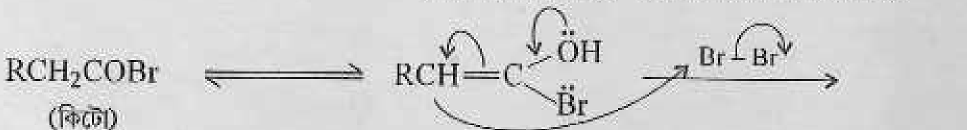
$$CH_3.CH_2.COOH \xrightarrow[\text{লাল P}]{Br_2} CH_3\underset{Br}{\underset{|}{C}}HCOOH + HBr$$

এই বিক্রিয়ার নাম হেল-ভোলার্ড জেলিনস্কি (Hell-Volhard-Zelinsky (H.V.Z) বিক্রিয়া।

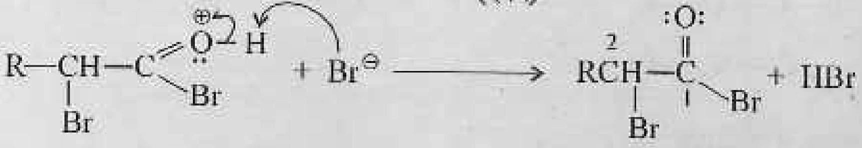
বিক্রিয়া কৌশল ঃ $2P + 5Br_2 \longrightarrow 2PBr_5$

$$R.CH_2.COOH + PBr_5 \rightleftharpoons RCH_2COBr + POBr_3 + H_2O$$

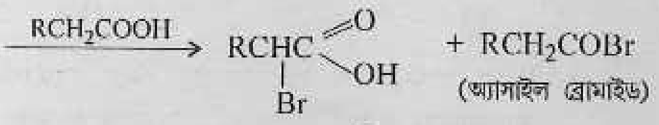
(অ্যাসাইল ব্রোমাইড) (ফসফোরাস অক্সিব্রোমাইড



(কিটো) (ইনল)



(2-ব্রোমোঅ্যাসাইল ব্রোমাইড)



(2-ব্রোমো অ্যাসিড) (অ্যাসাইল ব্রোমাইড)

(ii) α-ব্রোমো অ্যাসিড বা 2-ব্রোমো অ্যাসিডের ব্রোমিন পরমাণুকে $NH_3$, $\overset{\ominus}{O}H$ দ্বারা সহজেই অপসারিত করে বিভিন্ন জৈব যৌগ প্রস্তুত করা হয়।

(a) 2-অ্যামিনো অ্যাসিড

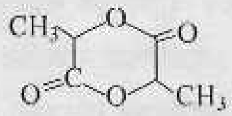
$$R.CH(Br)COOH \xrightarrow{2NH_3} RCH(NH_2)CO\overset{-}{O}\overset{+}{N}H_4 \xrightarrow{H^+} RCH(NH_2)COOH$$

(b) 2-হাইড্রক্সি অ্যাসিড

$$RCH(Br)COOH \xrightarrow[\Delta]{OH} RCH(OH)COO^- \xrightarrow{H^+} RCH(OH)COOH$$

বিভিন্ন হাইড্রক্সি অ্যাসিডে তাপের প্রভাব লক্ষনীয়।

(i) 2-হাইড্রক্সি অ্যাসিড থেকে ল্যাক্‌টাইড (lactide) উৎপন্ন হয়।

$$2\,CH_3CH(OH)COOH \xrightarrow[\Delta]{H^{\oplus}}$$  $+ 2H_2O$

ল্যাকটিক অ্যাসিড

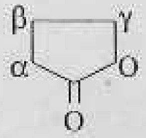
(ল্যাকটাইড)

(ii) 3-হাইড্রক্সি অ্যাসিড থেকে 2, 3-অসম্পৃক্ত অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_2(OH)CH_2COOH \xrightarrow[\Delta]{H^+} CH_2 = CHCOOH$$

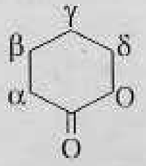
3-হাইড্রক্সি প্রোপানোয়িক অ্যাসিড        অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড

(iii) 4- এবং 5- হাইড্রক্সি অ্যাসিড থেকে যথাক্রমে γ এবং δ-ল্যাকটোন তৈরি করা যায়।

$$\overset{4}{C}H_2(OH)\,\overset{3}{C}H_2\,\overset{2}{C}H_2\,\overset{1}{C}OOH \xrightarrow[\Delta]{H^{\oplus}}$$  $+ H_2O$

4-হাইড্রক্সিবিউটানোয়িক অ্যাসিড বা
γ-হাইড্রক্সিবিউরিক অ্যাসিড

γ-বিউটিরোল্যাকটোন

$$\overset{5}{C}H_2(OH)\,\overset{4}{C}H_2\,\overset{3}{C}H_2\,\overset{2}{C}H_2\,\overset{1}{C}OOH \xrightarrow[\Delta]{H^{\oplus}}$$  $+ H_2O$

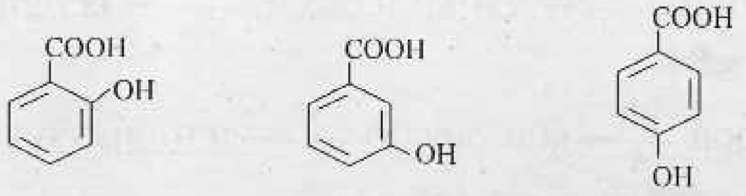
5-হাইড্রক্সিপেন্টানোয়িক অ্যাসিড বা
δ-হাইড্রক্সিভ্যালারিক অ্যাসিড

δ-ভ্যালারোল্যাকটোন

[–COOH এবং –OH মূলকদ্বয় বিক্রিয়া করে বৃত্তাকার এস্টার উৎপন্ন করেছে। বৃত্তাকার এস্টারকে ল্যাকটোন বলে।]

## 7.13.1 অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি অ্যাসিড ঃ

বেন্‌জিন বলয়ের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যদি একটি –OH মূলক এবং একটি –COOH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তা হলে হাইড্রক্সি বেন্‌জোয়িক অ্যাসিডের তিনটি সমাবয়ব গঠিত হয়। যেমন,

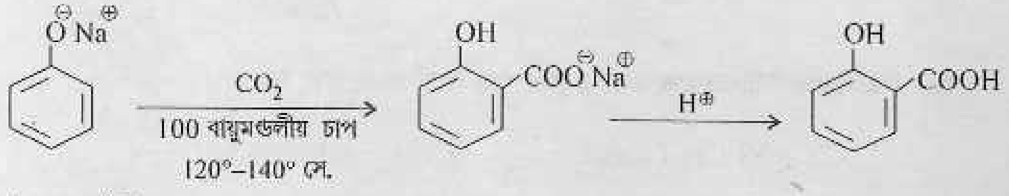


2-হাইড্রক্সি- 3-হাইড্রক্সি- 4-হাইড্রক্সিবেন্‌জোয়িক অ্যাসিড

2-হাইড্রক্সিবেন্‌জোয়িক অ্যাসিডকে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড বলা হয়।

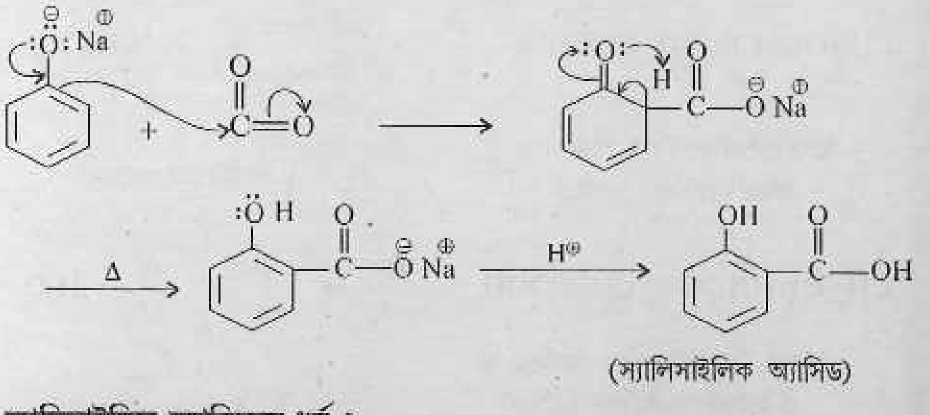
আমরা এখানে শুধু 2-হাইড্রক্সিবেনজোয়িক অ্যাসিড এর সংশ্লেষণ, ধর্ম এবং ব্যবহার উল্লেখ করবো।

(i) **স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সংশ্লেষণ ঃ** কোল্‌বে-শ্মিট (Kolbe-Schmidt) বিক্রিয়ার সাহায্যে ঃ



(সোডিয়াম ফেনক্সাইড)

**বিক্রিয়া-কৌশল ঃ**



(স্যালিসাইলিক অ্যাসিড)

(ii) **স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ**

(1) সাদা কেলাস। গলনাঙ্ক 158°। সাধারণ তাপমাত্রায় জলে সামান্য দ্রাব্য। ফুটন্ত জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়। ঠাণ্ডা করলে সূচাকৃতির কেলাস তৈরি হয়।

(2) স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে অথবা অ্যালকোহলীয় দ্রবণে এক ফোঁটা $FeCl_3$ এর দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণটি বেগুনি বর্ণ ধারন করে। (পরিচায়ক পরীক্ষা)

(3) স্যালিসাইলিক অ্যাসিডকে সোডা লাইমের সঙ্গে মিশ্রিত করে পরীক্ষানলে উত্তপ্ত করলে ফেনল (কার্বোলিক অ্যাসিড) এর গন্ধ পাওয়া যায়।

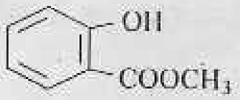
(c) স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ

(i) চর্মরোগের [দাদ জাতীয় রোগ] উপকারী ওষুধ।

(ii) অ্যাসিটাইল স্যালিসাইলিক অ্যাসিড (অ্যাস্পিরিন) মাথা ধরায় ব্যবহার করলে উপকার পাওয়া যায়।

(অ্যাস্পিরিন)

(iii) মিথাইল স্যালিসাইলেট এর মলম ব্যবহার করলে হাত পা মচকানোর ব্যথার উপশম হয়। মিথাইল স্যালিসাইলেটকে Oil of Wintergreen বলে।




(Oil of Wintergreen)

## 7.14 পরিচায়ক পরীক্ষা

i) অ্যাসিডের জলীয় অথবা অ্যালকোহলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।

ii) উপরোক্ত দ্রবণে $NaHCO_3$ এর জলীয় দ্রবণ যোগ করলে $CO_2$ এর বুদ বুদ উৎপন্ন হয়।

iii) কঠিন স্যালিসাইলিক অ্যাসিড মিথাইল অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে কয়েক ফোঁটা ঘন $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অনেক ক্ষেত্রে এস্টারের সুগন্ধ পাওয়া যায়।

## 7.15 বাণিজ্যিক ব্যবহার

দীর্ঘ শৃঙ্খল যুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের (যেমন-পামিটিক, স্টিয়ারিক, ওলেইক, লিনোলিক ইত্যাদি) সোডিয়াম বা পটাশিয়াম (Na বা K) লবণ সাবান হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**অনুশীলনী-5**

(i) ইথানোয়িক অ্যাসিড থেকে ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড কী উপায়ে সংশ্লেষণ করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

(ii) কীভাবে রূপান্তর ঘটাবেন ?

(অ) $C_6H_5COOH \longrightarrow C_6H_5COCl$

(আ) $CH_3CH_2COOH \longrightarrow CH_3CH_2CONH_2$

(iii) কী ঘটে ?

$$CH_3CH(OH)COOH \xrightarrow[\Delta]{H^+} ?$$

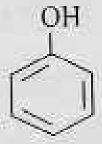
# [C] ফেনল

## 7.16 ফেনল

জলের অণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু যদি R (অ্যালকিল) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে যৌগটি হবে অ্যালকোহল। কিন্তু যদি $C_6H_5$ (ফিনাইল) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে যৌগটিকে বলা হবে ফেনল।

| H–OH | R–OH | $C_6H_5$ – OH |
|---|---|---|
| জল | অ্যালকোহল | ফেনল |

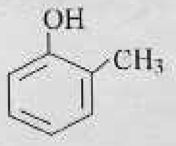
ফেনল একটি অ্যারোমেটিক যৌগ। এখানে –OH মূলকটি বেন্‌জিন বলয়ের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত।



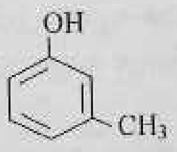
ফেনল

## 7.17 নামকরণ ও সমাবয়বতা

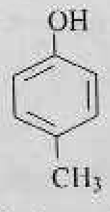
IUPAC পদ্ধতিতে ফেনলকে বলা হয় বেন্‌জিনল। বেন্‌জিন বলয়ের পরিবর্তে যদি টলুইন বা জাইলিন যৌগে একটি –OH মূলক সরাসরি অ্যারোমেটিক বলয়ের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে প্রতিস্থাপিত যৌগকে বলা হয় যথাক্রমে, ক্রেজোল (Cresol) এবং জাইলিনল (Xylenol)। ক্রেজোলের তিনটি সমাবয়ব হল ;



2-মিথাইল বেন্‌জিনল
[o-ক্রেজোল]

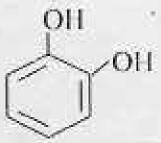


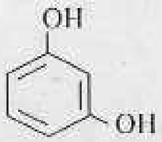
3-মিথাইল বেন্‌জিনল
[m-ক্রেজোল]

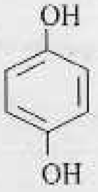


4-মিথাইল বেন্‌জিল
[p-ক্রেজোল]

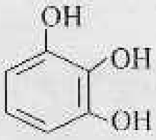
ফেনল যৌগ সমূহকে মনোহাইড্রিক, ডাইহাইড্রিক এবং ট্রাইহাইড্রিক বলা হবে যখন বেন্‌জিন বলয়ে যথাক্রমে একটি, দুটি ও তিনটি -OH মূলক যুক্ত থাকে। উপরে উল্লিখিত ক্রেজোলের তিনটি সমাবয়ব মনোহাইড্রিক। ক্যাটিকল, রেসরসিনল এবং কুইনল ডাইহাইড্রিক ফেনলের উদাহরণ।

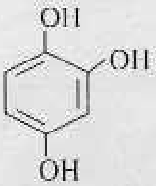

ক্যাটিকল

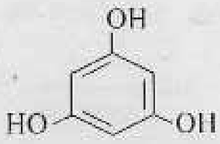

রেসরসিনল


কুইনল

পাইরোগ্যালল, হাইড্রক্সিকুইনল এবং ফ্লুওরোগ্লুসিনল ট্রাই হাইড্রিক ফেনলের উদাহরণ।


পাইরোগ্যালল


হাইড্রক্সিকুইনল


ফ্লুওরোগ্লুসিনল

# 7.18 প্রস্তুতি

## 7.18.1 আলকাতরা থেকে ফেনল সংগ্রহ

আলকাতরার আংশিক পাতনে 170°-230° তে প্রাপ্ত মধ্যম তেল বা কার্বোলিক তেল থেকে ফেনল সংগ্রহ করা হয়। মধ্যম তেল থেকে চাপের মাধ্যমে প্রথমে ন্যাপথ্যালিন অপসারণ করা হয়। এবার তেলে NaoH এর দ্রবণ যুক্ত করা হয় যাতে ফেনল ক্ষারে দ্রবীভূত হয়। এই ক্ষারীয় দ্রবণে উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ু চালনা করলে অবশিষ্ট ন্যাপথ্যালিন, পিরিডিন অপসারিত হয়। এবার ক্ষারীয় দ্রবণকে ঠান্ডা করে $CO_2$ চালনা করা হলে মুক্ত ফেনল এবং $Na_2CO_3$ উৎপন্ন হয়। প্রাপ্ত তরলে জলে দিয়ে $Na_2CO_3$ কে দ্রবীভূত করা হয় এবং জলীয় দ্রবণ অপসারণ করা হয়। অশুদ্ধ ফেনলকে আংশিক পাতনের সাহায্যে তিনটি অংশে সংগ্রহ করা হয়। যেমন,

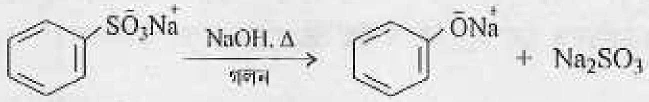
180°–182° — ফেনল

190°–203°—ক্রেজোল

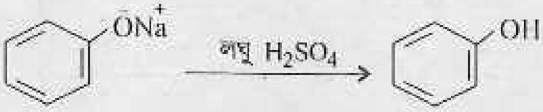
এবং 212°–225°—জাইলিনল

### 7.18.2 সংশ্লেষণ পদ্ধতি

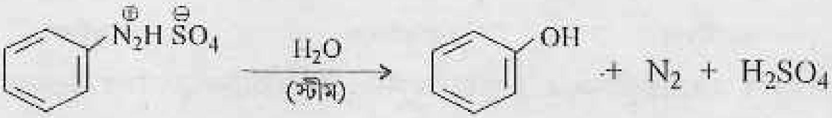
(i)




সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেট




(ii)

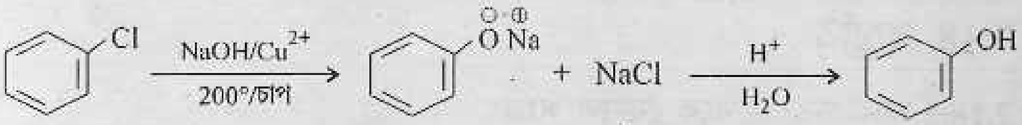



[বেনজিন ডায়াজোনিয়াম বাই সালফেট]

(iii) $Ph-Br \xrightarrow[\text{(ইথার দ্রাবক)}]{Mg} PhMgBr \xrightarrow[\text{বায়ু}]{O_2} PhO_2MgBr \longrightarrow$

$\xrightarrow{PhMgBr} 2PhOMgBr \xrightarrow[H_2O]{H+} 2PhOH + Mg\begin{matrix} Br \\ OH \end{matrix}$

(iv)




এই পদ্ধতিকে ডাও (Dow) পদ্ধতি বলে।

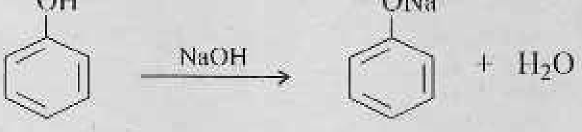
## 7.19 ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া

(1) ভৌত ধর্ম

ফেনল বর্ণহীন কঠিন যৌগ। গলনাঙ্ক 43° এবং স্ফুটনাঙ্ক 182°। জলে সামান্য দ্রাব্য। কিন্তু অ্যালকোহলে দ্রাব্য।

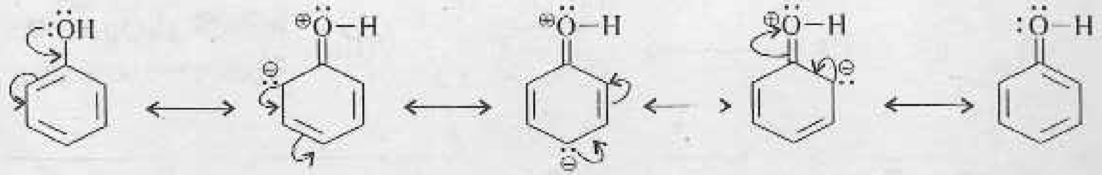
(2) রাসায়নিক বিক্রিয়া।

ফেনল মৃদু আম্লিক। ক্ষারে সহজেই দ্রবীভূত হয়।

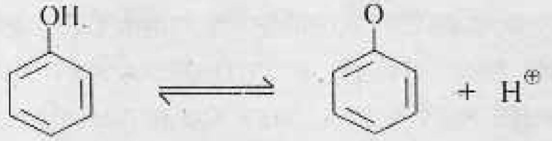


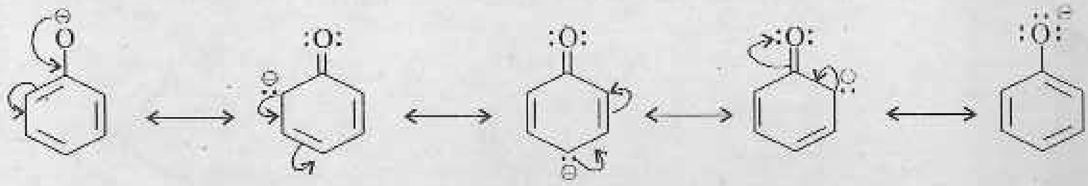
(i) ফেনল অ্যালকোহলের চেয়ে বেশি আম্লিক। কারণ ফেনল এবং ফেনক্সাইড আয়ন রেজোন্যান্সের জন্য সুস্থিরতা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু অ্যালকোহলে তা হয় না।

ফেনলের রেজোন্যান্স

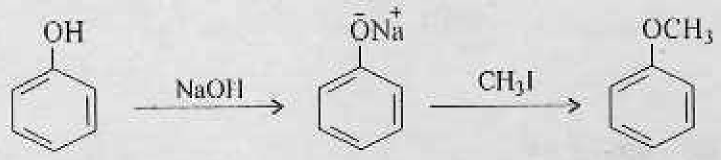


ফেনক্সাইড আয়নের রেজোন্যান্স



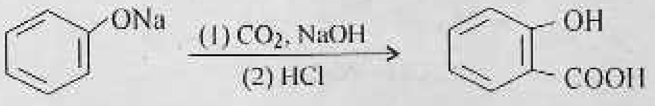


(ii)




অ্যানিসোল (মিথাইল ফিনাইল ইথার)

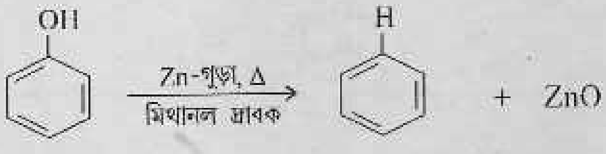
(iii) কোলবে-স্মিট (Kolbe-Schmidt) বিক্রিয়া



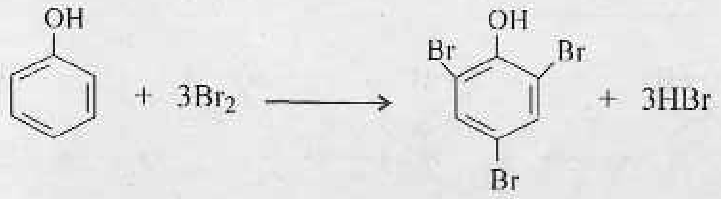

(স্যালিসাইলিক অ্যাসিড)

[7.13 তে বিক্রিয়া কৌশল দেখুন]

(iv) ফেনলকে Zn-গুড়া/MeOH দ্বারা উত্তপ্ত করলে বেন্‌জিন পাওয়া যায়।



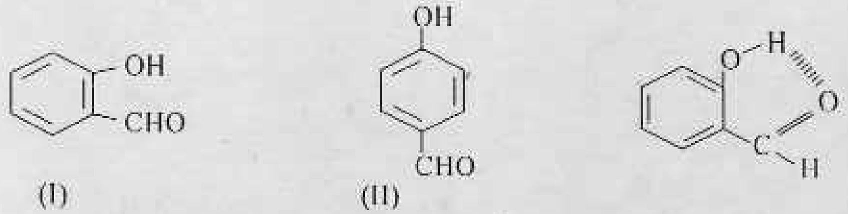
(v) ফেনল ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। ব্রোমিন এর জলীয় দ্রবণ সাধারণ তাপমাত্রায় ফেনলের সঙ্গে সহজেই বিক্রিয়া করে 2, 4, 6-ট্রাই-ব্রোমোফেনল উৎপন্ন করে।




বিক্রিয়াটি $Br\overset{\ominus}{O_3}/\overset{\ominus}{Br}$ মিশ্রণ দিয়েও সম্পন্ন করা যায়।

(vi) রাইমার টিম্যান্ (Reimer Tiemann) বিক্রিয়া।

ফেনল, ক্লোরোফর্ম এবং ক্ষারের (NaOH) মিশ্রণকে 60° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে এবং পরে মিশ্রণকে আম্লিকে করলে মুখ্য যৌগ হিসাবে *o*-হাইড্রক্সিবেনজালডিহাইড (I) (স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড) এবং *p*-হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইড (II) গৌণ যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়। (I) এবং (II) যৌগের মিশ্রণ থেকে স্টীমের সাহায্যে পাতিত করে স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড সংগ্রহ করা হয়। পাতন যন্ত্রে P সমাবয়বটি পড়ে থাকে। স্যালিসাইল অ্যালডিহাইডের অন্তঃআণবিক (intramolecular) H-বন্ধনের জন্য স্ফুটনাঙ্ক কম হয়।




(I) (II)

বিক্রিয়া কৌশল ঃ

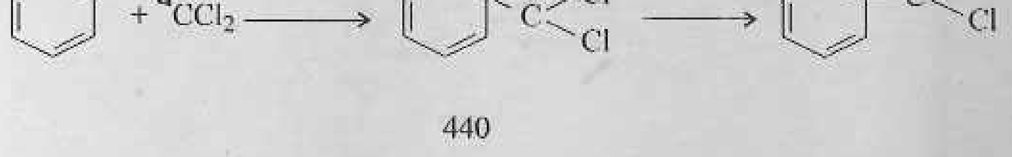
বিক্রিয়াটি তিনটি ধাপে সংঘটিত হয়।

(1) প্রথম ধাপ। এই ধাপে ডাইক্লোরোকার্বিন ($:CCl_2$) উৎপন্ন হয়।

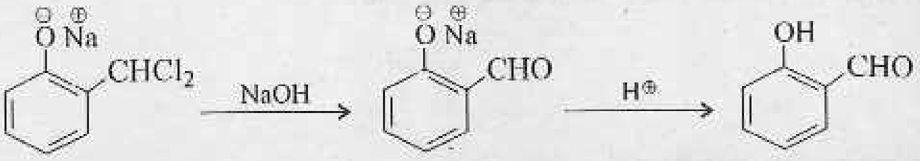
$$HCCl_3 + NaOH \longrightarrow :\bar{C}Cl_3 + H_2O$$
$$\downarrow$$
$$:CCl_2 + NaCl$$

$:CCl_2$ একটি ইলেকট্রোফাইল।

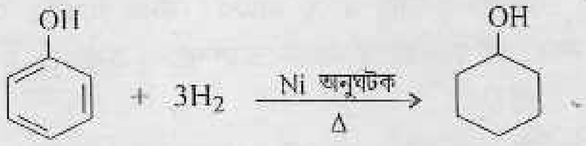
(2) দ্বিতীয় ধাপ। $:CCl_2$ ইলেকট্রোফাইলটি ফেনলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।



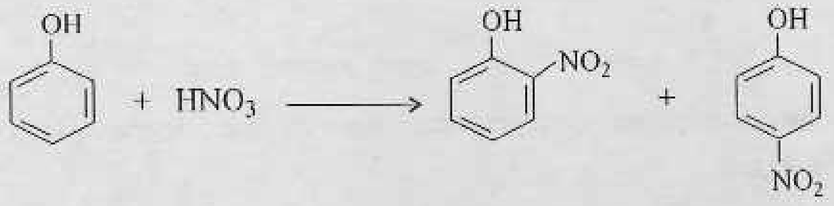
(3) তৃতীয় ধাপ। আর্দ্রবিশ্লেষণ।




(vii) বিজারন বিক্রিয়া ঃ নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফেনল হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়ে সাইক্লোহেক্সানল তৈরি করে।



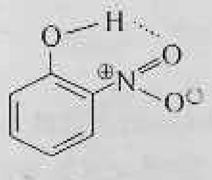

(viii) নাইট্রেশন বিক্রিয়া ঃ লঘু $HNO_3$ এর উপস্থিতিতে ফেনল নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে নাইট্রোফেনলে রূপান্তরিত হয়।




*o*-নাইট্রোফেনল     *p*-নাইট্রোফেনল

এখানে o- এবং p-নাইট্রোফেনলের দুটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করা হল।

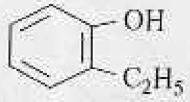
(1) অন্তঃ আনবিক (intramolecular) H-বন্ধনের জন্য *o*-নাইট্রোফেনলের স্ফুটনাঙ্ক কম এবং আন্তঃআনবিক (intermolecular) H-বন্ধনের জন্য *p*-নাইট্রোফেনলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি। এর ফলে স্টীম পাতনের সাহায্যে এদের মিশ্রণ থেকে *o*-নাইট্রোফেনলকে সহজেই পৃথক করা যায়।




অন্তঃআনবিক H-বন্ধন।

অনুশীলনী-6

(i) IUPAC পদ্ধতিতে নিচের যৌগটির নামকরণ করুন।

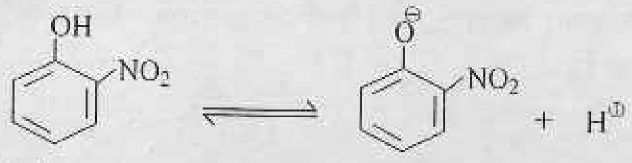


(ii) আলকাতরা থেকে কী উপায়ে ফেনল সংগ্রহ করবেন ?

(iii) *o*-নাইট্রোফেনল এবং *p*-নাইট্রোফেনলের মিশ্রণ থেকে *o*-নাইট্রোফেনল কীভাবে পৃথক করবেন ? আপনার উত্তরের পক্ষে যুক্তি দিন।

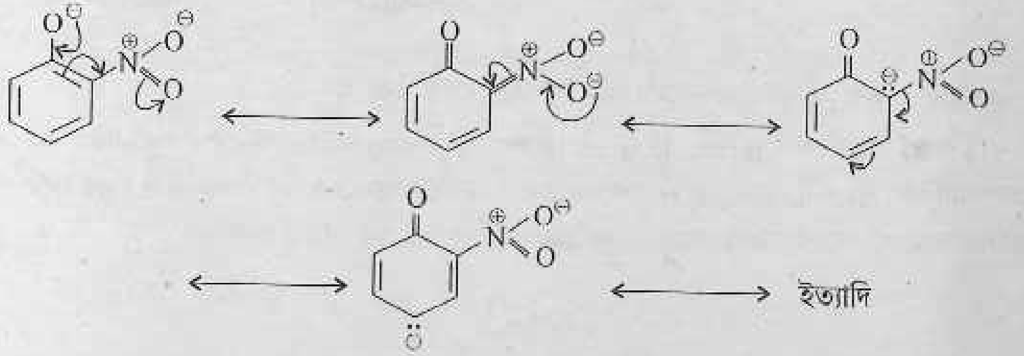
(2) *o*- এবং *p*- নাইট্রোফেনল, ফেনলের তুলনায় অধিক আম্লিক। ফেনল আয়নিত হয়ে ফেনক্সাইড আয়ন উৎপন্ন করে এবং $H^{\oplus}$ দান করে। এই ফেনক্সাইড আয়ন রেজোন্যান্সের জন্য সুস্থিরতা লাভ করে। এর ফলে ফেনল আম্লিক হয় (7.19 দেখুন)।

*o*- এবং *p*- নাইট্রোফেনলও আয়নিত হয়ে নাইট্রোফেনক্সাইড আয়ন এবং $H^{\oplus}$ উৎপন্ন করে।

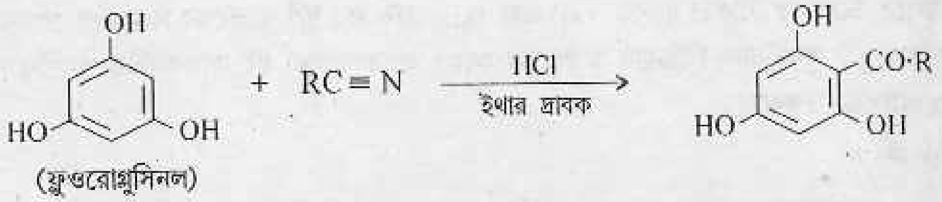


*o*-নাইট্রো ফেনল *o*-নাইট্রো ফেনক্সাইড আয়ন

রেজোন্যান্সের জন্য *o*- এবং *p*-নাইট্রোফেনক্সাইড আয়ন ফেনক্সাইড আয়নের তুলনায় অনেক বেশি সুস্থিরতা লাভ করে।

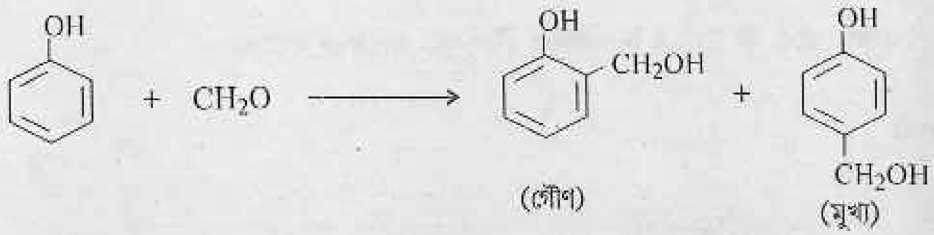



(ix) হাউবেন-হোয়েস (**Houben-Hoesch**) বিক্রিয়া ঃ পলিহাইড্রিক ফেনলে যদি -OH মূলকগুলি পরস্পর m-অবস্থানে থাকে তবে তারা অনার্দ্র $ZnCl_2$ এবং HCl (গ্যাস) এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফেনলিক কিটোন তৈরি করে। যেমন,

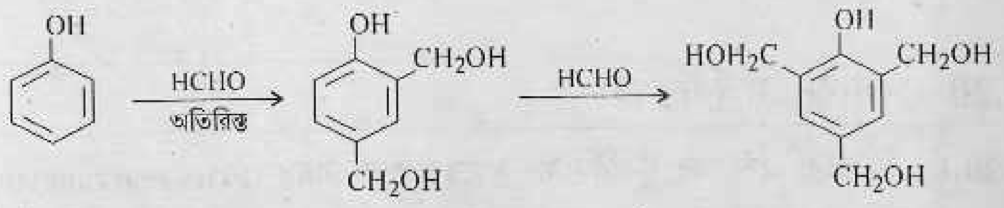



(x) লেডারার-মানাসী (Lederer-Manasse) বিক্রিয়া ঃ

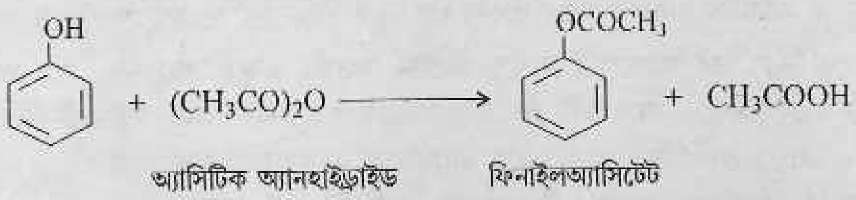
ফেনল, ফরমালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে *o*- এবং *p*-হাইড্রক্সি বেন্‌জাইলঅ্যালকোহল উৎপন্ন করে।



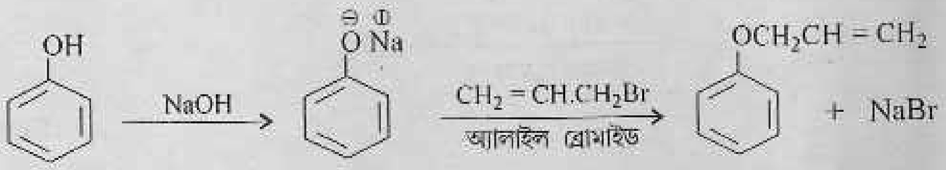

যদি HCHO এর পরিমাণ বেশি হয় তবে ডাই এবং ট্রাই হাইড্রক্সিমিথাইলফেনল তৈরি হয়।




(xi) ফিনাইল এস্টার সংশ্লেষন




(xii) অ্যালাইল ফিনাইল ইথার সংশ্লেষণ।



উপরে উল্লেখিত বিক্রিয়া দুটিতে, (xi) এবং (xii) ফেনলের দুটি জাতকের সংশ্লেষণ দেখান হয়েছে। এই জাতক দুটি পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এবার আমরা এই জাতকদুটির পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

**অনুশীলনী-7**

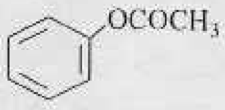
(i) *o*-নাইট্রোফেনল, ফেনল অপেক্ষা বেশি আম্লিক কেন ? যুক্তি দিন।

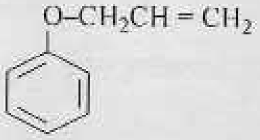
(ii) টীকা লিখুন ঃ

(অ) হাউবেন-হোয়েস বিক্রিয়া ;

(আ) লেডারার-মানাসী বিক্রিয়া।

(iii) ফেনল থেকে কী উপায়ে নিম্নলিখিত যৌগ দুটি সংশ্লেষণ করবেন ?

(অ) 

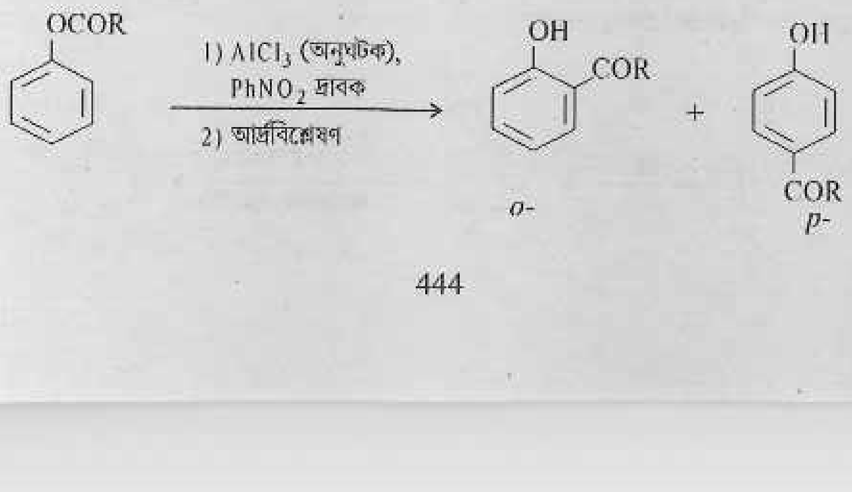

(আ) 


## 7.20 পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

### 7.20.1 ফিনাইল এস্টারের পুনর্বিন্যাস—ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস (Fries rearrangement)

1908 সালে রসায়নবিদ ফ্রায়েজ লক্ষ্য করেন যে ফিনাইল এস্টার নিষ্ক্রিয় দ্রাবকে ($C_6H_5NO_2, CS_2$) লুইস অম্ল (Lewis acid), $AlCl_3$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করে বিক্রিয়া লব্ধ পদার্থকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে *o*- এবং *p*-অ্যাসাইলফেনলের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াকে ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস বলে।

ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস এর সাহায্যে ফেনলিক কিটোন সহজেই প্রস্তুত করা যায়। কম তাপমাত্রায় *p*-সমাবয়বটি মুখ্য যৌগ এবং *o*-সমাবয়বটি গৌণ যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি গতি নিয়ন্ত্রিত (kinetically controlled) বিক্রিয়া। আবার উচ্চ তাপমাত্রায় *o*-সমাবয়বটি মুখ্য যৌগ এবং *p*-সমাবয়বটি গৌণ যৌগ হিসাবে উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এটি তাপগতি নিয়ন্ত্রিত (Thermodynamically controlled) বিক্রিয়া।

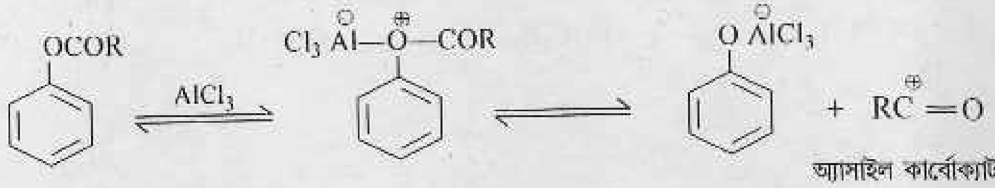


অন্তঃআনবিক H-বন্ধনের জন্য o-সমাবয়বটির স্ফুটনাঙ্ক কম ; আন্তঃআনবিক H-বন্ধনের জন্য p-সমাবয়বটির স্ফুটনাঙ্ক বেশি। স্টীম পাতন প্রক্রিয়ার দ্বারা (Steam distillation) সমাবয়ব দুটি পৃথক করা যায়।

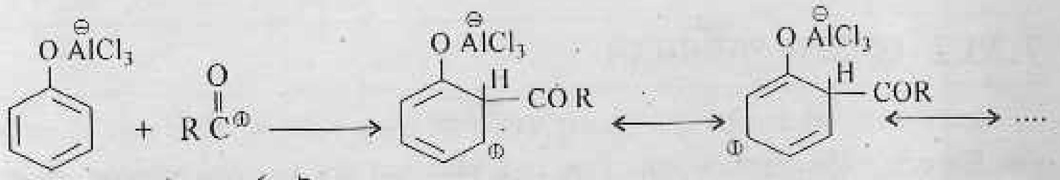
ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস আন্তঃআনবিক (intermolecular) না অন্তঃআনবিক (intramolecular) এ সম্বন্ধে মত পার্থক্য থাকলেও বেশিরভাগ বিক্রিয়াই আন্তঃআনবিক বলে চিহ্নিত করা হয়েছে।

**বিক্রিয়া কৌশল ঃ** ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাসের আন্তঃআনবিক বিক্রিয়া কৌশল নিচে দেখান হল।

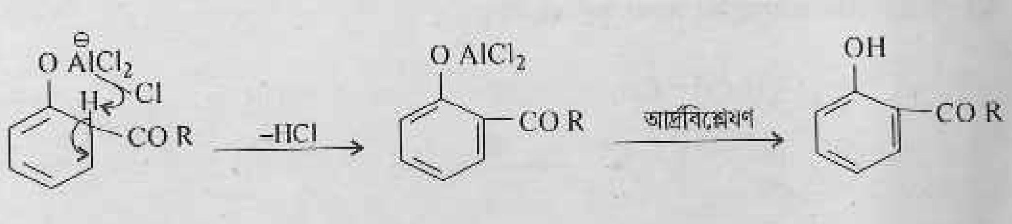
(1) প্রথমে অ্যাসাইল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



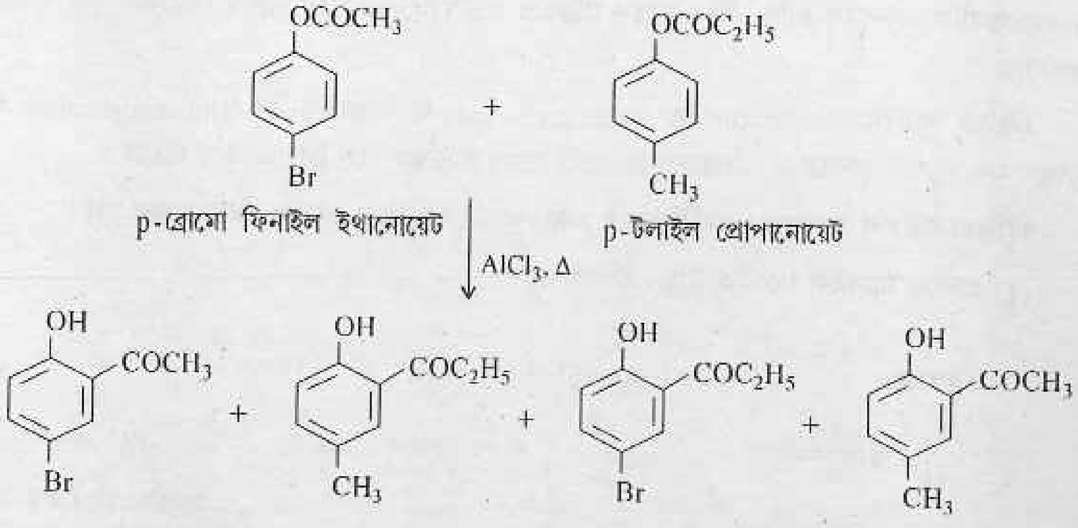

(2) অ্যাসাইল কার্বোক্যাটায়ন ইলেকট্রোফাইলটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত হয়ে σ-জটিল যৌগ উৎপন্ন করে।




(3) HCl এর অপসারন



নিচের উদাহরণটি অন্তঃআনবিক বিক্রিয়া কৌশলকে আংশিকভাবে সমর্থন করে।



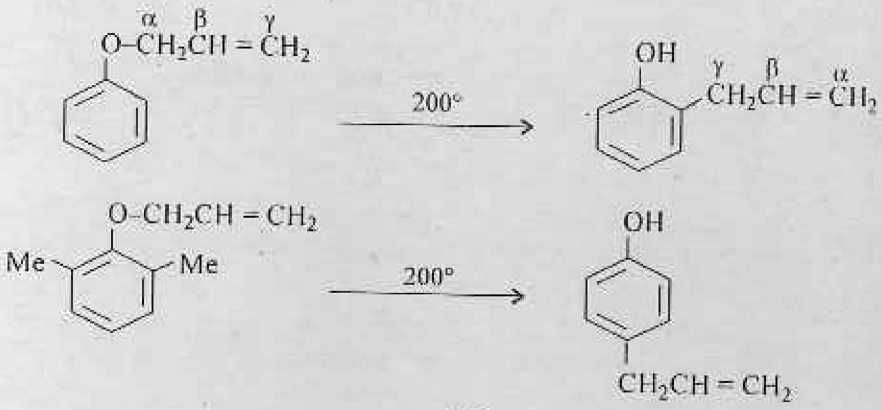

অন্তঃআনবিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন (Intramolecular)　　　Cross-over বিক্রিয়ায় উৎপন্ন

এক্ষেত্রে উপরের চারটি যৌগই উৎপন্ন হয়।

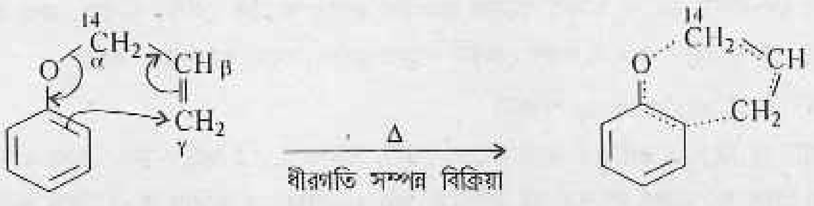
## 7.20.2 ক্লেজেন পুনর্বিন্যাস

অ্যালাইল অ্যারিল ইথারকে প্রায় 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অ্যালাইল মূলক O-এর সঙ্গো বন্ধন ছিন্ন করে বেন্‌জিনবলয়ের কার্বনের সঙ্গো নতুন বন্ধন রচনা করে। এর ফলে অ্যালাইল প্রতিস্থাপিত ফেনল তৈরি হয়। এই বিক্রিয়াকে ক্লেজেন পুনর্বিন্যাস (Claisen rearrangement) বলে।

সাধারণত অ্যালাইল মূলকটি বেন্‌জিন বলয়ের অর্থো অবস্থানে যুক্ত হয়। যদি দুটি অর্থো-অবস্থান পূর্বেই প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে তবে এই মূলক প্যারা অবস্থানের কার্বনের সঙ্গো যুক্ত হয়। কোনো অবস্থাতেই মেটা অবস্থানের সঙ্গো যুক্ত হয় না।

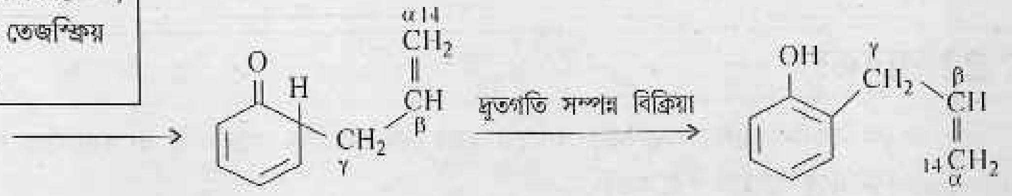


বিক্রিয়া কৌশলঃ



বৃত্তাকার T.S

α-কার্বনটি $C^{14}$ ; অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় কার্বন



ডাই ইনোন মধ্যস্থ

এই বিক্রিয়ায় নিচের তথ্যগুলি মনে রাখা প্রয়োজন।

i) বিক্রিয়াটি ঘটাতে কোনো অনুঘটকের প্রয়োজন হয় না।

ii) একই সঙ্গো O – C বন্ধন বিভাজন এবং C – C বন্ধন সংযোজন হয়। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি কনসারটেড (Concerted) বিক্রিয়া।

iii) সব সময় প্রথমে γ-কার্বন বেনজিন বলয়ের সঙ্গো যুক্ত হয়।

iv) ডাই ইনোন মধ্যস্থ অন্তবর্তী যৌগ তৈরি হয়।

### 7.20.3 ফ্রায়েজ এবং ক্লেজেন পুনর্বিন্যাসের মধ্যে পার্থক্য

| ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস | ক্লেজেন পুনর্বিন্যাস |
|---|---|
| (1) বিক্রিয়ক (substrate) যৌগটি এস্টার | (1) বিক্রিয়ক যৌগটি ইথার |
| (2) বিক্রিয়াটি 160°/220° তাপমাত্রায় ঘটে। | (2) বিক্রিয়াটি 200° তাপমাত্রায় ঘটে। |
| (3) অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। | (3) অনুঘটকের প্রয়োজন হয় না। |
| (4) অন্তঃ এবং আন্তঃ আনবিক বিক্রিয়া | (4) অন্তঃআনবিক বিক্রিয়া। |
| (5) মিশ্র পদার্থ তৈরি হয় (Cross over product) | (5) মিশ্র পদার্থ তৈরি হয় না (No cross over product) |
| (6) ডাই ইনোন মধ্যস্থ অন্তবর্তী যৌগ পাওয়া যায়। | (6) o-জটিল যৌগ পাওয়া যায়। |

## 7.21 ফেনলের পরিচায়ক পরীক্ষা

(1) ফেনল NaOH দ্রবণে দ্রাব্য ; কিন্তু $NaHCO_3$ দ্রবণে অদ্রাব্য।

(2) $FeCl_3$ পরীক্ষা

পরীক্ষানলে ফেনলের জলীয় অথবা অ্যালকোহলীয় দ্রবণে কয়েক ফোঁটা $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রবণ (সদ্য প্রস্তুত করা দ্রবণ) যোগ করলে দ্রবণ বেগুনি, লাল অথবা সবুজ বর্ণ ধারণ করে।

(3) লিবারম্যান (Liebermann) বিক্রিয়া

ফেনলকে গাঢ় $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত করে কয়েক ফোঁটা $NaNO_2$ এর জলীয় দ্রবণ যোগ করে জল দিয়ে লঘু করলে দ্রবণ লাল বর্ণ ধারণ করে। এই দ্রবণকে লঘু NaOH এর জলীয় দ্রবণ দিয়ে ক্ষারীয় করলে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়।

## 7.22 ব্যবহার

(i) ফেনল, ফেনলথ্যালিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ফেনলথ্যালিন, অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে সূচক (indicator) হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

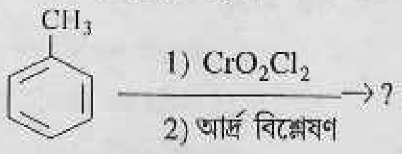
(ii) ব্যাকেলাইট প্রস্তুতিতে ফেনল ব্যবহার করা হয়। ব্যাকেলাইট বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি যেমন, সুইচ এবং প্লাগ তৈরির কাজে লাগে।

## 7.23 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) $CH_3CH=CHCH_3$ এবং $CH_3CH_2C\equiv CCH_3$ যৌগ দুটিকে পৃথক পৃথকভাবে ওজোনোলিসিস বিক্রিয়া ঘটালে প্রতিক্ষেত্রে কী কী যৌগ উৎপন্ন হবে ? উৎপন্ন যৌগের নাম এবং সমীকরণ লিখুন।

(2) স্টিফেন বিক্রিয়া এবং গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে কীভাবে অ্যালডিহাইড সংশ্লেষণ করবেন ?

(3) কী ঘটে সমীকরমের সাহায্যে লিখুন।




(4) কার্বোনিল যৌগের সঙ্গে হাইড্রাজিন বিকারকের বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোকপাত করুন। কার্বোনিল যৌগ সনাক্ত করতে হাইড্রাজিন এবং হাইড্রক্সিলঅ্যামিন বিকারক দুটির মধ্যে কোনটি আপনি বেছে নেবেন ? কারণ উল্লেখ করুন।

(5) একটি কার্বোনিল যৌগ অ্যালডিহাইড না কিটোন তা কীভাবে পরীক্ষাগারে সনাক্ত করবেন ?

(6) নিচের বিক্রিয়াটির কৌশল লিখুন।

$$CH_3COOH \xrightarrow{Br_2/\text{লাল P}} BrCH_2COOH$$

(7) 3-হাইড্রক্সি এবং 4-হাইড্রক্সি অ্যাসিডে তাপের প্রভাব সম্বন্ধে আলোকপাত করুন। প্রত্যেকক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন এবং উৎপন্ন যৌগের নাম উল্লেখ করুন।

(8) ফেনল থেকে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড কীভাবে সংশ্লেষণ করবেন? বিক্রিয়ার কৌশল লিখুন। বিক্রিয়াটির নাম কী?

(9) রাইমার টীম্যান বিক্রিয়ার কৌশল লিখুন।

(10) ক্রেজেন পুনর্বিন্যাস কাকে বলে? বিক্রিয়ার কৌশল লিখুন।

(11) ফ্রায়েজ এবং ক্রেজেন পুনর্বিন্যাসের মধ্যে পার্থক্য কী?

## 7.24 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

i) কিটোন মূলকের সঙ্গে যুক্ত দুটি অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলক যদি একই রকম হয় তা হলে হবে প্রতিসম কিটোন। আর যদি পৃথক হয় তবে বলা হবে অপ্রতিসম কিটোন।

প্রতিসম কিটোন $\begin{cases} CH_3COCH_3 \\ CH_3CH_2COCH_2CH_3 \end{cases}$

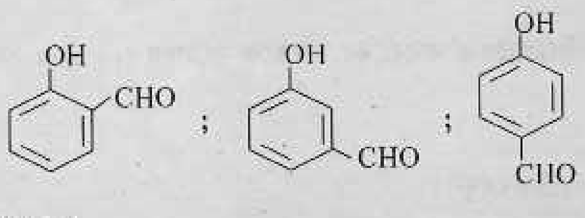
অপ্রতিসম কিটোন $\begin{cases} CH_3COCH_2CH_3 \\ C_6H_5COCH_3 \end{cases}$

ii) (অ) 2-পেন্টানোন ;

(আ) বিউটানাল।

iii) শৃঙ্খল সমাবয়বতা— $CH_3CH_2CH_2CHO$ এবং $(CH_3)_2CH.CHO$

অবস্থান জনিত সমাবয়বতা




কার্যকরী মূলক সমাবয়বতা—

$CH_3CH_2CHO$ এবং $CH_3COCH_3$

(iv) রোজেনমুন্ড বিক্রিয়ার সাহায্যে

$$C_6H_5COCl \xrightarrow[Pd\text{-}BaSO_4]{H_2} C_6H_5CHO + HCl$$

অনুশীলনী-2

i) (অ) প্রথম ক্ষেত্রে H-বন্ধন দুর্বল ; কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে H-বন্ধন সুদৃঢ়। দুক্ষেত্রেই আন্তঃআনবিক H-বন্ধন বর্তমান।

(আ) 7.5 দেখুন।

(ii) (অ) $B_2H_6$ একটি বিজারক। যেমন,

কার্বোনিল যৌগকে অ্যালকোহলে রূপান্তরিত করে

$$R_2C=O \xrightarrow[\text{বিজারন}]{B_2H_6} R_2CHOH$$

(আ) $ScO_2$ একটি জারক। কিটো মিথিলিন ($-COCH_2-$) মূলককে ডাইকিটোনে রূপান্তরিত করে যেমন,

$$CH_3COCH_2CH_3 \xrightarrow[\text{জারন}]{ScO_2} CH_3COCOCH_3 + Sc + H_2O$$

(ই) $\ddot{N}H_2OH, HCl$ একটি নিউক্লিওফাইল কার্বোনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্সিম (Oxime) তৈরি করে।

$$>C=O + \ddot{N}H_2OH \xrightarrow{CH_3COONa} \underset{\text{অক্সিম}}{>C=NOH} + H_2O$$

(ঈ) $\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$ ইথিলিনগ্লাইকল কার্বোনিল মূলককে সংরক্ষণ (protect) করে। 7.5.3 দেখুন।

অনুশীলনী-3

(i) (অ) এবং (আ) 7.5.4 দেখুন।

(ii) 7.5.5 দেখুন।

অনুশীলনী-4

| | | প্রচলিত নাম | **IUPAC** নাম |
|---|---|---|---|
| (i) | (অ) | ভ্যালারিক অ্যাসিড | পেন্টানোয়িক অ্যাসিড |
| | (আ) | টেরিথ্যালিক অ্যাসিড | বেনজিন-1, 4-ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড |

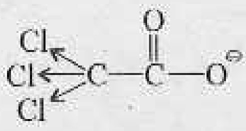
(ii) প্রোপানলের আন্তঃআনবিক H-বন্ধনের তুলনায় ইথানোয়িক অ্যাসিডের আন্তঃআনবিক H-বন্ধন বেশি দৃঢ়। 7.11 দেখুন।

(iii) 7.11 দেখুন।

(iv) Cl এর –I প্রভাবের জন্য। তিনটি Cl-এর জন্য এই প্রভাব তীব্র হয়।

$$CCl_3COOH \rightleftharpoons Cl_3COO^{\ominus} + H^{\oplus}$$

টাইক্লোরোঅ্যাসিটেট আয়ন অনেক সুস্থির।



ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটেট আয়ন

**অনুশীলনী-5**

(i) 7.12 দেখুন।

(ii) (অ) 7.12 দেখুন।

(আ) 7.13 দেখুন।

(iii) 7.13 দেখুন।

**অনুশীলনী-6**

(i) 2-ইথাইল বেন্‌জিনল।

(ii) 7.18.1 দেখুন।

(iii) 7.19 দেখুন।

**অনুশীলনী-7**

(i) 7.19 দেখুন।

(ii) (অ) 7.19 দেখুন।

(আ) 7.19 দেখুন।

(iii) (অ) এবং (আ)-7.19 দেখুন।

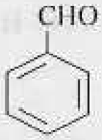
**সর্বশেষ প্রশ্নাবলি**

(1) CH3CHO (ইথানাল) এবং

$CH_3CH_2C(=O)-C(=O)CH_3$ (পেন্টেন-2, 3-ডাইওন)

(7.42 দেখুন)

(2) 7.4.5 এবং 7.4.6 দেখুন।

(3)  7.4.7 দেখুন।

(4) হাইড্রাজিন এর সঙ্গে কার্বোনিল যৌগের বিক্রিয়ায় হাইড্রাজোন এবং অ্যাজিন (azine) এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। ফলে জাতকের গলনাঙ্ক সঠিক পাওয়া যায় না এবং কার্বোনিল যৌগ সনাক্তকরনে অসুবিধা হয়। কিন্তু হাইড্রক্সিল অ্যামিন ব্যবহার করলে তা হয় না।

(5) 7.6 দেখুন।

(6) 7.13 দেখুন।

(7) 7.13 দেখুন।

(8) 7.13 দেখুন।

(9) 7.19 দেখুন।

(10) 7.20.2 দেখুন।

(11) 7.20.3 দেখুন।

# একক 8 ❒ অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক নাইট্রো, অ্যামিনো ও ডায়াজো যৌগসমূহ

গঠন


8.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

8.2 নাইট্রো ও নাইট্রাইট যৌগ

 8.2.1 নামকরণ ও সমাবয়বতা

8.3 নাইট্রো যৌগের সংশ্লেষন

8.4 ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

 8.4.1 নাইট্রো যৌগের বিজারন

8.5 অ্যামিন যৌগ সমূহ

 8.5.1 নামকরণ ও সমাবয়বতা

8.6 অ্যামিন যৌগের সংশ্লেষন

8.7 অ্যামিন মিশ্রণ থেকে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিন পৃথকীকরন

8.8 অ্যামিনের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

 8.8.1 ভৌত ধর্ম

 8.8.2 রাসায়নিক বিক্রিয়া

8.9 প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারিসিয়ারি অ্যামিনের সনাক্তকরন

8.10 ডায়াজোনিয়াম এবং ডায়াজো যৌগ

8.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

8.12 উত্তরমালা


## 8.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

আমরা একক (7) এ কার্বোনীল যৌগ, কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং ফেনল সম্বন্ধে আলোচনা করেছি। একক (8) এ অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক নাইট্রো, অ্যামিনো এবং ডায়াজো যৌগসমূহ সম্বন্ধে আলোকপাত করবো। নাইট্রোজেন যৌগ থেকে সংশ্লেষন পদ্ধতির মাধ্যমে অনেক প্রয়োজনীয় যৌগ তৈরি করা যায় যা জৈব রসায়নের ভিত গড়তে সাহায্য করে। যেমন অম্লের মাধ্যমে অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ বিজারিত করলে অ্যামিন উৎপন্ন হয়। অ্যামিন যৌগ থেকে ডায়াজো এবং ডায়াজো যৌগ থেকে বিভিন্ন যৌগ যেমন হাইড্রোকার্বন, ফেনল, হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত যৌগ, সায়ানো যৌগ তৈরি করা যায়। আবার ক্ষারীয়

মাধ্যমে নাইট্রোযৌগ বিজারিত করলে অ্যাজো, অ্যাজোক্সি হাইড্রাজো যৌগ তৈরি করা যায়। প্রশম মাধ্যমে নাইট্রো থেকে হাইড্রক্সিলঅ্যামিন উৎপন্ন হয়।

এছাড়া TNB (ট্রাই নাইট্রো বেন্‌জিন), TNT (ট্রাইনাইট্রো টলুইন), পিক্‌রিক অ্যাসিড (ট্রাইনাইট্রো ফেনল) প্রভৃতি বিস্ফোরক জৈব যৌগ তৈরি করা যায়।

উদ্দেশ্য ঃ

● এই এককটি পাঠ করে আপনি অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ সম্বন্ধে সঠিক ধারণা করতে পারবেন। অর্থাৎ কোন্ গুলি নাইট্রো যৌগ এবং কোন্ গুলি অ্যালকিল বা অ্যারিল নাইট্রাইট (এস্টার যৌগ) তা বলতে পারবেন।

● যৌগের নামকরণ এবং সমাবয়বতা সম্বন্ধে ধারণা হবে।

● নাইট্রো, অ্যামিনো এবং ডায়াজোনিয়াম যৌগের সংশ্লেষন সম্বন্ধে সঠিক ধারণা করতে পারবেন। হফ্‌ম্যান এবং গ্যাব্রিয়াল পদ্ধতি প্রয়োগ করে প্রাইমারি অ্যামিন প্রস্তুত করতে পারবেন।

● অ্যামিন মিশ্রণ থেকে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিন পৃথক করা সম্ভব হবে।

● প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিনের পরিচায়ক পরীক্ষা করতে পারবেন।

● অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক অ্যামিনের ক্ষারকীয়তার তুলনা এবং এই অ্যামিনগুলি থেকে উৎপন্ন ডায়াজোনিয়াম যৌগের তুলনামূলক স্থায়িত্ব সম্বন্ধে ধারণা হবে।

● ডায়াজো এবং ডায়াজোনিয়াম যৌগের মধ্যে পার্থক্য ; কাপ্‌লিং (Coupling) বিক্রিয়া এবং এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়া কৌশল সম্বন্ধে নির্ভুল ধারণা করতে পারবেন।

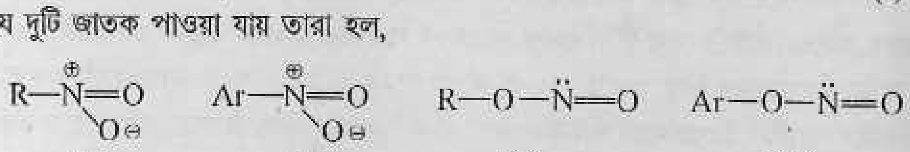
● জৈব যৌগ সংশ্লেষণে ডায়াজোনিয়াম যৌগের অবদান কী তা জানতে পারবেন।

## 8.2 নাইট্রো এবং নাইট্রাইট যৌগ

যে সকল জৈব যৌগে নাইট্রো ($-NO_2$) কার্যকরী মূলক বর্তমান তাদের অ্যালিফেটিক বা অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ বলা হয়। নাইট্রাস অ্যাসিডের দুটি টটোমার সম্ভব।

(I) (II)

অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলক দ্বারা নাইট্রাস অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করলে (I) এবং (II) থেকে যে দুটি জাতক পাওয়া যায় তারা হল,



(III) (IV) (V) (VI)

এখানে লক্ষনীয় যে III এবং IV যৌগ দুটিতে $-R$ বা $-Ar$ মূলক সরাসরি নাইট্রাস অ্যাসিডের N পরমাণুর সঙ্গো যুক্ত। এই যৌগগুলিকে বলা হয় নাইট্রো যৌগ। অন্যদিকে V এবং VI যৌগ দুটিতে $-R$ অথবা $-Ar$ মূলক দুটি নাইট্রাস অ্যাসিডের O পরমাণুর সঙ্গো যুক্ত থাকায় এই যৌগ সমূহকে বলা হয় এস্টার শ্রেণির যৌগ এবং নাইট্রো যৌগের কার্যকরী মূলক সমাবয়ব।

## 8.2.1 নামকরণ ও সমাবয়বতা

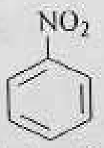
IUPAC পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামের আগে 'নাইট্রো' (nitro) বলতে হবে এবং শৃঙ্খলে $-NO_2$ মূলকের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করতে হবে। যেমন,

| যৌগের গঠন | নামকরণ (IUPAC) |
|---|---|
| $CH_3NO_2$ | নাইট্রোমিথেন |
| $\overset{3}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}H_2NO_2$ | 1-নাইট্রোপ্রোপেন |
| $\overset{3}{C}H_3\overset{2}{C}H(NO_2)\overset{1}{C}H_3$ | 2-নাইট্রোপ্রোপেন |

1-নাইট্রো এবং 2-নাইট্রো প্রোপেন কার্যকরী মূলকের অবস্থানগত সমাবয়ব।

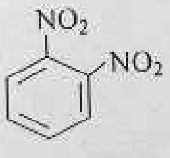
অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগের নামকরণ ঃ

বেন্‌জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গো যখন $-NO_2$ মূলক সরাসরি যুক্ত হয় তখন তাদের অ্যারোমেটিক নাইট্রোযৌগ বলে। যেমন

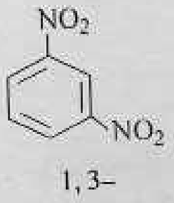



(নাইট্রোবেন্‌জিন)

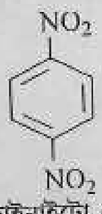
যখন বেন্‌জিন বলয়ে দুটি $-NO_2$ মূলক যুক্ত থাকে তখন তাদের ডাইনাইট্রোবেনজিন বলে এবং এদের তিনটি সমাবয়ব সম্ভব। যেমন




1, 2–
(o-ডাইনাইট্রো)




1, 3–
(m-ডাইনাইট্রো)




1,4–ডাইনাইট্রো বেন্‌জিন
(p-ডাইনাইট্রো বেন্‌জিন)

উপরের সমাবয়ব তিনটি কার্যকরী মূলকের অবস্থানগত সমাবয়ব।

## 8.3 নাইট্রো যৌগের সংশ্লেষণ

(i) গ্যাসীয় অবস্থায় অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনকে নাইট্রিক অ্যাসিড এর বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে নাইট্রোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + HNO_3 \xrightarrow{\Delta} CH_3NO_2 + H_2O$$

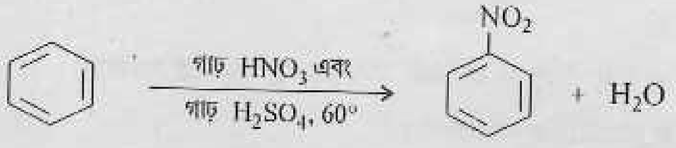
$$R\text{–}CH_3 + HNO_3 \xrightarrow{\Delta} R.\ CH_2NO_2 + H_2O$$

(ii) R–X, $AgNO_2$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রো যৌগ তৈরি করে।

$$R\text{–}X + AgNO_2 \longrightarrow RNO_2 + AgX$$

(iii) ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যারোমেটিক নাইট্রোযৌগ তৈরি করা যায়।

ঘন $HNO_3$ এবং ঘন $H_2SO_4$ মিশ্রণ দিয়ে বেন্‌জিনকে 60° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে নাইট্রোবেন্‌জিন পাওয়া যায়।




বিক্রিয়া কৌশল ঃ

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

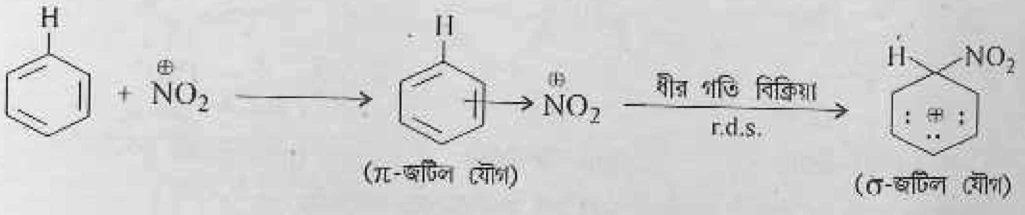
$$H^+ + H\text{–}\ddot{\underset{..}{O}}\text{–}NO_2 \rightleftharpoons H\text{–}\overset{H}{\underset{..}{O^+}}\text{–}NO_2$$

(নাইট্রিক অ্যাসিড)

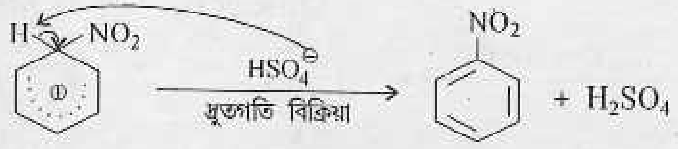
$$\rightleftharpoons H_2O + {}^+NO_2$$ (নাইট্রোনিয়াম আয়ন ইলেকট্রোফাইল)

নাইট্রেশন বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

প্রথম ধাপ ঃ



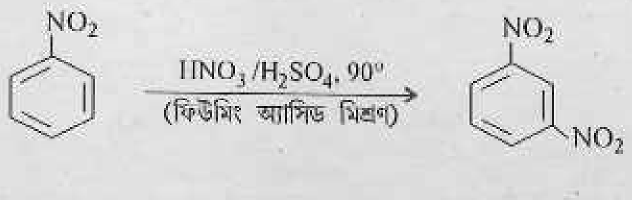
দ্বিতীয় ধাপ ঃ




দ্রুতগতিসম্পন্ন দ্বিতীয় ধাপে H-পরমাণু (বা D-পরমাণু) অপসারিত হয় বলে এই বিক্রিয়ায় সমস্থানিকের কোনো প্রভাব নেই। বেন্‌জিনের নাইট্রেশন বিক্রিয়ার গতি এবং ডয়টেরিয়াম প্রতিস্থাপিত বেন্‌জিনের নাইট্রেশন বিক্রিয়ার গতির অনুপাত যদি $\frac{KH}{KD}$ হয়, তাহলে $\frac{KH}{KD} \approx 7$

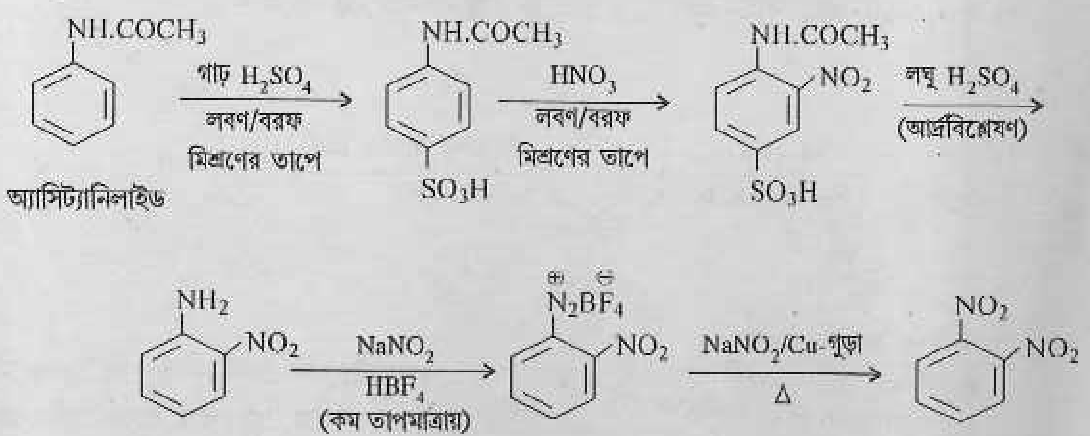
(iv) 1, 2; 1, 3 এবং 1, 4—ডাইনাইট্রো বেন্‌জিনের সংশ্লেষন।

(a) 1, 3-ডাইনাইট্রোবেন্‌জিন, নাইট্রোবেন্‌জিন থেকে ফিউমিং $HNO_3$ এবং ফিউমিং $H_2SO_4$ মিশ্রণ দিয়ে 90° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সরাসরি পাওয়া যায়।

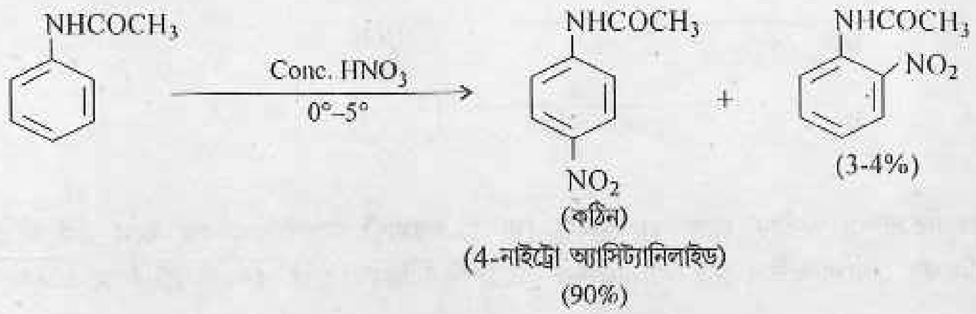



$-NO_2$ মূলক m-নির্দেশক বলে 1, 2–এবং 1, 4–ডাইনাইট্রোবেন্‌জিন অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায় না। অন্য পদ্ধতি অবলম্বন করে তৈরি করতে হয়। যেমন,

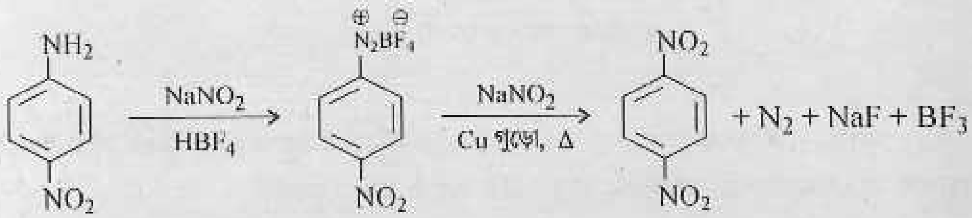
(b) 1, 2-ডাইনাইট্রোবেন্‌জিন সংশ্লেষণ।



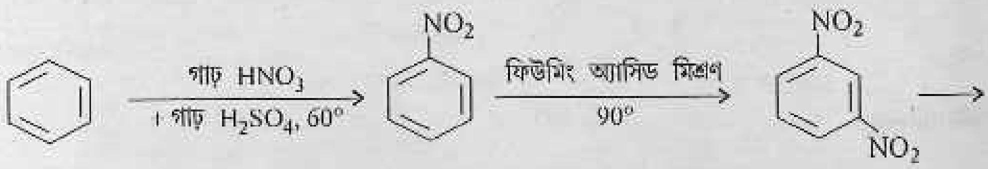
(c) 1, 4-ডাইনাইট্রোবেন্‌জিনের সংশ্লেষণ

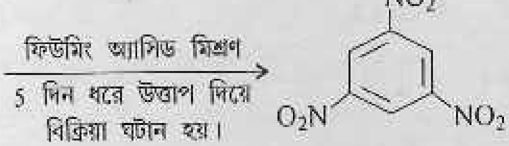



ফিলটার করে 4-নাইট্রো যৌগটি পৃথক করা হয়।



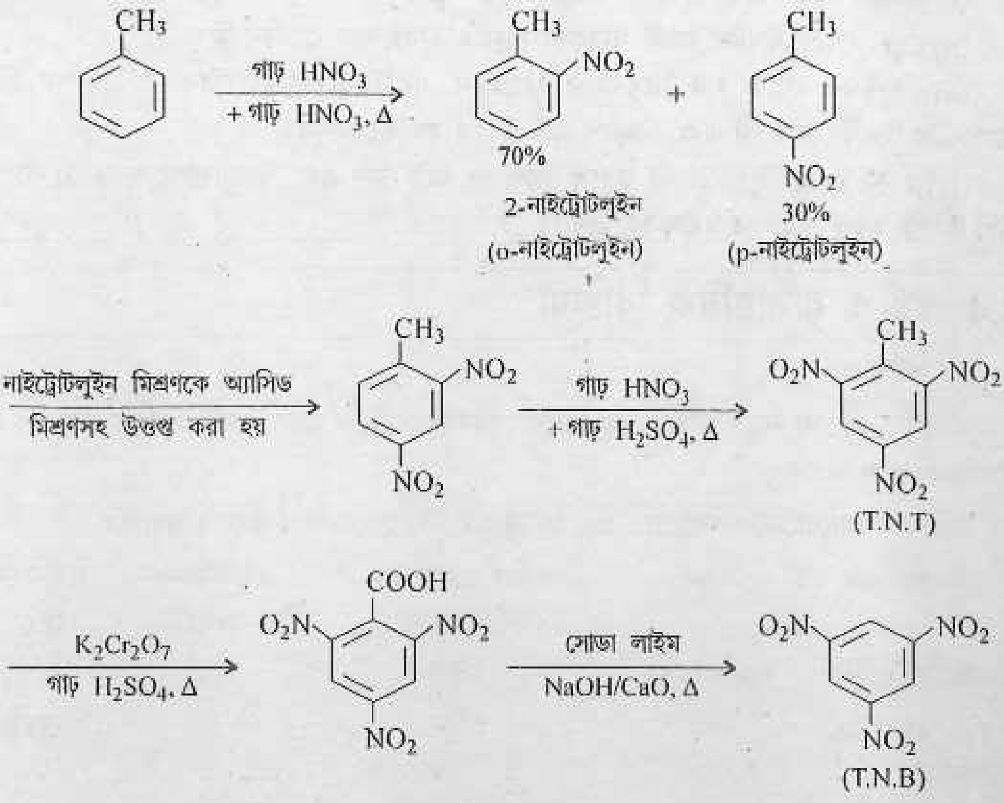

(v) 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোটলুইন এবং 1, 3, 5–ট্রাইনাইট্রো বেন্‌জিনের সংশ্লেষণ।



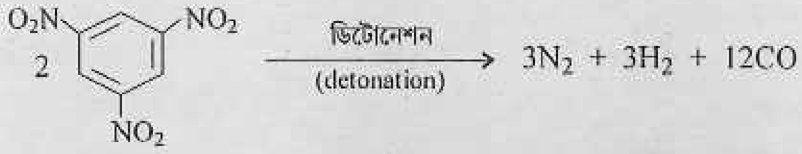




[নাইট্রোমূলক বেন্‌জিন বলয়ের ইলেকট্রন ঘনত্ব কমিয়ে দেয়। তাই ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়া সহজে হয় না।]

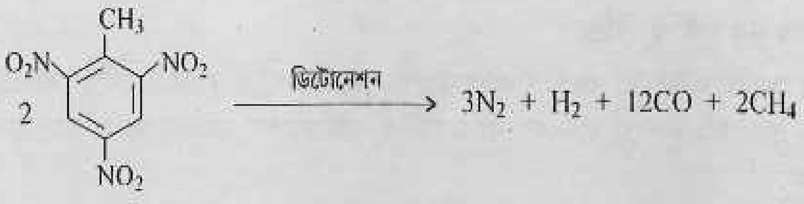
টলুইন থেকে 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোটলুইন এবং 1, 3, 5-ট্রাই নাইট্রোবেন্‌জিন।




T.N.B এবং T.N.T উভয়ই বিস্ফোরক পদার্থ। যৌগ দুটির নাইট্রোমূলকে অক্সিজেন থাকায় বিস্ফোরণ ঘটতে পারে (বাহিরের অক্সিজেন প্রয়োজন হয় না)




TMB




TNT

অনুশীলনী : 1

(i) নাইট্রোবেন্‌জিন এবং ফিনাইল নাইট্রাইট যৌগ দুটির গঠন লিখুন। এরূপ নামকরণের কারণ কী ?

(ii) $C_4H_9O_2N$ যৌগটির কয়টি সমাবয়ব সম্ভব ? এদের নাম ও গঠন লিখুন।

(iii) বেন্‌জিন থেকে নাইট্রোবেন্‌জিন সংশ্লেষণ একটি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। ইলেকট্রোফাইলটির নাম কী এবং কীভাবে এটি উৎপন্ন হয় তা লিখুন।

(iv) T. N. T যৌগটি ডিটোনেট করলে বিস্ফোরণ ঘটে কেন এবং বিস্ফোরণের ফলে কী কী গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন হয় ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

## 8.4 ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

**(i) ভৌত ধর্ম**

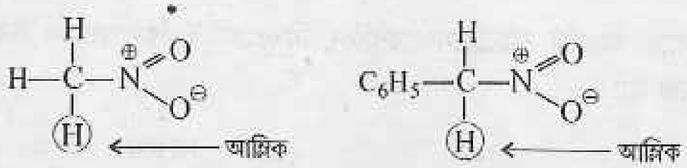
নাইট্রোঅ্যালকেন সমূহ সাধারণতঃ বিশুদ্ধ অবস্থায় বর্ণহীন তরল পদার্থ এবং সুগন্ধযুক্ত। নাইট্রো যৌগসমূহ জলে অদ্রাব্য।

কয়েকটি অ্যারোমেটিক নাইট্রোযৌগের ভৌত ধর্ম নিচের সারণীতে উল্লেখ করা হল।

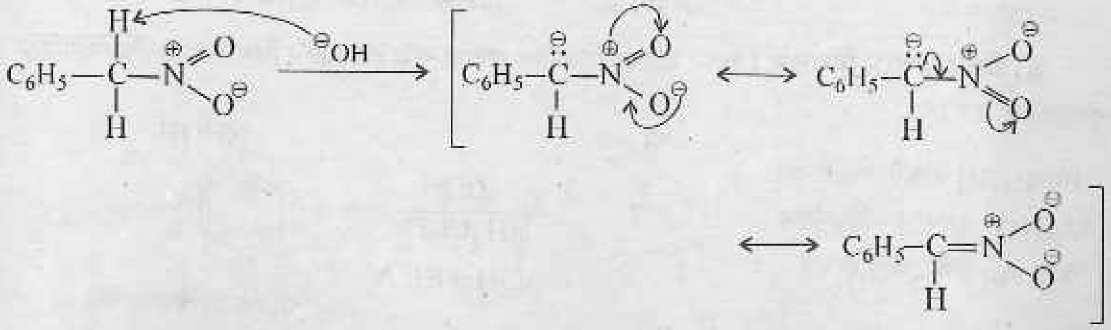
| যৌগের নাম | বর্ণ | সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন/তরল | স্ফুটনাঙ্ক 0°C | গলনাঙ্ক 0°C |
|---|---|---|---|---|
| নাইট্রোবেন্‌জিন | সামান্য হলুদ | তরল | 211° | |
| 1,2-ডাইনাইট্রো-বেন্‌জিন | বর্ণহীন | কঠিন | – | 118° |
| 1, 3-ডাইনাইট্রো-বেন্‌জিন | হলুদ | কঠিন | – | 90° |
| 1,4-ডাইনাইট্রো-বেন্‌জিন | বর্ণহীন | কঠিন | – | 173° |
| 1,3,5-ট্রাইনাইট্রো বেনজিন (TNB) | বর্ণহীন | কঠিন | – | 122° |
| 2, 4,6-ট্রাইনাইট্রো টলুইন | বর্ণহীন | কঠিন | – | 81° |

(ii) রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া

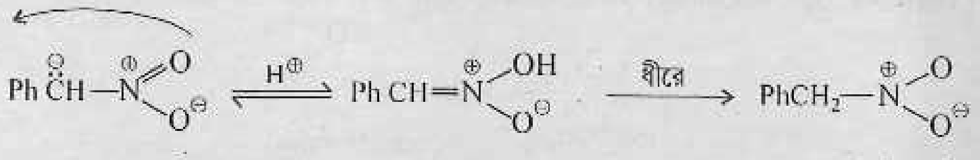
যে সকল অ্যালিফেটিক বা অ্যারিল প্রতিস্থাপিত অ্যালিফেটিক নাইট্রো যৌগে নাইট্রো মূলকটি যে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত সেই কার্বনে যদি এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তবে সেই H-পরমাণু আম্লিক হয় যেমন,



এই যৌগগুলি ক্ষারে দ্রবীভূত হয় এবং উৎপন্ন অ্যানায়ন রেজোনান্স দ্বারা স্থায়িত্ব লাভ করে।



উপরের মিশ্রণকে আম্লিক করলে প্রথমে অস্থায়ী অ্যাসিফর্ম (aciform) এবং পরে ধীরে ধীরে স্থায়ী নাইট্রোফর্ম যৌগে রূপান্তরিত হয়।

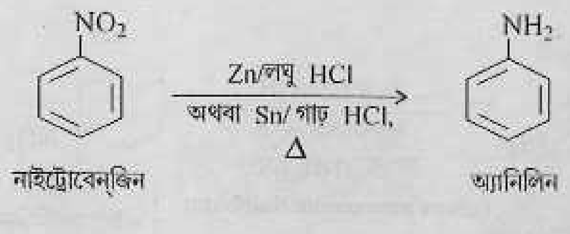


(নাইট্রোফর্ম)

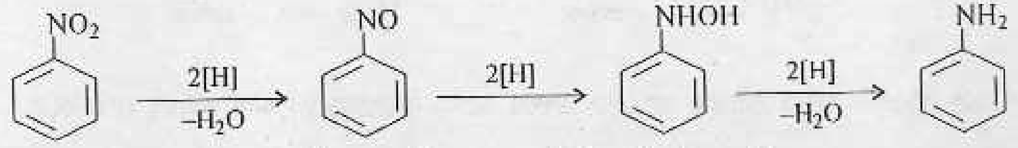
## 8.4.1 নাইট্রো যৌগের বিজারণ

অ্যালিফেটিক এবং অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ সমূহকে বিভিন্ন বিকারকের সাহায্যে বিজারন করা সম্ভব। এখানে শুধু অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগের বিজারণ উল্লেখ করা হল।

(i) **অ্যাসিড মাধ্যমে বিজারণ ঃ** নাইট্রো যৌগকে অ্যাসিড মাধ্যমে বিজারিত করলে অ্যামিন যৌগে রূপান্তরিত হয়।



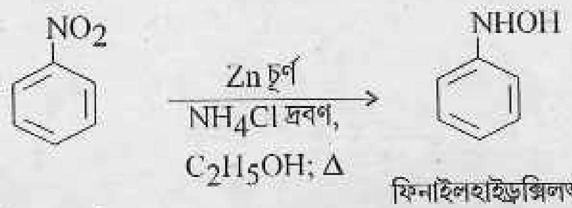
মধ্যবর্তী ধাপগুলিতে অস্থায়ী নাইট্রোসো বেন্‌জিন, ফিনাইলহাইড্রক্সিলঅ্যামিন উৎপন্ন হয়ে আরও সহজে অ্যামিনে পরিনত হয়।




নাইট্রোবেন্‌জিন　　নাইট্রোসোবেন্‌জিন　　ফিনাইলহাইড্রক্সিল অ্যামিন

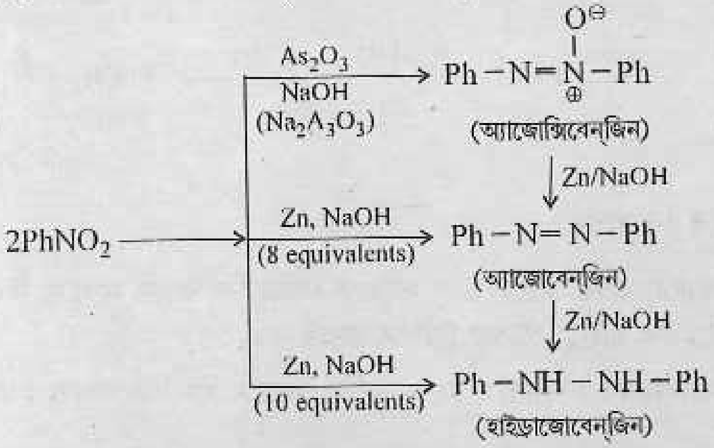
(ii) **প্রশম মাধ্যমে বিজারন ঃ** প্রশম মাধ্যমে বিজারিত করলে নাইট্রোবেন্‌জিন ফিনাইলহাইড্রক্সিলঅ্যামিনে রূপান্তরিত হয়।

PhNHOH একটি বিজারক। $AgNO_3$ দ্রবণকে বিজারিত করে Ag অধঃক্ষেপ দেয়।

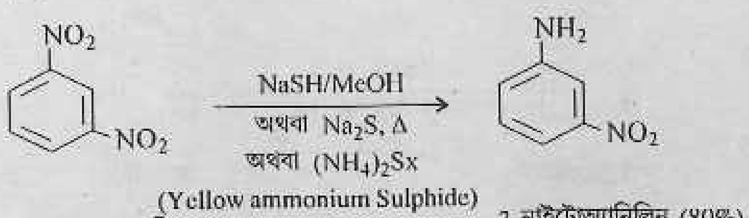



ফিনাইলহাইড্রক্সিলঅ্যামিন বা N-ফিনাইল অ্যাজানল)

(iii) **ক্ষারীয় মাধ্যমে বিজারন ঃ** ক্ষারীয় মাধ্যমে বিজারন করলে দুই অণু নাইট্রোবেন্‌জিন অংশগ্রহণ করে। বিজারনের ফলে অ্যাজোক্সিবেন্‌জিন, অ্যাজোবেন্‌জিন এবং হাইড্রাজোবেন্‌জিন উৎপন্ন হয়।




(iv) আংশিক বিজারন ঃ




1, 3- ডাইনাইট্রো বেন্‌জিন　　3-নাইট্রোঅ্যানিলিন (80%)

অনুশীলনী-2

কী ঘটে লিখুন। প্রয়োজনে ব্যাখ্যা দিন।

(i) ফিনাইল-নাইট্রোমিথেনকে NaOH দিয়ে উত্তপ্ত করা হল। পরে ক্ষারীয় দ্রবণকে আম্লিক করা হল।

(ii) $PhNO_2$ কে Zn চূর্ন এবং $NH_4Cl/MeOH$ দিয়ে উত্তপ্ত করা হল। পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত পরিস্রুত $AgNO_3$ দ্রবণে যোগ করা হল।

(i) 1, 4-ডাইনাইট্রোবেন্জিনকে $(NH_4)_2Sx$ দিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

## 8.5 অ্যামিন যৌগসমূহ

যে সকল জৈব যৌগে অ্যামিনো (amino) কার্যকরী মূলক বর্তমান তাদের অ্যামিন বলা হয়। যদি একটি $-NH_2$ মূলক থাকে তা হলে মনোঅ্যামিন ; যদি দুটি $-NH_2$ মূলক থাকে তবে ডায়ামিন (diamine) বলা হয়। অ্যামিন যৌগসমূহ প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি হতে পারে।

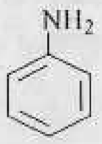
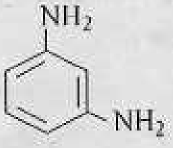
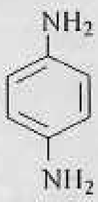
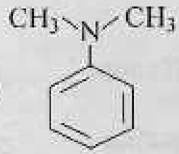
### 8.5.1 নামকরণ ও সমাবয়বতা

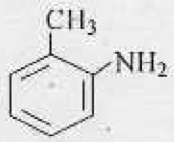
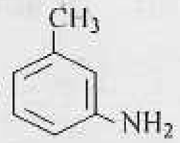
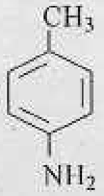
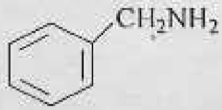
অ্যালিফেটিক অ্যামিন যৌগগুলির নামকরণের দুটি পদ্ধতি আছে। একটি পদ্ধতিতে অ্যালকিল অ্যামিন ও অপর IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকানামিন দ্বারা নামকরণ করা হয়। এখানে শেষোক্ত পদ্ধতিতে অ্যামিন সমূহের নামকরণ করা হল এবং সমবায়গুলিও চিহ্নিত করা হল। এছাড়া অ্যামিনগুলি [প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°) অথবা টারসিয়ারি (3°)] নিচের সারণীতে উল্লেখ করা হল।

| অ্যামিন যৌগের সংকেত | যৌগের গঠন | নামকরণ IUPAC পদ্ধতি | প্রাইমারি/সেকেন্ডারি/টারসিয়ারি |
|---|---|---|---|
| $C_5H_{13}N$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2\overset{1}{C}H_2NH_2$ | 1-পেন্টানামিন | প্রাইমারি |
| | $CH_3CH_2CH_2\overset{2}{C}H(NH_2)\overset{1}{C}H_3$ | 2-পেন্টানামিন | প্রাইমারি |
| | $CH_3CH_2\overset{3}{C}H(NH_2)\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}H_3$ | 3-পেন্টানামিন | প্রাইমারি |
| | $CH_3CH_2CH_2CH_2NHCH_3$ | N-মিথাইলবিউটানামিন | সেকেন্ডারি |
| | $CH_3CH_2CH_2NHCH_2CH_3$ | N-ইথাইলপ্রোপানামিন | সেকেন্ডারি |

| অ্যামিন যৌগের সংকেত | যৌগের গঠন | নামকরণ IUPAC পদ্ধতি | প্রাইমারি/সেকেন্ডারি/টারসিয়ারি |
|---|---|---|---|
| | $CH_3CH_2CH_2N\begin{smallmatrix}CH_3\\CH_3\end{smallmatrix}$ | N, N-ডাইমিথাইল-প্রোপানামিন | টারসিয়ারি |
| | $CH_3CH_2N\begin{smallmatrix}CH_3\\CH_2CH_3\end{smallmatrix}$ | N-ইথাইল-N-মিথাইল-ইথানামিন | টারসিয়ারি |

অ্যারোমটিক অ্যামিন যৌগের নামকরণ ও সমাবয়বতা ঃ

| | যৌগের গঠন | সাধারণ নাম | IUPAC পদ্ধতিতে নাম |
|---|---|---|---|
| 1° অ্যামিন | (1)  | অ্যানিলিন | বেন্‌জিনামিন |
| | (2) | o-ফেনিলিনডায়ামিন | 2-অ্যামিনোবেন্‌জিনামিন |
| | (3)  | m-ফেনিলিনডায়ামিন | 3-অ্যামিনেবেন্‌জিনামিন |
| | (4)  | p-ফেনিলিনডায়ামিন | 4-অ্যামিনোবেন্‌জিনামিন |
| 2° অ্যামিন | (5) | N-মিথাইলঅ্যানিলিন | N-মিথাইল বেন্‌জিনামিন |
| 3° অ্যামিন | (6)  | N, N-ডাইমিথাইলঅ্যানিলিন | N, N-ডাইমিথাইল বেন্‌জিনামিন |

| | | যৌগের গঠন | সাধারণ নাম | IUPAC পদ্ধতিতে নাম |
|---|---|---|---|---|
| 1° অ্যামিন | (7) |  | o-টলুইডিন | 2-মিথাইলবেন্‌জিনামিন |
| | (8) |  | m-টলুইডিন | 3-মিথাইলবেন্‌জিনামিন |
| | (9) |  | p-টলুইডিন | 4-মিথাইলবেন্‌জিনামিন |
| | (10) |  | বেনজাইলঅ্যামিন | ফিনাইল মিথানামিন |

[শেষোক্ত যৌগটি সঠিক অ্যারোমেটিক অ্যামিন নয়। এটি ফিনাইল প্রতিস্থাপিত অ্যালিফেটিক প্রাইমারি অ্যামিন।]

2, 3 এবং 4 ডায়ামিন যৌগ তিনটি অবস্থানজনিত সমাবয়ব। 7, 8, 9 এবং 10 যৌগগুলি সমাময়ব। আবার (5) এবং (10) যৌগ দুটিও সমাবয়ব। প্রথমটি সেকেন্ডারি অ্যারোমেটিক অ্যামিন এবং দ্বিতীয়টি ফিনাইল প্রতিস্থাপিত অ্যালিফেটিক অ্যামিন।

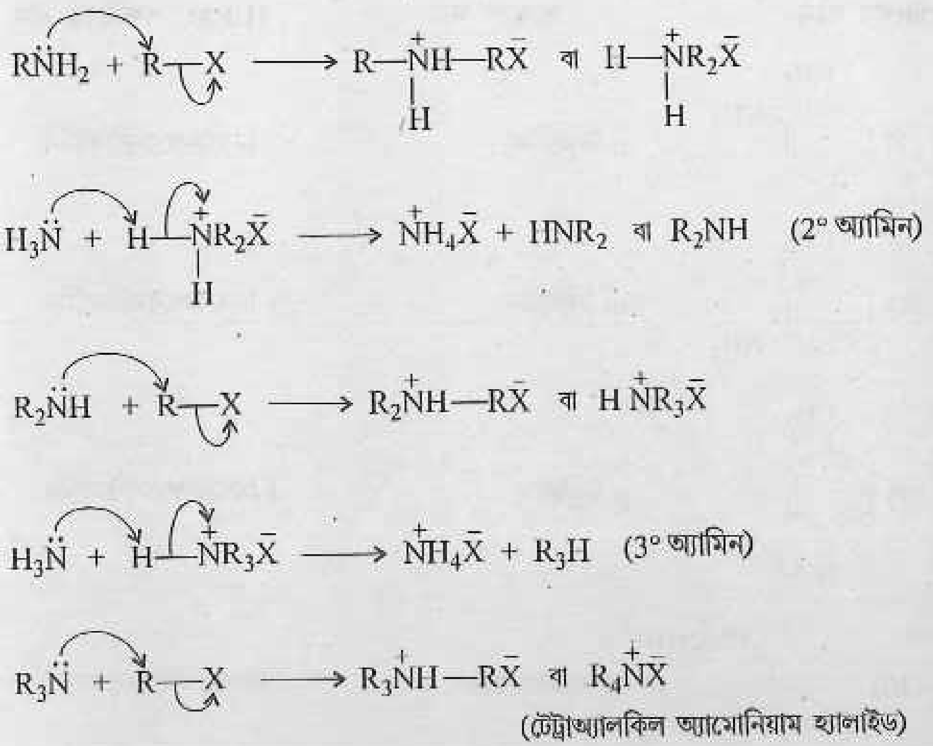
## 8.6 অ্যামিন যৌগের সংশ্লেষণ

এখানে অ্যামিন মিশ্রণ প্রস্তুতি এবং প্রাইমারি অ্যামিন সংশ্লেষণের কয়েকটি পদ্ধতি আলোচনা করা হল।

(1) **অ্যামিন মিশ্রণ পদ্ধতি—হফ্‌ম্যান বিক্রিয়া (Hofmann reaction) :** এই পদ্ধতিতে অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটানো হয়। এটি $S_N2$ বিক্রিয়া।

$$H_3\ddot{N} \quad R-X \longrightarrow H_3\overset{+}{N}-R\bar{X}$$

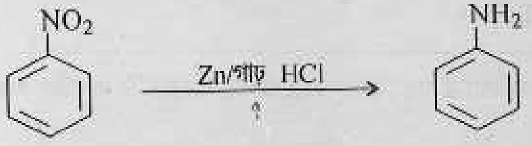
$$H_3\ddot{N} + H-\overset{+}{N}H_2-RX \rightleftharpoons \overset{+}{N}H_4\bar{X} + H_2N-R \text{ বা } RNH_2 \text{ (1° অ্যামিন)}$$




(2) প্রাইমারি অ্যামিন প্রস্তুতি

(i) নাইট্রোযৌগের বিজারন

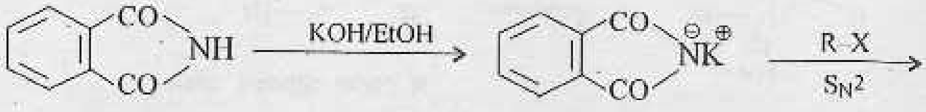
$$RCH_2NO_2 \xrightarrow[\text{লঘু HCl}]{Fe} RCH_3NH_2$$



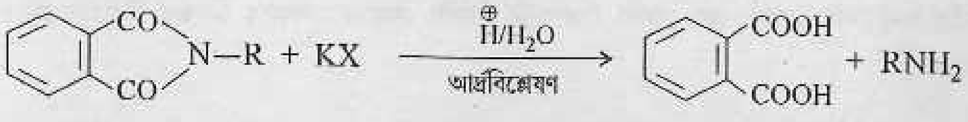

(ii) সায়ানো যৌগের বিজারন

$$R\text{-}C\equiv N: \xrightarrow[\substack{\text{অথবা Na/EtOH} \\ \text{অথবা } LiAlH_4}]{Ni/H_2} RCH_2NH_2$$

(iii) গ্যাব্রিয়েল থ্যালিমাইড সংশ্লেষণ (Gabriel phthalimide synthesis)




(থ্যালিমাইড)

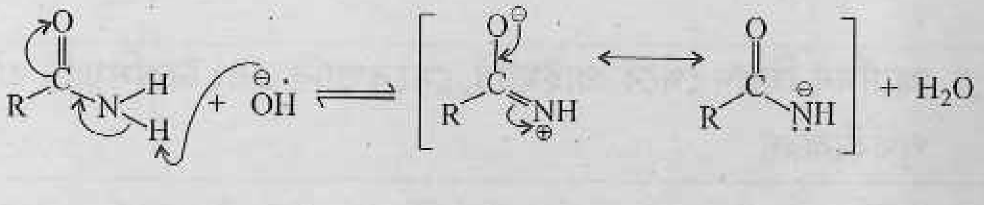


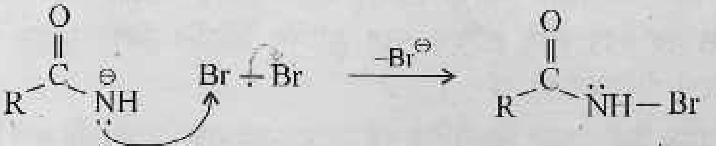

R—X এ যদি কাইরাল কার্বন থাকে এবং আলোক-সক্রিয় হয় তবে উৎপন্ন প্রাইমারি অ্যামিন, $RNH_2$ আলোক সক্রিয় হবে।

(iv) হফম্যান অবনয়ন (Hofmann degradation) পদ্ধতি ঃ অ্যামাইড যৌগকে প্রাইমারি অ্যামিন-এ রূপান্তরকরন।

$$RCONH_2 + Br_2 + NaOH \longrightarrow RNH_2 + NaBr + H_2O + CO_2\uparrow$$

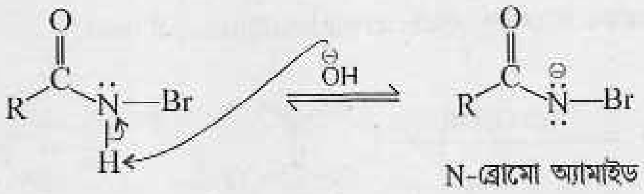
বিক্রিয়া কৌশল ঃ





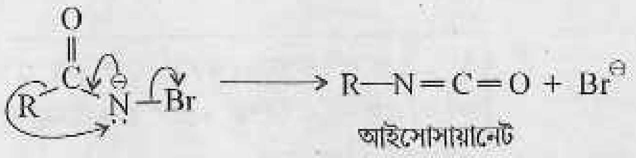

N-ব্রোমো অ্যামাইড

N-ব্রোমো অ্যামাইডে নাইট্রোজেন পরমাণুটি কার্বোনিল মূলক এবং ব্রোমিন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে বলে নাইট্রোজেন পরমাণুতে যুক্ত হাইড্রোজেনটি খুব বেশি পরিমাণে আম্লিক হয় এবং অতি সহজেই ক্ষার দ্বারা অপসৃত হয়।

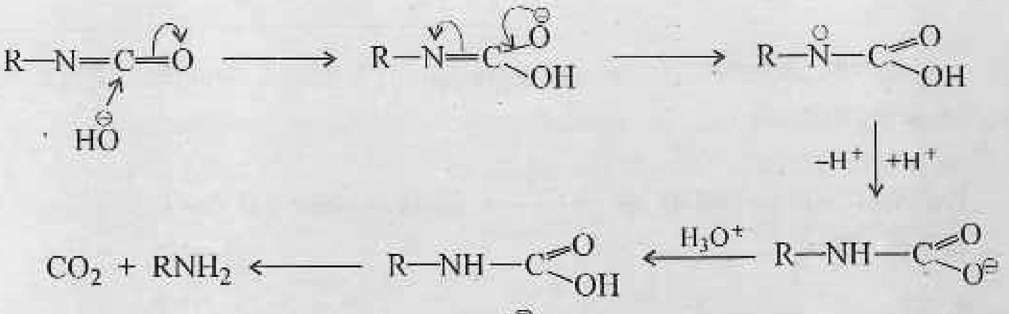


N-ব্রোমো অ্যামাইড আয়ন

N-ব্রোমো অ্যামাইড আয়নে নাইট্রোজেন পরমাণুর বহিস্থ কক্ষে 6টি ইলেকট্রন আছে। তাই অষ্টক পূর্তির জন্য নাইট্রোজেন এক জোড়া ইলেকট্রন বিশিষ্ট কোনো মূলককে নিজের দিকে আসতে আমন্ত্রণ জানায়।



আইসোসায়ানেট



অস্থায়ী

## 8.7 অ্যামিন মিশ্রণ থেকে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিন পৃথকীকরণ

প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিন মিশ্রণে কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম লবণ মিশ্রিত থাকে। এই মিশ্রণে KOH এর দ্রবণ দিয়ে পাতিত করে অ্যামিন তিনটির মিশ্রণ সংগ্রহ করা হয়। কোয়াটারনারি লবণের কোনো পরিবর্তন হয় না।

পাতনের পর প্রাপ্ত অ্যামিন মিশ্রণ থেকে নিম্নলিখিত দুটি উপায়ে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যামিন সংগ্রহ করা হয়।

**পদ্ধতি-1 : আংশিক পাতন পদ্ধতি**

উন্নতমানের আংশিক পাতনযন্ত্রের উদ্ভাবনের ফলে এই পদ্ধতিটি শিল্পে ব্যবহার করা হয় এবং বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অ্যামিন পৃথক পৃথক ভাবে সংগ্রহ করা হয়।

**পদ্ধতি-2 : হিন্‌জবার্গ পদ্ধতি (Hinsberg method) :**

এই পদ্ধতিতে অ্যামিন মিশ্রণে p-টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড, (p) $CH_3C_6H_4SO_2Cl$ যুক্ত করা হয়। পরে মিশ্রণকে KOH এর দ্রবণ যোগ করে ক্ষারীয় করা হয়। এর ফলে প্রাইমারি অ্যামিন অ্যালকিলসালফোনামাইড গঠন করে এবং এটি ক্ষারে দ্রবীভূত হয়। সেকেন্ডারি অ্যামিন, ডাই অ্যালকিল-সালফোনামাইড গঠন করে এবং ক্ষারে দ্রবীভূত হয় না। টারসিয়ারি অ্যামিন এই বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এই ক্ষারীয় মিশ্রণকে পাতিত করে টারসিয়ারি অ্যামিন সংগ্রহ করা হয়।

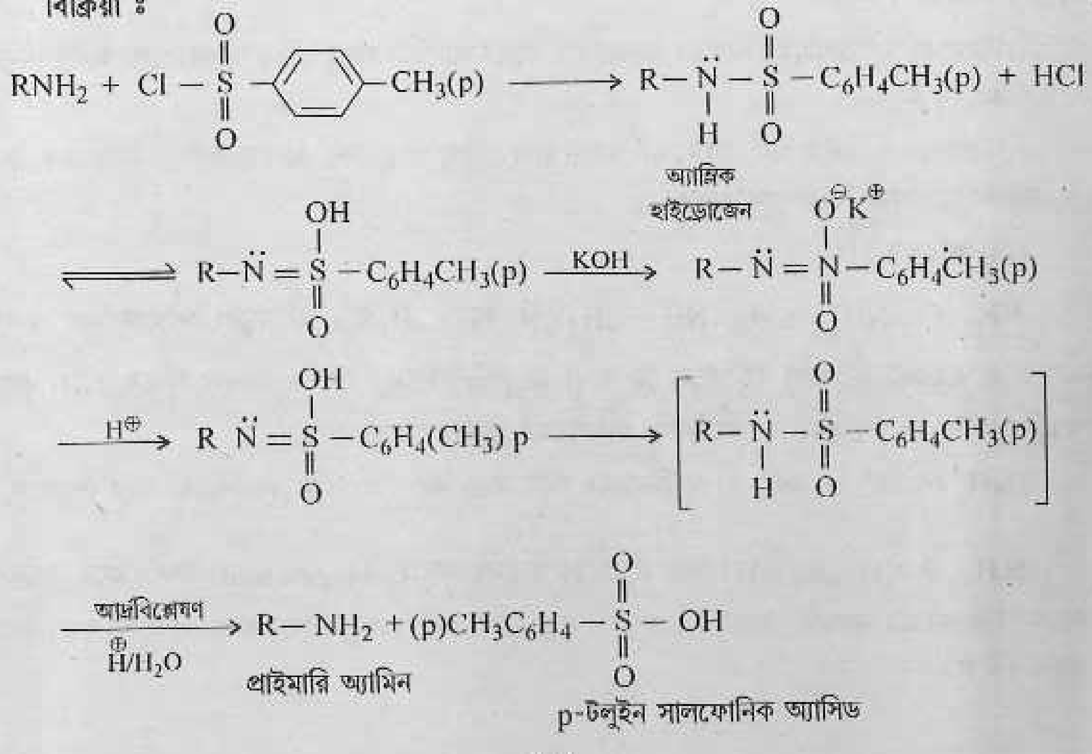
> প্রাইমারি অ্যামিন সালফোনামাইডে একটি আম্লিক –H আছে। তাই KOH দ্রবণে দ্রাব্য। কিন্তু সেকেন্ডারি অ্যামিন সালফোনামাইড কঠিন যৌগ। কোনো আম্লিক –H নেই। তাই KOH এ অদ্রাব্য।

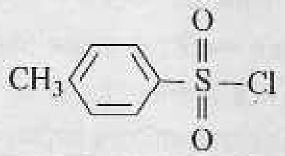
টারসিয়ারি অ্যামিন অপসারণের পর অবশিষ্ট মিশ্রণকে পরিস্রাবণ করা হয়। পরিস্রুতে প্রাইমারি অ্যামিন সালফোনামাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং অদ্রাব্য কঠিন সেকেন্ডারি অ্যামিন সালফোনামাইড অবশেষ (residue) রূপে সংগ্রহ করা হয়।

পরিস্রুতে প্রাইমারি অ্যামিনসালফোনামাইড দ্রবণকে 70% $H_2SO_4$ অথবা HCl দ্রবণ দিয়ে প্রশমিত করলে প্রাইমারি অ্যামিন পাওয়া যায়।

অবশেষরূপে সংগ্রহ করা সেকেন্ডারি অ্যামিনসালফোনামাইড একই পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ অথবা HCl দ্রবণ দিয়ে বিশ্লেষিত করে সেকেন্ডারি অ্যামিন সংগ্রহ করা হয়।

**বিক্রিয়া ঃ**



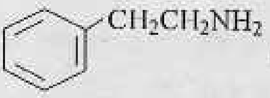
প্যারাটলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড যৌগটির গঠন দেখানো হল 

**অনুশীলনী-3 :**

(1) নিচের অ্যামিন যৌগদুটির গঠন লিখুন।

(i) N-ইথাইলইথানামিন।

(ii) N, N-ডাইইথাইল 1-প্রোপানামিন।

(2)  যৌগটির IUPAC নাম লিখুন।

(3) ইথামামিন এবং p-টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড এর বিক্রিয়ায় যে যৌগ উৎপন্ন হয় তার সমীকরণ লিখুন।

## 8.8 অ্যামিনের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

### 8.8.1 ভৌত ধর্ম

(i) মিথানামিন, ইথানামিন সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস। আনবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অ্যামিনসমূহ তরল এবং কঠিন হয়।

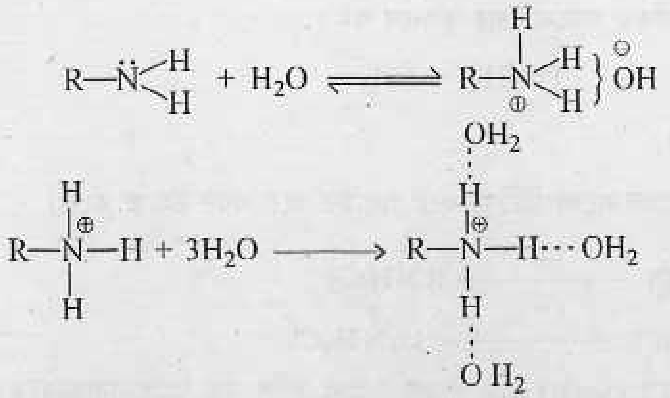
(ii) দ্রাব্যতা ঃ মিথানামিন, ইথানামিন জলে দ্রাব্য। কিন্তু অ্যানিলিন, N-মিথাইলঅ্যানিলিন এবং N, N-ডাই মিথাইলঅ্যানিলিন জলে অদ্রাব্য।

(iii) ক্ষারকত্ব ঃ

$\ddot{N}H_3, CH_3\ddot{N}H_2, (CH_3)_2\ddot{N}H, (CH_3)_3\ddot{N}$ এর $C_6H_5\ddot{N}H_2$ যৌগগুলি ক্ষার/ক্ষারক। কারণ এদের প্রত্যেকেরই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়, (lone pair) আছে। এখানে আমরা প্রথমে $\ddot{N}H_3$ এবং অ্যালিফ্যাটিক $1°, 2°$ এবং $3°$ অ্যামিনের ক্ষারকত্বের তুলনা করবো।

: $NH_3$ এবং $1°, 2°$ এবং $3°$ অ্যামিনসমূহ জলে দ্রাব্য এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে,

$\overset{\oplus}{N}H_4, R\overset{\oplus}{N}H_3, R_2\overset{\oplus}{N}H_2$ এবং $R_3\overset{\oplus}{N}H$ অনুবন্ধ অম্ল (Conjugate acid) উৎপন্ন করে। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এই অম্লগুলি যথাক্রমে 4-অণু, 3-অণু, 2-অণু এবং 1-অণু জলের সঙ্গে H-বন্ধন রচনা করে জলে দ্রবীভূত হয়। যেমন,



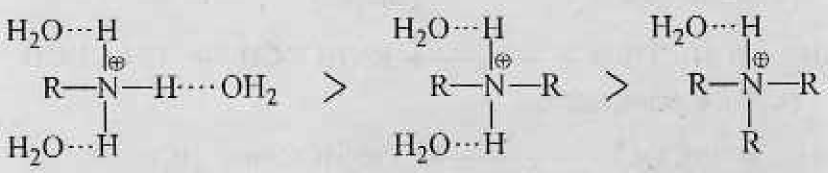
আবার অ্যামোনিয়ার H অ্যালকিল (R) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে 1°, 2° এবং 3° উৎপন্ন হয়। R মূলক এর আবেশ প্রভাব +I আছে। এর ফলে R মূলক বৃদ্ধির ফলে —N এ ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়তে থাকে।

অনুবন্ধ (conjugate) অ্যাসিড এর দ্রাবক জলের সঙ্গে H-বন্ধন রচনা এবং R মূলকের +I আবেশ প্রভাবের জন্য জলে অ্যামিন যৌগগুলির তুলনামূলক ক্ষারত্ব হবে ঃ

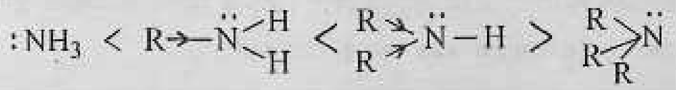
গ্যাসীয় অবস্থায় এবং প্রোটনবিহীন দ্রাবকে (aprotic solvent) ক্ষারকগুলির ক্ষারকত্বের বৃদ্ধির ক্রমঃ

$$NH_3 < Me\ NH_2 < Me_2NH < Me_3N$$

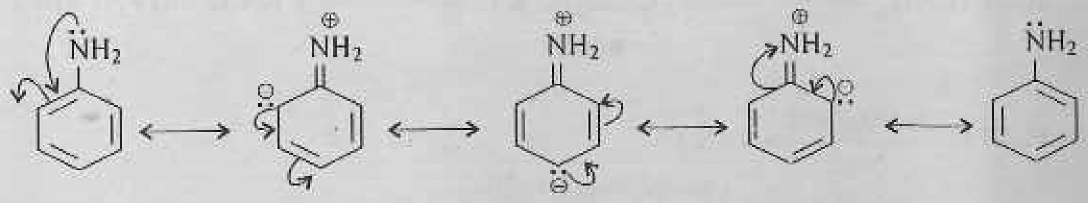
জলীয় দ্রবণে বা প্রোটনযুক্ত দ্রাবকে (protic solvent) :



জল যুক্তীকরণের (solvation) ফলে স্থায়িত্বের হ্রাস



অ্যানিলিন (বেনজানামিন), $C_6H_5\ddot{N}H_2$-এর রেজোনান্সের জন্য N পরমাণুতে ইলেকট্রন ঘনত্ব কমে যায়।



এর ফলে অ্যানিলিনের ক্ষারকত্ব অ্যামোনিয়ার তুলনায় কম।

$$Ph\ddot{N}H_2 < \ddot{N}H_3$$

## 8.8.2 রাসায়নিক বিক্রিয়া

(i) অ্যামিন ক্ষারক বলে অম্লের সঙ্গো বিক্রিয়া করে প্রশমিত হয়ে লবণ উৎপন্ন করে।

$$R\ddot{N}H_2 + HCl \longrightarrow R\overset{\oplus}{N}H_3Cl^-$$

$$Ph\ddot{N}H_2 + HCl \longrightarrow Ph\overset{\oplus}{N}H_3Cl^-$$

(ii) প্রাইমারি অ্যামিন $CHCl_3/NaOH$ দিয়ে উত্তপ্ত করলে দুর্গন্ধ যুক্ত আইসোসায়ানাইড R-NC উৎপন্ন হয়।

$$RNH_2 + CHCl_3 \xrightarrow[\Delta]{3KOH} RNC + 3\,KCl + 3H_2O$$

(iii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অ্যাসিটিক-অ্যানহাইড্রাইড, বেনজোয়িল ক্লোরাইড অ্যামিনের সঙ্গো বিক্রিয়া করে যথাক্রমে অ্যাসিটাইল এবং বেনজোয়িল জাতক উৎপন্ন করে।

প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড এবং অ্যানিলাইড সমূহ কঠিন জাতক যৌগ। এদের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে। এই জাতক তৈরি করে এবং গলনাঙ্ক দেখে অ্যামিন সমূহ শনাক্ত করা যায়।

$$\underset{}{R\text{-}NH_2} + \underset{\text{(অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড)}}{CH_3COCl} \longrightarrow \underset{\text{(অ্যামাইড)}}{RNHCOCH_3} + HCl$$

$$R\text{-}NH_2 + \underset{\text{(অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড)}}{(CH_3CO)_2O} \longrightarrow RNHCOCH_3 + CH_3COOH$$

$$\underset{\text{(অ্যানিলিন)}}{PhNH_2} + \underset{\text{বেনজোয়িল ক্লোরাইড}}{PhCOCl} \longrightarrow \underset{\text{(অ্যানিলাইড)}}{PhNHCOPh} + HCl$$

> প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড এবং অ্যানিলাইডসমূহ কঠিন জাতক যৌগ। এদের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে। এই জাতক তৈরি করে এবং গলনাঙ্ক দেখে অ্যামিন সমূহ সনাক্ত করা যায়

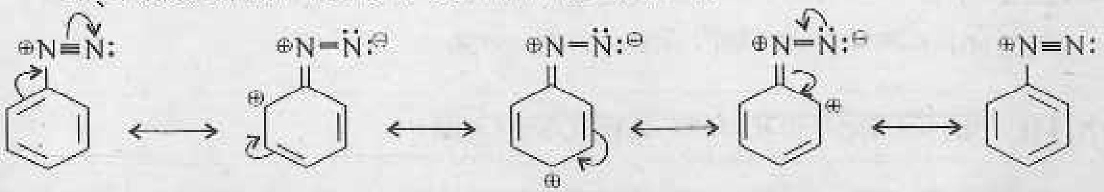
(4) **$HNO_2$-এর বিক্রিয়া**

$$R-CH_2\ddot{N}H_2 \xrightarrow[0°-5°]{NaNO_2\,/\,HCl} \underset{\text{অস্থায়ী}}{[R.CH_2\overset{+}{N_2}]Cl^-} \xrightarrow{H_2O} R\text{-}CH_2OH + N_2 + HCl$$

$$Ph.\ddot{N}H_2 \xrightarrow[0°-5°]{NaNO_2\,/\,HCl} \underset{\text{(তুলনামূলকভাবে স্থায়ী)}}{Ph\overset{\oplus}{N_2}Cl^{\ominus}}$$

অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন অ্যালিফেটিক ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন এর তুলনায় অধিক সুস্থির। এর কারণ অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন রেজোনান্স দ্বারা স্থায়িত্ব লাভ করে। অ্যালিফেটিক ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়নের রেজোনান্স অবদান খুব কম।

বেন্‌জিনডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়নের রেজোনান্স নিচে দেখান হল ঃ

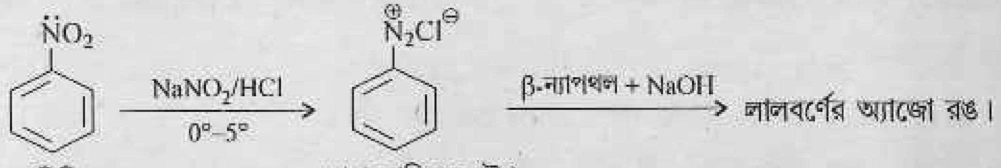


## 8.9 প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়্যারি অ্যামিনের সনাক্তকরণ

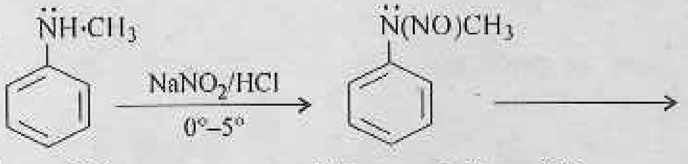
(i) 1° অ্যামিন $CHCl_3$ এবং NaOH দিয়ে উত্তপ্ত করলে দুর্গন্ধযুক্ত আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে 1° অ্যামিন সনাক্ত করা যায়।

(ii) অ্যারোমেটিক 1° অ্যামিন NaOH/HCl এর সঙ্গে 0°–5° তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠন করে। এই ডায়াজোটাইজড দ্রবণকে ক্ষারীয় β-ন্যাপথ্যল এর দ্রবণে যোগ করলে লাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ার (diazotisation বিক্রিয়া) সাহায্যে 1° সনাক্ত করা হয়।

(iii) $Ph\ddot{N}H_2$, $Ph\ddot{N}HCH_3$ এবং N, N-ডাইমিথাইল-অ্যানিলিন সনাক্ত করণ।

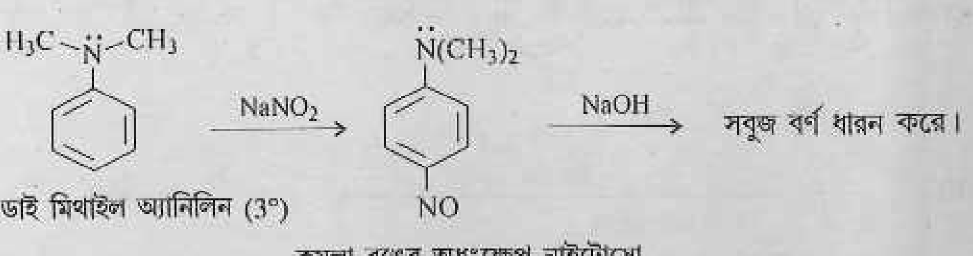


অ্যানিলিন (1°) ডায়াজোনিয়াম যৌগ



N-মিথাইল অ্যানিলিন (2°) N-নাইট্রোসো-N-মিথাইল অ্যানিলিন

নাইট্রোসো-যৌগটি হলুদ বর্ণের তৈলাক্ত পদার্থ। পরীক্ষানলের জলের উপর ভাসমান অবস্থায় থাকে।



N,N-ডাই মিথাইল অ্যানিলিন (3°)

কমলা রঙের অধঃক্ষেপ নাইট্রোসো N, N-ডাইমিথাইল অ্যানিলিন।

অনুশীলনী 4 :

(i) জলীয় দ্রবণে $(CH_3)_2\ddot{N}H$, $(CH_3)_3.\ddot{N}$ এর তুলনায় বেশি ক্ষারকীয় কেন ?

(ii) একটি পরীক্ষা নলে কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন এবং সামান্য ক্লোরোফর্ম মিশ্রিত করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন। উৎপন্ন জৈব যৌগটির নাম কী ?

(iii) N-মিথাইলঅ্যানিলিন যৌগটি কীভাবে সনাক্ত করবেন ?

## 8.10 ডায়াজোনিয়াম এবং ডায়াজো যৌগ

অ্যানিলিন লঘু HCl -এ দ্রবীভূত করে শীতল অবস্থায় (0°–5°) $NaNO_2$ এর জলীয় দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করলে বেন্‌জিনডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে ডায়াজোটাইজেশন (diazotisation) বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0^\circ-5^\circ]{\text{লঘু } HCl/NaNO_2 \text{ দ্রবণ}} C_6H_5\overset{\oplus}{N}\equiv N:\overset{\ominus}{Cl}$$

(ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড)

আম্লিক দ্রবণে নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত এবং যে নাইট্রোজেন পরমাণু বেন্‌জিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত সেই নাইট্রোজেন পরমাণু পরাতড়িৎ বহন করে। কিন্তু দ্রবণটি ক্ষারীয় করলে যৌগটি হবে বেন্‌জিন ডায়াজো হাইড্রক্সাইড, $C_6H_5\ddot{N}=\overset{+\,-}{N}OH$। অতএব আম্লিক দ্রবণে $C_6H_5\overset{+}{N}\equiv N:$ (ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন) সুস্থির। কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবণে $C_6H_5\ddot{N}=\overset{\oplus}{\ddot{N}}:$ (ডায়াজো ক্যাটায়ন) সুস্থির।

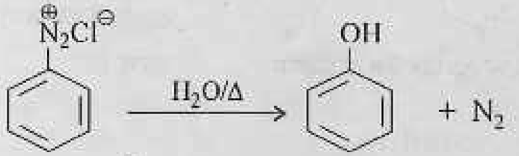
$$C_6H_5\overset{\oplus}{N}\equiv N: \longrightarrow C_6H_5\ddot{N}=\overset{\oplus}{N}:$$

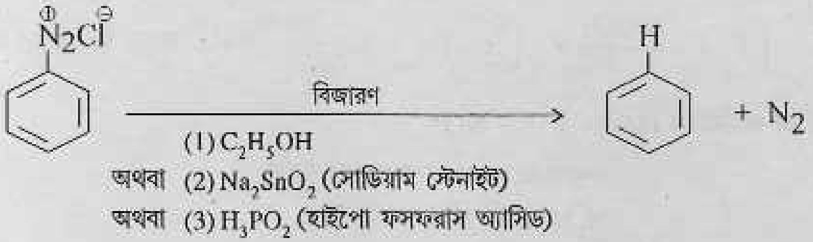
ডায়াজোনিয়াম লবণের বিক্রিয়া দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

[A] যে সকল বিক্রিয়ায় $N_2$ অণু নির্গত হয়।

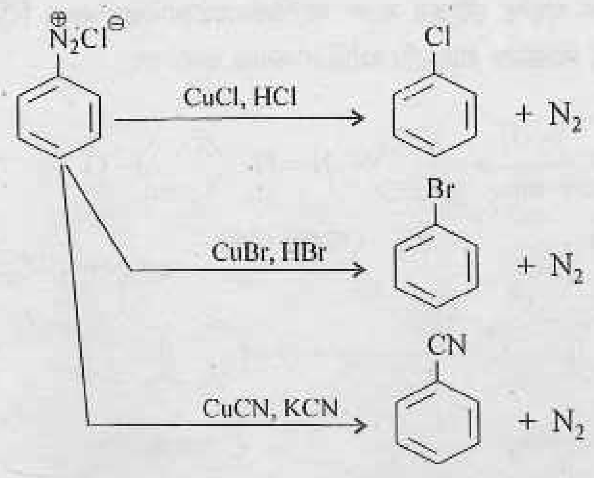
[B] যে সকল বিক্রিয়ায় $N_2$ অণু নির্গত হয় না।

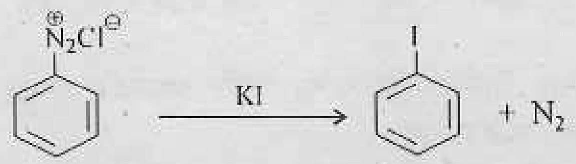
[A] যে সকল বিক্রিয়ায় $N_2$ নির্গত হয় সেগুলি হল ;

(i)



(ii)


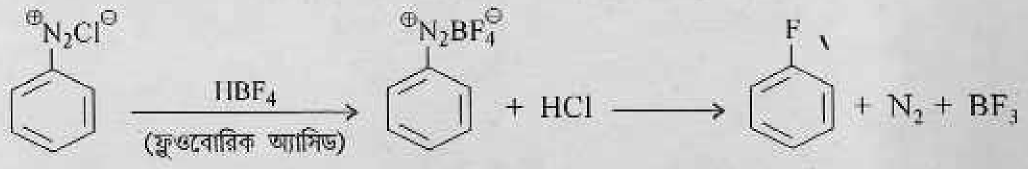
(iii) স্যান্ডমায়ার (Sandmeyer) বিক্রিয়া ঃ



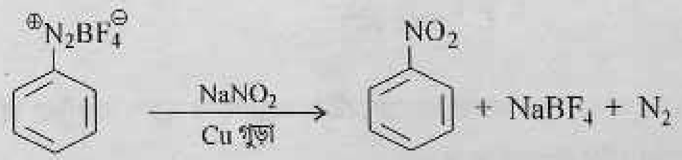
(iv) 

(v) শীম্যান Schiemann বিক্রিয়া

এই পদ্ধতিতে ফ্লুওরো বেন্‌জিন সংশ্লেষণ করা যায়।



(জলে দ্রাব্য) ডায়াজোনিয়াম ফ্লুওবোরেট (জলে অদ্রাব্য)

(vi) 

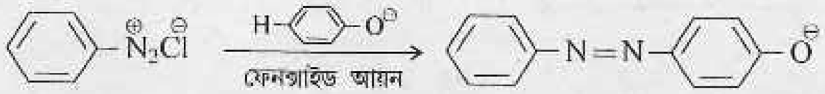
[B] যে সকল বিক্রিয়ায় $N_2$ মুক্ত হয় না সেগুলি হল ঃ

(i) $C_6H_5-\overset{\oplus}{N}_2Cl^- + 4[H] \xrightarrow[\text{বিজারন}]{SnCl_2/HCl} C_6H_5NHNH_2HCl$

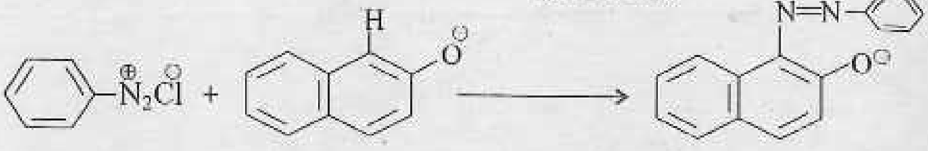
ফিনাইলহাইড্রাজিন-হাইড্রোক্লোরাইড

### (ii) কাপ্‌লিং বিক্রিয়া (Coupling reaction)

(a) ক্ষারীয় দ্রবণে ফেনল, ন্যাপথ্যল প্রভৃতি যৌগের সঙ্গো অ্যারিলডায়াজোনিয়াম লবণ বিক্রিয়া করে রঙিন অ্যাজো যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় প্রাইমারি অ্যামিন সনাক্ত করা যায়।




(অ্যাজো যৌগ)

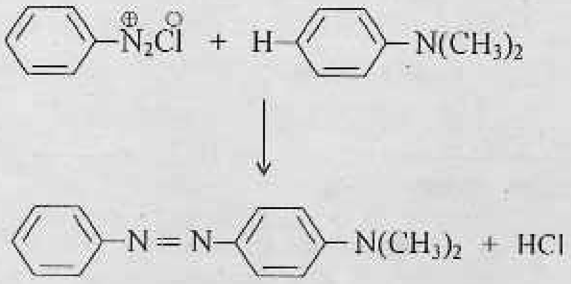


2-ন্যাপথ্যল
($\beta$-ন্যাপথ্যল)

C-অ্যাজো যৌগ
লাল রঙের অ্যাজো যৌগ

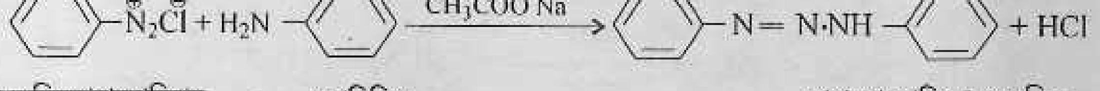
উপরের বিক্রিয়া দুটিতে ডায়াজোনিয়াম যৌগটি বেন্‌জিন বা ন্যাপথ্যালিন বলয়ের C পরমাণুর সঙ্গো যুক্ত হয় বলে এই বিক্রিয়াগুলিকে C-কাপলিং বিক্রিয়া বলে।

আবার N, N-ডাই মিথাইলঅ্যানিলিনের সঙ্গেও ডায়াজো যৌগের বিক্রিয়ায় C-কাপ্‌লিং করে অ্যাজো যৌগ উৎপন্ন করে।



C-অ্যাজো যৌগ

(c) $C_6H_5 \cdot \overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl}$ প্রাইমারি অথবা সেকেন্ডারি অ্যারোমেটিক অ্যামিনের সঙ্গো কাপ্‌লিং বিক্রিয়া করে C-অ্যাজোর পরিবর্তে N-অ্যাজো যৌগ উৎপন্ন করে।



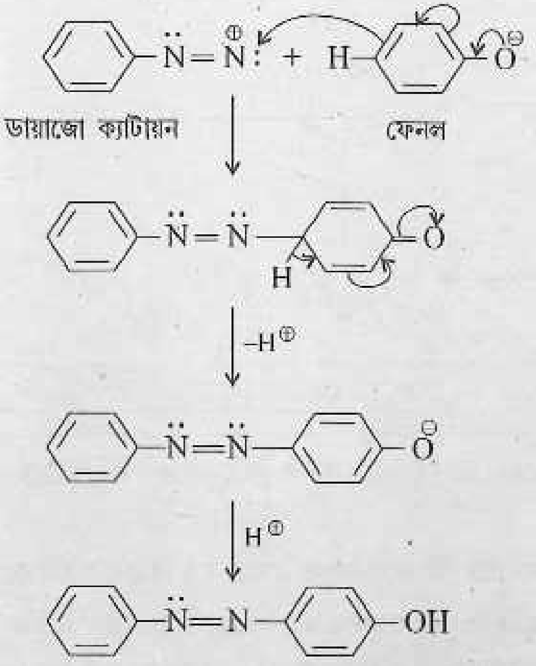
বেন্‌জিনডায়াজোনিয়াম লবণ — অ্যানিলিন — ডায়াজোঅ্যামিনো বেন্‌জিন

### বিক্রিয়া কৌশল

(1) ক্ষারীয় দ্রবণে ফেনল এবং ডায়াজোনিয়াম লবণের কাপ্‌লিং বিক্রিয়ার কৌশল ঃ

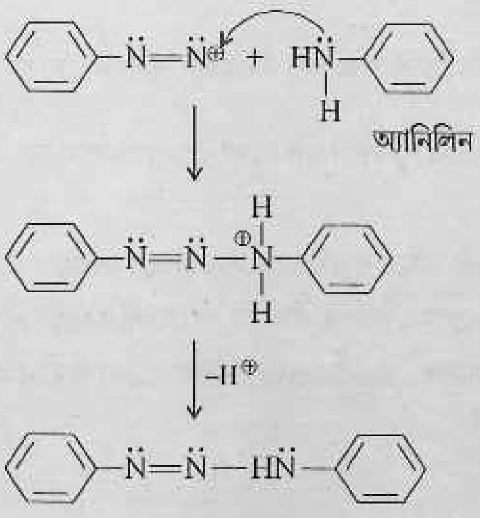
$$Ph.\overset{\oplus}{N} \equiv N : \longleftrightarrow Ph.\ddot{N} = \overset{\oplus}{N} :$$

(ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন) (ডায়াজো ক্যাটায়ন)




ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়ন একটি দুর্বল ইলেকট্রোফাইল ফেনলের p-অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি হওয়ায় ঐ স্থানে বিক্রিয়া ঘটে।

(2) অ্যারোমেটিক প্রাইমারি অ্যামিন এবং ডায়াজোনিয়াম লবণের কাপ্‌লিং বিক্রিয়ার কৌশল।



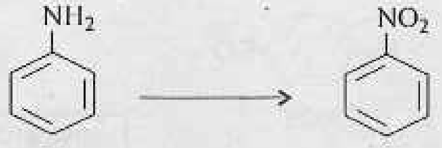

ডায়াজোঅ্যামিনোবেন্‌জিন

অনুশীলনী-5

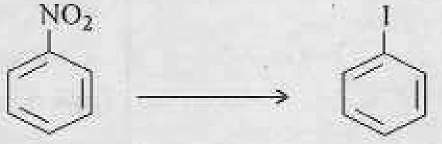
(i) ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া কাকে বলে ? এই বিক্রিয়া প্রয়োগ করে অ্যানিলিন কীভাবে সনাক্ত করবেন ?

(ii) কীভাবে রূপান্তর ঘটাবেন ?

(1)



(2)



## 8.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) বেন্‌জিন থেকে নাইট্রোবেন্‌জিন সংশ্লেষণের বিক্রিয়া-কৌশল দেখান। এই বিক্রিয়ায় সমস্থানিকের প্রভাব নেই কেন ?

(2) অ্যানিলিন থেকে 1, 4–ডাইনাইট্রোবেন্‌জিন কীভাবে প্রস্তুত করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

(3) নাইট্রোবেন্‌জিনের রেজোনেটিং গঠনগুলি লিখুন। অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা ডাইনাইট্রোবেন্‌জিন সংশ্লেষণে $-NO_2$ মূলকটি বেন্‌জিন বলয়ে অবস্থিত নাইট্রোমূলকের সাপেক্ষে $C_3$-এর সঙ্গে যুক্ত হয় কেন ?

(4) গ্যাব্রিয়েল থ্যালিমাইড পদ্ধতি অবলম্বন করে একটি আলোক সক্রিয় প্রাইমারি অ্যামিন,

$$\begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix} > CHNH_2$$ কীভাবে তৈরি করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

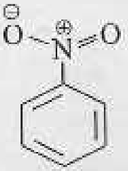
(5) $CH_3\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}HCH_3$ যৌগকে $NaNO_2/HCl$ এর সঙ্গে 0°–5° তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটান হল। পরে মিশ্রণটিকে সামান্য উত্তপ্ত করলে কী ঘটবে ? সমীকরণ সহ বুঝিয়ে লিখুন।

(6) টলুইন থেকে 1, 3, 5-ট্রাই ব্রোমোবেন্‌জিন কীভাবে সংশ্লেষণ করবেন ?

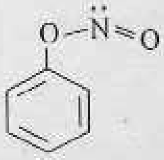
(7) টীকা লিখুন : (i) স্যান্ডমায়ার (Sandmeyer) বিক্রিয়া ; (ii) শীম্যান (Schiemann) বিক্রিয়া ; (iii) কাপলিং (Coupling) বিক্রিয়া।

## 8.12 উত্তরমালা

অনুশীলনী–1

(i) নাইট্রোবেন্‌জিন-এর গঠন ; 

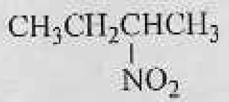
নাইট্রোবেন্‌জিনের নাইট্রো মূলকের N পরমাণু বেন্‌জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত।

ফিনাইল নাইট্রাইট এর গঠন 

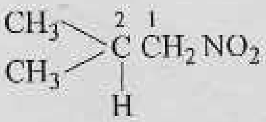
এটি একটি এস্টার শ্রেণির যৌগ। নাইট্রাস অ্যাসিডের (H–O–N̈=O) হাইড্রোজেন পরমাণু বেন্‌জিন বলয় দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়েছে। ফলে বেন্‌জিন বলয় O পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত ; N এর সঙ্গে নয়।

(ii) চারটি সমাবয়ব ঃ

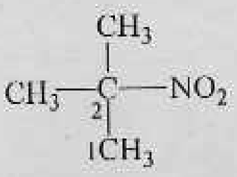
(i) $CH_3\,CH_2\,CH_2\,CH_2\,NO_2$
1-নাইট্রোবিউটেন

(2) 

2-নাইট্রোবিউটেন।

(3) 

2-মিথাইল-1-নাইট্রোপ্রোপেন।

(4) 

2-মিথাইল–2–নাইট্রোপ্রোপেন

(iii) নাইট্রোনিয়াম আয়ন $[\overset{\oplus}{N}O_2]$; পরবর্তী অংশের জন্য 8.3 এর (iii) দেখুন।

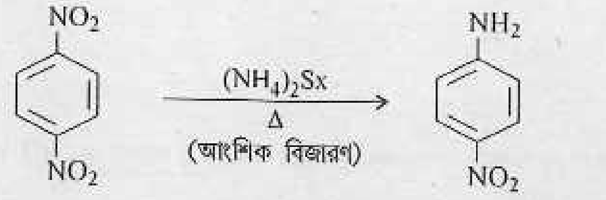
(iv) TNT যৌগটির নাইট্রোমূলকে প্রচুর অক্সিজেন আছে। বাইরের অক্সিজেন ছাড়াই যৌগটির বিস্ফোরণ ঘটতে পারে। বিস্ফোরনে $N_2$, $H_2$, CO এবং $CH_4$ উৎপন্ন হয়।

8.3 এর (v) দেখুন।

অনুশীলনী-2

(i) 8.4 এর (ii) দেখুন।

(ii) 8.4.1 দেখুন।

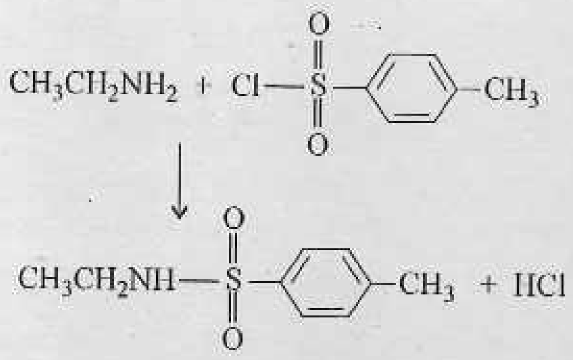
(iii) 


4- নাইট্রো অ্যানিলিন

অনুশীলনী-3

(1) (i) $CH_3CH_2\,NH\,CH_2\,CH_3$

(ii) $CH_3CH_2CH_2N\begin{smallmatrix} CH_3 \\ CH_3 \end{smallmatrix}$

(3) 


(2) 2-ফিনাইলইথানামিন

অনুশীলনী-4

i) 8.81 দেখুন।

ii) 8.8.2 দেখুন।

iii) 8.9 এর বিক্রিয়া (iii) দেখুন।

অনুশীলনী-5

i) 8.10 দেখুন।

ii) 8.10 দেখুন।

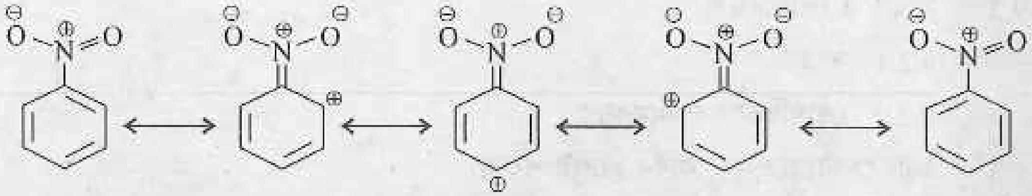
(2) 8.10 দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) 8.3 দেখুন

(2) 8.3 এর C দেখুন

(3) নাইট্রো বেন্‌জিনের রেজোনেটিং গঠন সমূহ ঃ

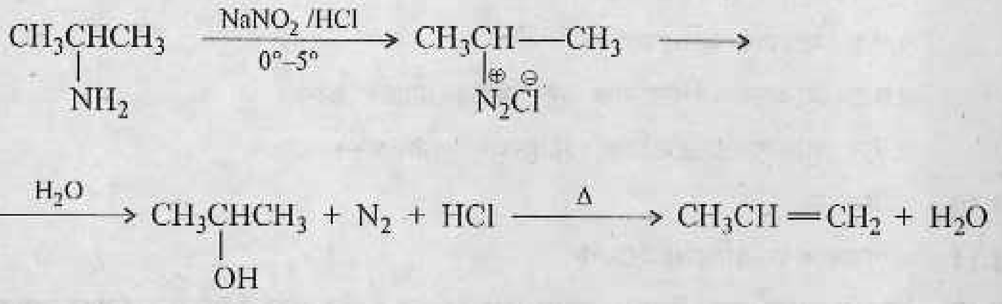


$-NO_2$ মূলক বেন্‌জিন বলয় থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করে অক্সিজেনের ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। এর ফলে বেন্‌জিন বলয়ের o– এবং p-অবস্থানের ইলেকট্রন ঘনত্ব কমে যায়। o/p-অবস্থানের তুলনায় m-অবস্থানের ইলেকট্রন ঘনত্ব সামান্য বেশি থাকে। তাই $-\overset{\oplus}{N}O_2$ (নাইট্রোনিয়াম আয়ন) ইলেকট্রোফাইলটি বেন্‌জিন বলয়ের m-অবস্থানে অর্থাৎ $C_3$–তে যুক্ত হয়।

(4) 8.6 এর 2(iii) দেখুন।

R-X এর জায়গায় $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3CH_2 \end{matrix} \rangle CHBr$ নিন।

(5)



(6) 8.3 এর (v) দেখুন।

(7) 8.10 দেখুন।

# একক 9 ❐ শর্করা

গঠন


9.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

9.2 সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

  9.2.1 সংজ্ঞা

  9.2.2 শ্রেণিবিভাগ ও নামকরণ

9.3 অ্যালডোট্রায়োজ-$C_3$ কার্বন বিশিষ্ট শর্করা

9.4 অ্যালডোটেট্রোজ-$C_4$ কার্বন বিশিষ্ট শর্করা

9.5 অ্যালডোপেন্টোজ $C_5$ কার্বন বিশিষ্ট শর্করা

9.6 অ্যালডোহেক্সোজ-$C_6$ কার্বন বিশিষ্ট শর্করা

  9.6.1 D-গ্লুকোজ (ডেক্সট্রোজ অথবা গ্রেপ সুগার)

  9.6.2 গ্লুকোজের মুক্ত শৃঙ্খল গঠন

9.7 গ্লুকোজের সমাবয়ব

9.8 গ্লুকোজের ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস

9.9 গ্লুকোজ একটি বদ্ধশৃঙ্খল হেমি—অ্যাসিটাল যৌগ-ফিশার অভিক্ষেপ

  9.9.1 হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ

  9.9.2 গ্লুকোজের পিরানোজ এবং ফিউরানোজের গঠন

  9.9.3 গ্লুকোজের ত্রিমাত্রিক চেয়ার অণুবিন্যাস গঠন

9.10 অ্যানোমার

9.11 এপিমার এবং এপিমেরাইজেশন

9.12 নিম্নতর শর্করা থেকে উচ্চতর শর্করা এবং উচ্চতর শর্করা থেকে নিম্নতর শর্করাতে রূপান্তরকরণ।

  9.12.1 নিম্নতর শর্করা থেকে উচ্চতর শর্করাতে রূপান্তর—কিলিয়ানি বিক্রিয়া (Kiliani reaction)

  9.12.2 উচ্চতর শর্করা থেকে নিম্নতর শর্করাতে রূপান্তর—রাফ্ পদ্ধতি (Ruff's method)

9.13 মিউটারোটেশন (mutarotation)

9.14 ফ্রুকটোজ, $C_6H_{12}O_6$

9.15 ফ্রুকটোজ মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ

9.16 ফ্রুকটোজ একটি বন্ধশৃঙ্খল হেমি কিটাল যৌগ

9.17 ডাইস্যাকারাইড—সুক্রোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ

9.18 পলিস্যাকারাইড—স্টার্চ, সেলুলোজ, $(C_6H_{10}O_5)_n$

9.19 গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের সঙ্গে ফিনাইল হাইড্রাজিনের বিক্রিয়া—ওসাজোন (osazone) প্রস্তুতি

9.20 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

9.21 উত্তরমালা

## 9.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

আমাদের শরীর ধারনের জন্য যে খাদ্যের প্রয়োজন তাদের পৌষ্টিক উপাদান বলে। প্রধান পৌষ্টিক উপাদানগুলি হল—শর্করা (কার্বোহাইড্রেট) ; প্রোটিন এবং চর্বি ও তেল (লিপিড)। এছাড়া ভিটামিন, জল এবং অনুপৌষ্টিক উপাদান তো আছেই।

প্রোটিন যেমন প্রাণী দেহের পেশি, ত্বক, রক্ত গঠনের জন্য প্রয়োজন ; ঠিক তেমনি শর্করা এবং চর্বি ও তেল আমাদের দেহের শক্তি জোগানোর জন্য প্রয়োজন। প্রোটিনকে যেমন বলা হয় দেহ গঠনকারী খাদ্য ঠিক তেমনি শর্করা (কার্বোহাইড্রেট) ও চর্বি ও তেলকে (ফ্যাটকে) বলা হয় শক্তিদায়ী খাদ্য। এই খাদ্যগুলির মধ্যে আবার শর্করা জাতীয় খাদ্যই হচ্ছে সিংহভাগ।

উদ্ভিদ ক্লোরোফিল এবং সূর্যের আলোর উপস্থিতিতে নিজেই জল এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের সাহায্যে শর্করা (গ্লুকোজ) তৈরি করে নিজের দেহে ধারন করে। আর আমরা, প্রাণীরা এই শর্করা উদ্ভিদ থেকে গ্রহণ করে থাকি।

একক [10]এ আমরা প্রোটিন সম্বন্ধে আলোচনা করেছি। এই এককে শর্করা সম্বন্ধে আলোচনা করব।

উদ্দেশ্য ঃ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যেগুলি জানতে পারবেন সেগুলি হল ;

- শর্করার সংজ্ঞা
- শর্করার শ্রেণিবিভাগের ভিত্তি

  $C_3$; $C_4$; $C_5$; $C_6$ এবং $C_{12}$ জাতীয় শর্করাগুলির পরিচয় এবং প্রয়োজনীয়তা।
- মনোস্যাকারাইড—গ্লুকোজ এবং ফ্রুক্টোজের প্রস্তুতি, ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া।
- এপিমার, অ্যানোমার, মিউটারোটেশন বলতে কী বোঝায় ? ওসাজোন কী ?
- নিম্নতর অ্যালডোজ থেকে উচ্চতর অ্যালডোজ এবং উচ্চতর অ্যালডোজ থেকে নিম্নতর অ্যালডোজে রূপান্তরকরণ।
- অ্যালডোহেক্সোজ থেকে কিটোহেক্সোজ এবং কিটোহেক্সোজ থেকে অ্যালডোহেক্সোজে রূপান্তরকরণ।

- ডাইস্যাকারাইড—সুক্রোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ সম্বন্ধে প্রাথমিক ধারণা ; এদের উৎস ও ধর্ম।
- 'ইনভার্ট' সুগার কাকে বলে এবং এরূপ বলার কারণ কী ? D+ গ্লুকোজ এবং D– ফ্রুকটোজের আপেক্ষিক আবর্তন-এর মান সম্বন্ধে ধারণা।
- গ্লুকোজের গঠন কাঠামো—ফিশার ও হাওয়ার্থ কনফিগারেশন এবং চেয়ার কনফরমেশন।
- আমাদের দেহের রক্তে সাধারণ অবস্থায় কী পরিমাণ গ্লুকোজ থাকা বাঞ্ছনীয়।
- গ্লুকোজ সনাক্তকরণ পদ্ধতি।

## 9.2 সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

### 9.2.1 সংজ্ঞা

শর্করা বা কার্বোহাইড্রেট কোন্ শ্রেণির যৌগকে বলা হবে ? 'কার্বোহাইড্রেট' এই ইংরেজী শব্দটিকে বিশ্লেষণ করে আমরা বলতে পারি যে এই যৌগগুলি C, H এবং O নিয়ে গঠিত যেখানে H এবং O রয়েছে 2 : 1 অনুপাতে। অর্থাৎ এই যৌগগুলি যেন কার্বনের হাইড্রেট। তাহলে কার্বোহাইড্রেটের সাধারণ সংকেত হল $C_m(H_2O)_n$। m এবং n এর মান একই অথবা আলাদা হতে পারে। এবার m এবং n এর নির্দিষ্ট মান বসালে আমরা কী যৌগ পাই তা দেখা যাক।

যদি m = 1 এবং n = 1 হয় তবে যৌগটি হবে $C_1(H_2O)_1$ বা $CH_2O$, (ফরমালডিহাইড)

m = 2 এবং n = 2 হয় তবে যৌগটি হবে $C_2H_4O_2$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড)

m = 3 এবং n = 3 হয় তবে যৌগটি হবে $C_3H_6O_3$ অর্থাৎ $CH_3$. CH (OH). COOH (ল্যাকটিক অ্যাসিড)

m = 6 এবং n = 6 হয় তবে যৌগ হবে $C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ)

m = 12 এবং n = 11 হয় তবে যৌগ হবে $C_{12}H_{22}O_{11}$ (সুক্রোজ, ল্যাকটোজ এবং মলটোজ)

উপরের প্রথম তিনটি যৌগ—ফরমালডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং ল্যাকটিক অ্যাসিড কার্বোহাইড্রেট নয়। কিন্তু গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ এবং সুক্রোজ, ল্যাকটোজ এবং মলটোজ হলো কার্বোহাইড্রেট। আবার কিছু শর্করা আছে যাদের আনবিক সংকেত $C_m(H_2O)_n$ নয়, কিন্তু এগুলি কার্বোহাইড্রেট। যেমন, 2-ডিঅক্সিরাইবোজ, $C_5H_{10}O_4$ এবং রামনোজ (Rhamnose), $C_6H_{12}O_5$।

তাহলে কার্বোহাইড্রেটের সঠিক সংজ্ঞা কী হবে ? সঠিকভাবে বলতে গেলে কার্বোহাইড্রেট হল এক শ্রেণির যৌগ যারা পলিহাইড্রক্সি অ্যালডিহাইড বা কিটোন। অর্থাৎ এরা একাধিক হাইড্রক্সিল (–OH) মূলক যুক্ত কার্বোনিল যৌগ।

### 9.2.2 শ্রেণিবিভাগ ও নামকরণ

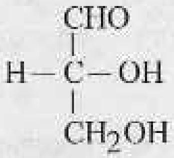
শর্করার শ্রেণিবিভাগ করতে গেলে দুটি বিষয়ের উপর নজর দিতে হবে।

(i) প্রথমে দেখতে হবে শর্করাটি অ্যালডিহাইড না কিটোন ; এবং

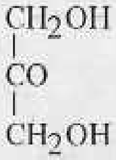
(ii) শর্করাটিতে কটি কার্বন আছে। যদি তিনটি কার্বন ($C_3$) থাকে তবে শর্করাটি হবে ট্রায়োজ (triose); চারটি কার্বন ($C_4$) থাকলে হবে টেট্রোজ (tetrose); পাঁচটি কার্বন ($C_5$) থাকলে হবে পেন্টোজ (pentose); এবং ছটি কার্বন ($C_6$) থাকলে হবে হেক্সোজ (hexose)। উপরের দুটি বিষয়ের উপর ভিত্তি করে শর্করার শ্রেণিবিভাগ করা হয় ঃ

অ্যালডোট্রায়োজ, অ্যালডোটেট্রোজ, অ্যালডোপেন্টোজ, অ্যালডোহেক্সোজ এবং কিটোহেক্সোজ।

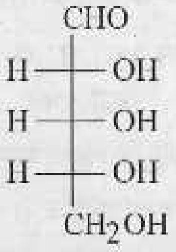
নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল ঃ



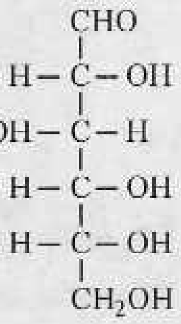
D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড
(অ্যালডোট্রায়োজ)



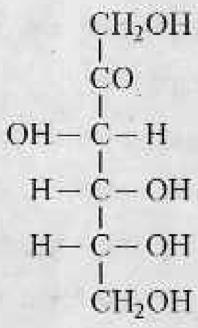
ডাই-হাইড্রক্সি অ্যাসিটোন
[কিটোট্রায়োজ]



D-রাইবোজ
(অ্যালডোপেন্টোজ)



D(+) গ্লুকোজ
(অ্যালডোহেক্সোজ)



D(–) ফ্রুকটোজ
(কিটোহেক্সোজ)

কার্বোহাইড্রেটকে আবার তিনটি প্রধান শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যথা,

(1) মনোস্যাকারাইড (monosaccharides) ঃ যে সকল শর্করাকে পুনরায় আর্দ্রবিশ্লেষিত করা যায় না তাদের বলা হয় মনোস্যাকারাইড।

যেমন, ট্রাইয়োজ, টেট্রোজ, পেন্টোজ এবং হেক্সোজ (গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ)।

(2) অলিগোস্যাকারাইড (Oligosaccharides) ঃ এই শর্করা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে 2টি থেকে 9টি পর্যন্ত মনোস্যাকারাইড অণু উৎপন্ন করে।

অলিগোস্যাকারাইডকে আবার বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যেমন,

(i) ডাইস্যাকারাইড (disaccharides) ঃ এদের আর্দ্রবিশ্লেষণে 2 অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায়।

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{অথবা ইনভারটেজ}]{\text{অ্যাসিড}} \underset{\text{D-গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{ল্যাকটোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{D-গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-গ্যালাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

(ii) ট্রাইস্যাকারাইড (trisaccharides) ঃ এই শর্করার আর্দ্রবিশ্লেষণ 3 অণু মনোস্যাকারাইড উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{র‍্যাফিনোজ}}{C_{18}H_{32}O_{16}} + 2\,H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{গ্যালেকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

(iii) টেট্রা, পেন্টাস্যাকারাইডস্ ইত্যাদি।

(3) পলিস্যাকারাইড (Polysaccharides) ঃ এদের আর্দ্রবিশ্লেষণে বহুসংখ্যক মনোস্যাকারাইড অণু পাওয়া যায়।

যেমন,

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{[C_6H_{10}O_5]_n} + nH_2O \longrightarrow \underset{\text{গ্লুকোজ}}{nC_6H_{12}O_6}$$

এছাড়া শর্করাকে অন্যভাবেও ভাগ করা যেতে পারে। যেমন,

(i) শর্করাটির মিষ্টতা আছে কিনা ;

(ii) স্ফটিকাকার (crystalline) না অনিয়তাকার (non-crystalline);

(iii) জলে দ্রাব্য না জলে অদ্রাব্য।

উদাহরণ ঃ (1) গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, সুক্রোজ (চিনি) প্রভৃতি শর্করা মিষ্টি, স্ফটিকাকার এবং জলে দ্রাব্য ;

(2) স্টার্চ, সেলুলোজ প্রভৃতি শর্করা স্বাদে মিষ্টি নয়, অনিয়তাকার এবং জলে অদ্রাব্য।

শর্করার শ্রেণিবিভাগ নিচের ছকদুটিতে পৃথকভাবে দেখানো হল ঃ

শর্করা
- মনোস্যাকারাইড (গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ) ইত্যাদি
- অলিগোস্যাকারাইড
  - ডাইস্যাকারাইড [সুক্রোজ, মলটোজ, ল্যাকটোজ] ইত্যাদি
  - ট্রাইস্যাকারাইড (র‍্যাফিনোজ)
  - ইত্যাদি
- পলিস্যাকারাইড (স্টার্চ, সেলুলোজ ইত্যাদি)

[ছক-1]

শর্করা

মিষ্টি, স্ফটিকাকার ও জলে দ্রাব্য।
[গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, সুক্রোজ] ইত্যাদি।

মিষ্টি নয়, অনিয়তাকার ও জলে অদ্রাব্য।
[স্টার্চ, সেলুলোজ] ইত্যাদি।

[ছক-2]

নামকরণ ঃ আপনি হয়তো লক্ষ করেছেন যে বেশির ভাগ শর্করার নামের শেষে 'ওজ' বা 'য়োজ' (ইংরেজী নামের শেষে 'ose') উচ্চারিত হয় যেমন.

$C_4$ কার্বনবিশিষ্ট মনোস্যাকারাইড — এরিথ্রোজ/থ্রিয়োজ

$C_5$ কার্বনবিশিষ্ট মনোস্যাকারাইড — অ্যারাবিনোজ/রাইবোজ ইত্যাদি

$C_6$ কার্বনবিশিষ্ট মনোস্যাকারাইড— গ্লুকোজ/ফ্রুকটোজ ইত্যাদি

$C_{12}$ কার্বন বিশিষ্ট ডাইস্যাকারাইড—সুক্রোজ/মলটোজ/ল্যাকটোজ

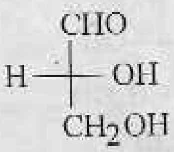
$C_n$ কার্বন বিশিষ্ট পলিস্যাকারাইড—সেলুলোজ

কিন্তু কিছু শর্করা আছে যাদের নামের শেষে 'ওজ'/'য়োজ' যুক্ত হয় না। যেমন, গ্লিসারালডিহাইড, স্টার্চ, গ্লাইকোজেন ইত্যাদি।

আমাদের পরবর্তী আলোচ্য বিষয়ের মধ্যে $C_3$ থেকে $C_6$ কার্বন বিশিষ্ট শর্করাগুলি বিশেষ প্রাধান্য পাবে। এবার এই শর্করাগুলি সম্বন্ধে আলোকপাত করা যাক।

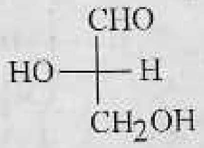
## 9.3 অ্যালডোট্রায়োজ—$C_3$ কার্বনবিশিষ্ট শর্করা

অ্যালডোট্রায়োজের একটি উদাহরণ হল গ্লিসারালডিহাইড, CHO. CH (OH). $CH_2OH$। একটিমাত্র কাইরাল কার্বন থাকায় যৌগটির দুটি আলোক-সক্রিয় সমাবয়ব সম্ভব ($2^n$; n = 1)। সমাবয়ব দুটির ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত হলো ঃ



D⊕-গ্লিসারালডিহাইড

I



L⊖-গ্লিসারালডিহাইড

II

I এবং II এর মধ্যে সম্পর্ক হল এরা একে অন্যের সাথে দর্পন প্রতিবিম্ব সম্পর্কযুক্ত কিন্তু একটির উপর অন্যটির উপরিপাত ঘটে না। ফলে এরা এনানসিওমার (enantiomer)। সমাবয়ব I-এ কাইরাল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত –OH মূলক ডানদিকে এবং –H পরমাণু বা দিকে থাকায় এই সমবায়বটিকে D-শ্রেণিভুক্ত বলে ধরে নেওয়া হয়েছে। এটাই স্বীকৃত প্রচলিত রীতি। প্রতিবিম্ব সমাবয়ব II হল L-শ্রেণিভুক্ত। পোলারিমিটার

যন্ত্রের সাহায্যে আপেক্ষিক ঘূর্ণন পরিমাপ করে দেখা গেছে যে I সমাবয়বটি দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) এবং সমাবয়ব II হচ্ছে বামাবর্তী (laevorotatory)। যে সকল যৌগ D⊕- গ্লিসারালডিহাইড থেকে তৈরি করা যায় অথবা D⊕ গ্লিসারালাডিহাইডে রূপান্তরিত করা যায় সেই সকল যৌগ D- শ্রেণিভুক্ত।

এখানে মনে রাখা দরকার যে D এবং L কেবলমাত্র যৌগের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামোকে নির্দেশ করে। ঘূর্ননের সঙ্গে এদের কোনো সম্পর্ক নেই।

অনুরূপভাবে, যে সকল যৌগ L⊖ -গ্লিসারালডিহাইড থেকে তৈরি করা যায় অথবা L⊖ -গ্লিসারাল-ডিহাইডে রূপান্তরিত করা যায় তারা L-শ্রেণিভুক্ত। অর্থাৎ D-গ্লিসারালডিহাইডকে একটি আদর্শ যৌগ হিসাবে গণ্য করা হয়।

**অনুশীলনী-1**

(i) কার্বোহাইড্রেট বলতে কোন্ শ্রেণির যৌগকে বোঝায় ?

(ii) মনোস্যাকারাইড, ডাইস্যাকারাইড এবং পলিস্যাকারাইড শর্করার মধ্যে পার্থক্য কী ? উদাহরণ দিন।

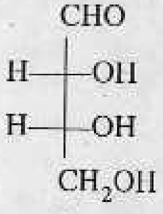
(iii) দুটি শর্করা D-শ্রেণিভুক্ত। কিন্তু একটি দক্ষিণাবর্তী এবং অপরটি বামাবর্তী। সহজ উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে দিন।

## 9.4 অ্যালডোটেট্রোজ—$C_4$ কার্বনবিশিষ্ট শর্করা

থ্রিয়োজ এবং এরিথ্রোজ অ্যালডোটেট্রোজের দুটি উদাহরণ। এদের গঠন সংকেত হলো :

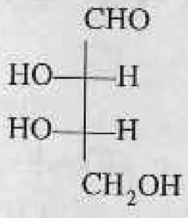
$$CHO\ CHOH\ CHOH\ CH_2OH$$

এই যৌগে দুটি অপ্রতিসম (কাইরাল) কার্বন পরমাণু আছে। তাই যৌগটির আলোক সক্রিয় সমবায়বের সংখ্যা হবে 4টি ($2^n$; n=2)। এই চারটি যৌগই সংশ্লেষণ করা হয়েছে। যৌগগুলির ফিশার অভিক্ষেপ গঠন বিন্যাস নিচে দেখান হলো।



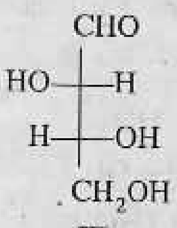

I

D(–) এরিথ্রোজ



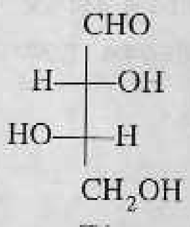

II

L⊕ এরিথ্রোজ




III

D(–) থ্রিয়োজ



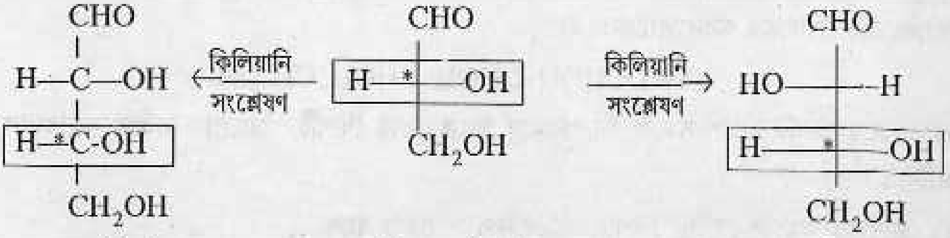

IV

L⊕ থ্রিয়োজ

I এবং II }
III এবং IV } এনানসিওমার

I এবং III/IV }
II এবং III/IV } ডায়াস্টেরিওমার

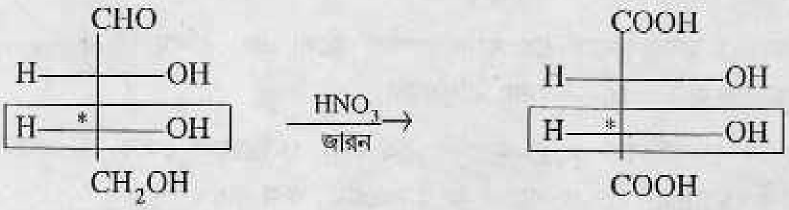
D-গ্লিসারালডিহাইড থেকে কিলিয়ানি (Kiliani) সংশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করে D-এরিথ্রোজ এবং D-থ্রিয়োজ তৈরি করা যায়।



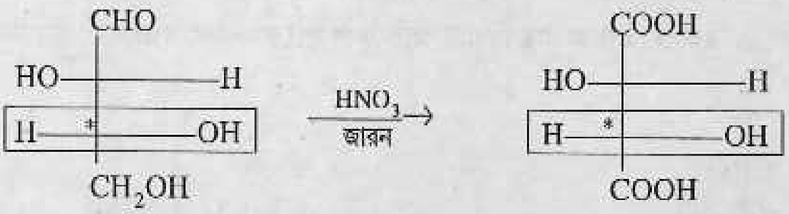

D-এরিথ্রোজ D-গ্লিসারালডিহাইড D-থ্রিয়োজ

লক্ষ করুন গ্লিসারালডিহাইডের C*-অপ্রতিসম কার্বনের সঙ্গে যুক্ত –OH এবং –H এর অবস্থান উপরে উল্লেখিত বিক্রিয়া পদ্ধতিতেও অপরিবর্তিত থাকছে।

এবার প্রশ্ন হল, কোনোটি এরিথ্রোজ ও কোনোটি থ্রিয়োজ এবং তা কীভাবে নির্ণয় করা যায়? এই প্রশ্নের সহজ সমাধান হল পৃথক পৃথক ভাবে এরিথ্রোজ এবং থ্রিয়োজকে $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে যে দুটি অ্যালডারিক অ্যাসিড উৎপন্ন হবে তার একটি হবে আলোক-নিষ্ক্রিয় মেসোটারটারিক অ্যাসিড এবং অপরটি হবে আলোকসক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড। আলোক নিষ্ক্রিয় অ্যাসিডের একটি প্রতিসাম্য তল (plane of symmetry) আছে। অপরটিতে তা নেই।




D-এরিথ্রোজ আলোক-নিষ্ক্রিয় মেসো-টারটারিক অ্যাসিড




D-থ্রিয়োজ আলোক-সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড

এবার উৎপন্ন অ্যাসিড দুটির আলোকসক্রিয়তা পরিমাপ করলেই বুঝতে পারা যাবে কোন্‌টি আলোকসক্রিয় এবং কোন্‌টি আলোক-সক্রিয় নয়।

একইরকমভাবে L-গ্লিসারালডিহাইড থেকে শুরু করে কিলিয়ানি (Kiliani) বিক্রিয়া ঘটিয়ে উৎপন্ন যৌগের $HNO_3$ এর সাহায্যে জারন করলে L-এরিথ্রোজ এবং L-থ্রিয়োজ এর ত্রিমাত্রিক গঠন নির্ণয় করা যায়।

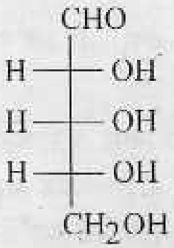
## 9.5 অ্যালডোপেন্টোজ— $C_5$ কার্বনবিশিষ্ট শর্করা

অ্যালডোপেন্টোজের গঠন সংকেত হল ;

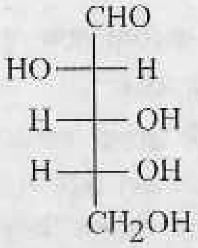
$$CHO.\ CHOH.\ CHOH.\ CHOH.\ CH_2OH$$

এই যৌগে তিনটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে। তাই যৌগটির আলোক-সক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা হবে ৪টি। ($2^n$ ; $n = 3$)

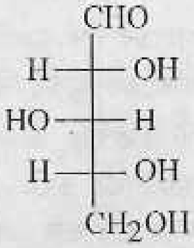
D-শ্রেণিভুক্ত সমাবয়বগুলির ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত হলো ;



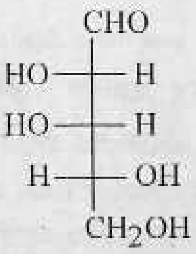
D(–) রাইবোজ



D(–) অ্যারাবিনোজ



D(+) জাইলোজ



D(–) লাইজোজ

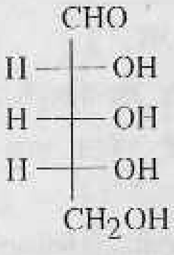
দর্পণে এদের প্রত্যেকের প্রতিবিম্ব L-শ্রেণিভুক্ত হবে।

D-রাইবোজ এবং D-অ্যারাবিনোজ এর মধ্যে সম্পর্ক হলো এরা এপিমার (epimer)। আবার D-জাইলোজ এবং D-লাইজোজও একে অন্যের এপিমার।

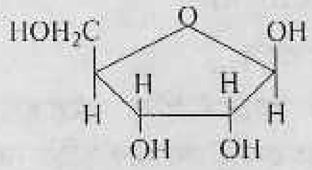
D-এরিথ্রোজ থেকে D-রাইবোজ ও D-অ্যারাবিনোজ এবং D-থ্রিয়োজ থেকে D-জাইলোজ এবং D-লাইজোজ কিলিয়ানি (Kiliani) পদ্ধতি প্রয়োগ করে সংশ্লেষণ করা যায়।

D-রাইবোজ RNA এর গঠনে এবং 2-ডিঅক্সিরাইবোজ DNA-এর গঠনে বর্তমান।

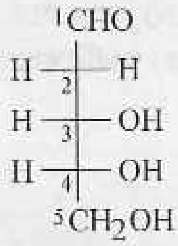
D-রাইবোজ এবং 2-ডিঅক্সিরাইবোজ এর ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত এবং বৃত্তাকার গঠন নিচে দেখান হল।



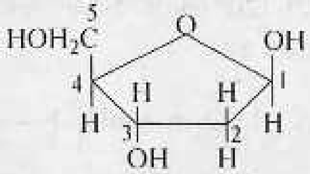
D-রাইবোজ-এর ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত



D-রাইবোজ এর বৃত্তাকার গঠন



2-ডিঅক্সিরাইবোজ-এর
ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত



2-ডিঅক্সিরাইবোজ-এর
বৃত্তাকার গঠন

## 9.6 অ্যালডোহেক্সোজ—$C_6$ কার্বনবিশিষ্ট শর্করা

6-কার্বন বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড শর্করার গঠন সংকেত হলো ; OHC. CHOH. CHOH. CHOH. CHOH. $CH_2OH$। অ্যালডোহেক্সোজ শর্করার সবচেয়ে পরিচিত যৌগের নাম D-গ্লুকোজ।

6-কার্বন বিশিষ্ট কিটোহেক্সোজের উদাহরণ হল D-ফ্রুকটোজ। এই শর্করাটির গঠন সংকেত হল $HOH_2C$. CO. CHOH. CHOH. CHOH. $CH_2OH$

### 9.6.1 D-গ্লুকোজ (ডেক্সট্রোজ অথবা গ্রেপ সুগার)

**(1)** উৎস ঃ D-গ্লুকোজ মুক্ত অথবা যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে অবস্থান করে। যেমন, পাকা আঙ্গুরে অথবা মধুতে গ্লুকোজ মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। মধুতে অতিসম্পৃক্ত (supersaturated) দ্রবণে গ্লুকোজ থাকে। আবার মানুষের রক্তেও গ্লুকোজ বর্তমান।

ডাইস্যাকারাইডে [যেমন, সুক্রোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ] এবং পলিস্যাকারাইডেও [যেমন, স্টার্চ, সেলুলোজ ইত্যাদি] গ্লুকোজ যুক্ত অবস্থায় থাকে।

**(2)** প্রস্তুতি

(i) পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) : পরীক্ষাগারে চিনি থেকে বিশুদ্ধ গ্লুকোজ তৈরি করা যায়। সুক্রোজ বা চিনির জলীয় দ্রবণকে লঘু HCl বা $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করে আর্দ্রবিশ্লেষণ করা হয়। উৎপন্ন দুটি যৌগ হল গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ। এই মিশ্রণকে বলা হয় ইনভার্ট সুগার (invert sugar)। দ্রবণে এদের অনুপাত হচ্ছে (1 :1)। এই দ্রবণকে বাষ্পীভবন করে গাঢ় করা হয় এবং ঠান্ডা করে অল্পপরিমাণ অনার্দ্র গ্লুকোজ যোগ করা হয়। এর ফলে কম দ্রাব্য গ্লুকোজের কেলাস পাওয়া যায়। পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে এই কেলাস পৃথক করে বিশুদ্ধ গ্লুকোজ সংগ্রহ করা হয়। দ্রাব্যতা বেশি হওয়ার জন্য ফ্রুকটোজ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } H_2SO_4} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

(ii) শিল্প পদ্ধতি (Manufacture) ঃ স্টার্চের জলীয় দ্রবণে লঘু $H_2SO_4$ যোগ করে দ্রবণকে 2-3 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 120° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে স্টার্চ গ্লুকোজে রূপান্তরিত হয়।

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{(C_6H_{11}O_5)n} + nH_2O \xrightarrow[\text{120° সামান্যচাপ}]{H^{\oplus}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{nC_6H_{12}O_6}$$

প্রাপ্তদ্রবণকে $CaCO_3$ এর সাহায্যে প্রশমিত করে উৎপন্ন স্বল্পদ্রাব্য ক্যালসিয়াম লবণ ($CaSO_4$) পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়। প্রাপ্ত পরিস্রুত (filtrate) প্রাণীজ অঙ্গারের (animal charcoal) সাহায্যে ফুটিয়ে বিরঞ্জিত করে পরিস্রাবণের সাহায্যে অঙ্গার পৃথক করা হয়। প্রাপ্ত পরিস্রুত ঘনীভূত করে শীতল করলে বিশুদ্ধ গ্লুকোজের কেলাস পাওয়া যায়। পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে এই গ্লুকোজ পৃথক করে সংগ্রহ করা হয়।

(3) গ্লুকোজের ধর্ম ঃ D⊕ গ্লুকোজ সাদা কেলাস, কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 146°। জলে সহজেই দ্রাব্য। অ্যালকোহল বা ইথারে প্রায় অদ্রাব্য। স্বাদে মিষ্টতা আছে ; কিন্তু চিনির তুলনায় অনেক কম।

গ্লুকোজ দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory)। কঠিন অবস্থায় অথবা জলীয় দ্রবণ তৈরি করার সঙ্গে সঙ্গে (freshsolution) আপেক্ষিক আবর্তন কোন (specific rotation) পরিমাপ করলে গ্লুকোজের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মান, $[\alpha]_D = +112°$। কিন্তু জলীয় দ্রবণ তৈরি করে রেখে দিয়ে পরিমাপ করলে দেখা যায় এই মান +52.5° তে পরিবর্তিত হয়েছে। জলীয় দ্রবণে গ্লুকোজের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মানের এই পরিবর্তনকেই বলা হয় মিউটারোটেশন (mutarotation)।

### 9.6.2 গ্লুকোজের মুক্ত শৃঙ্খল গঠন

নিম্নলিখিত ধর্মসমূহ এবং তথ্যের ভিত্তিতে গ্লুকোজের মুক্ত শৃঙ্খল গঠন সম্বন্ধে আলোকপাত করা যায়।

(1) গ্লুকোজে অবস্থিত মৌলগুলির বিশ্লেষণ এবং আনবিক গুরুত্ব নির্ণয় করে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজের আনবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$;

(2) গ্লুকোজ হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে গ্লুকোজ সায়ানোহিড্রিন উৎপন্ন করে ;

$$>C=O + HCN \longrightarrow >C<^{OH}_{CN}$$

(3) হাইড্রক্সিল অ্যামিন গ্লুকোজের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্সিম উৎপন্ন করে।

$$>C=O + NH_2OH \longrightarrow >C=NOH + H_2O$$

উপরে উল্লিখিত (2) এবং (3) নং বিক্রিয়া থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজ একটি কার্বোনিল যৌগ।

(4) গ্লুকোজ একটি শক্তিশালী বিজারক ঃ

(i) গ্লুকোজ ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল কিউপ্রাস অক্সাইডের ($Cu_2O$) অধঃক্ষেপ তৈরি করে ;

(ii) বেনিডিক্ট দ্রবণকে লাল বর্নের $Cu_2O$-এ বিজারিত করে ;

(iii) গ্লুকোজ টোলেন বিকারককে সিলভারে (Ag) বিজারিত করে (সিলভার মিরর উৎপন্ন হয়)।

উপরের (i), (ii) এবং (iii) বিক্রিয়াগুলি থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজে একটি অ্যালডিহাইড (–CHO) মূলক বর্তমান।

(5) গ্লুকোজ $Br_2/H_2O$ দ্বারা জারিত হয়ে গ্লুকোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। গ্লুকোনিক অ্যাসিড একটি মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড এবং এর আনবিক সংকেত $C_6H_{12}O_7$। এই বিক্রিয়া থেকেও প্রমাণিত হয় যে গ্লুকোজ একটি অ্যালডিহাইড যৌগ।

(6) গ্লুকোজ জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ প্রশম। অর্থাৎ গ্লুকোজে কার্বোক্সিল (–COOH) মূলক নেই।

(7) পিরিডিনের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড এর সঙ্গে গ্লুকোজের বিক্রিয়া ঘটালে গ্লুকোজ পেন্টা অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া থেকে প্রমাণিত হয় যে গ্লুকোজে পাঁচটি হাইড্রক্সিল (–OH) মূলক বর্তমান।

(8) গ্লুকোজ একটি স্থিতিশীল যৌগ। কারণ উত্তাপের ফলে গ্লুকোজ থেকে জল নির্গত হয় না। সাধারণতঃ জৈব যৌগের একটি কার্বনে দুটি হাইড্রক্সিল (–OH) মূলক থাকলে সহজেই জল নির্গত হয় এবং কার্বোনিল যৌগ উৎপন্ন করে।

$$>C<\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \xrightarrow{\Delta} >C=O+H_2O$$

এই যুক্তি থেকে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজের কোনো কার্বনে দুটি—(–OH) মূলক যুক্ত নেই। অর্থাৎ পাঁচটি (–OH) মূলক পাঁচটি পৃথক কার্বনের সঙ্গে যুক্ত।

(9) গ্লুকোজকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড এবং লাল ফসফরাসের (HI/Red P) দ্বারা বিজারিত করলে n-হেক্সেন পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{HI/Red P}} \underset{\text{n- হেক্সেন}}{CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3}$$

উপরের বিক্রিয়া থেকে এই সিদ্ধান্তে আশা যায় যে গ্লুকোজের 6টি কার্বন একটি মুক্ত শৃঙ্খলে অবস্থিত। এই শৃঙ্খলে কোনা শাখা নেই।

(10) গ্লুকোজের সাথে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ-সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়। একে লঘু অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে যে হাইড্রোক্সিঅ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করলে n-হেপ্টানোয়িক (heptanoic) acid উৎপন্ন হয়।

$$\text{D-গ্লুকোজ} \xrightarrow{HCN} \text{গ্লুকোজ সায়ানোহাইড্রিন} \xrightarrow{H^+} \text{হাইড্রক্সিঅ্যাসিড} \xrightarrow{HI}$$

$$\longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2COOH$$

n-হেপ্টানোয়িক অ্যাসিড

এই বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে এটাই প্রমাণিত হয় যে, গ্লুকোজে অ্যালডিহাইড মূলকটি অণুর এক প্রান্তে অবস্থিত।

উপরিউক্ত বিক্রিয়া সমূহ থেকে গ্লুকোজকে ফিশার মুক্ত শৃঙ্খল যৌগরূপে চিহ্নিত করা যায়। যেমন,

CHO
|
CHOH
|
CHOH
|
CHOH
|
CHOH
|
$CH_2OH$

| |
|---|
| অ্যালডিহাইড (–CHO) মূলকের যোজ্যতা = 1 এবং অন্য কার্বনের তুলনায় অ্যালডিহাইড কার্বন অধিক জারিত অবস্থায় আছে। তাই –CHO মূলককে মুক্ত শৃঙ্খলের উপরে স্থান দেওয়া হয়েছে। |

2, 3, 4, 5, 6–পেন্টা হাইড্রক্সি হেক্সানাল

অনুশীলনী—২

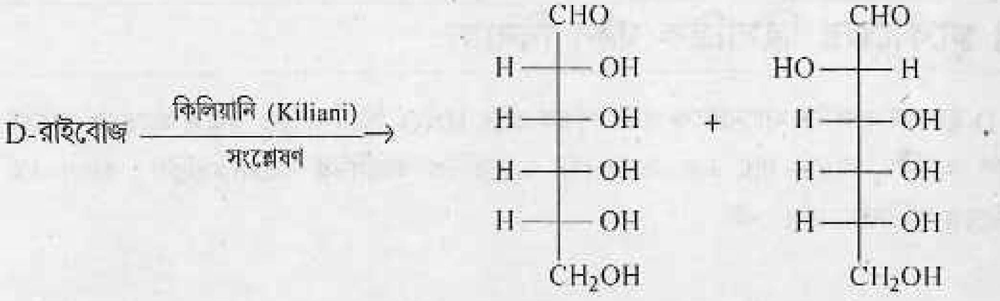
(i) D-রাইবোজ এবং D-অ্যারাবিনোজ যৌগ দুটির ফিশার অভিক্ষেপ অঙ্কন করুন। এদের মধ্যে সম্পর্ক কী?

(ii) স্টার্চ থেকে গ্লুকোজ কী উপায়ে প্রস্তুত করবেন? বিক্রিয়াসহ পদ্ধতির বিবরণ দিন।

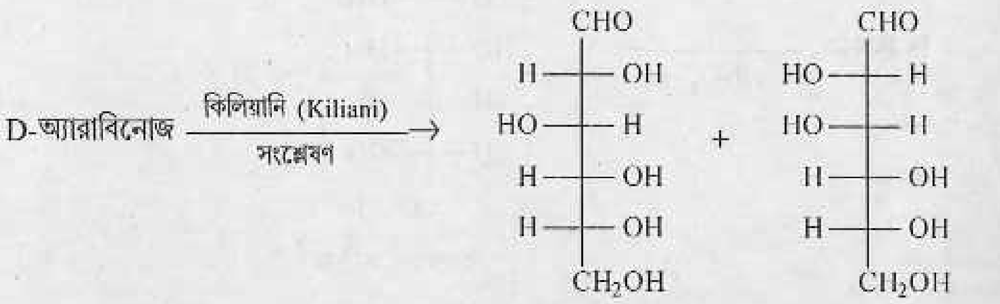
(iii) গ্লুকোজ একটি কার্বোনিল যৌগ এবং কার্বোনিল মূলকটি একটি অ্যালডিহাইড মূলক। কী উপায়ে তা প্রমাণ করবেন? যথাযথ ব্যাখ্যা সহ উত্তর লিখুন।

## 9.7 গ্লুকোজের সমাবয়ব

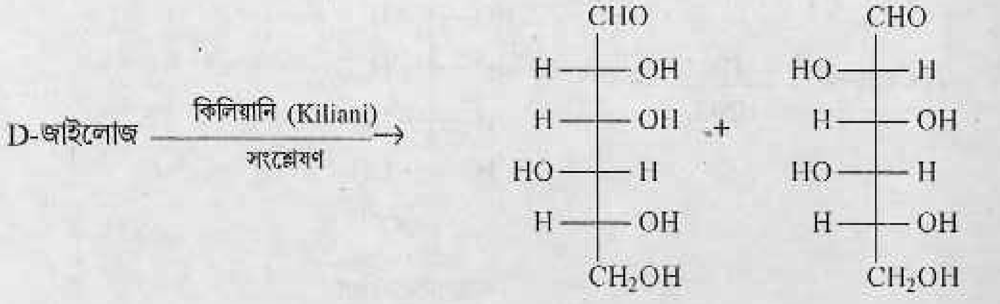
9.6.2 তে প্রমাণ করা হয়েছে যে গ্লুকোজ একটি মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ। এই যৌগে 4টি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে। অর্থাৎ গ্লুকোজের আলোক সক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা হবে 16টি ($2^n$; n = 4)। এদের মধ্যে ৪টি D-শ্রেণির এবং ৪টি L-শ্রেণির। প্রত্যেকটি সমাবয়বের সংশ্লেষণ করা সম্ভব হয়েছে। D-শ্রেণিভুক্ত শর্করা সমাবয়বগুলির নাম ও সঠিক ত্রিমাত্রিক বিন্যাস গঠন দেখান হল।



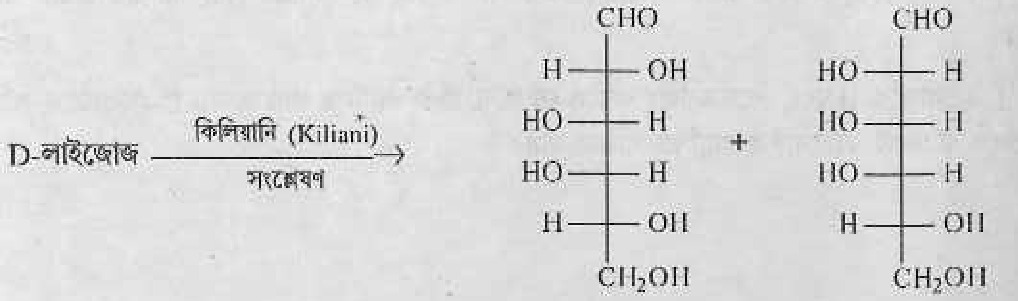

D-অ্যালোজ (I)    D-অ্যালট্রোজ (II)




D-গ্লুকোজ (III)    D-ম্যানোজ (IV)



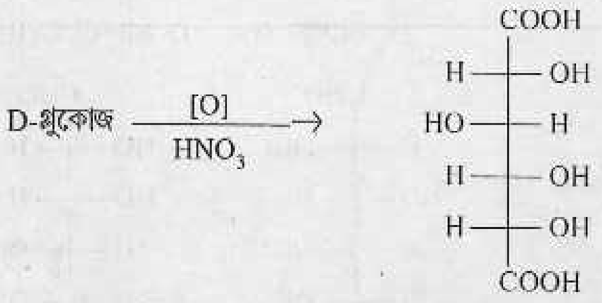

D-গুলোজ (v)    D-আয়ডোজ (VI)



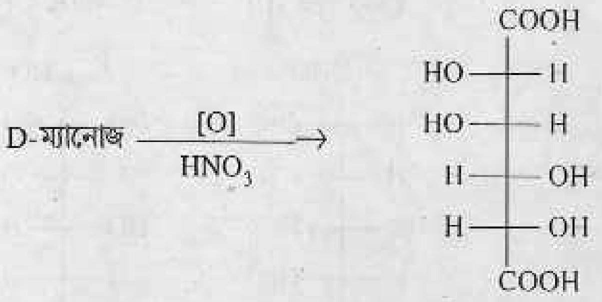

D-গ্যালেকটোজ (VII)    D-ট্যালোজ (VIII)

## 9.8 গ্লুকোজের ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস

D-গ্লুকোজ এবং D-ম্যানোজকে পৃথক পৃথক ভাবে $HNO_3$ দিয়ে জারিত করলে প্রত্যেক ক্ষেত্রেই ডাই বেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং প্রত্যেকটি ডাইবেসিক অ্যাসিডই আলোকসক্রিয়। কারণ এই দুটি অ্যাসিডের প্রতিসাম্য তল নেই।



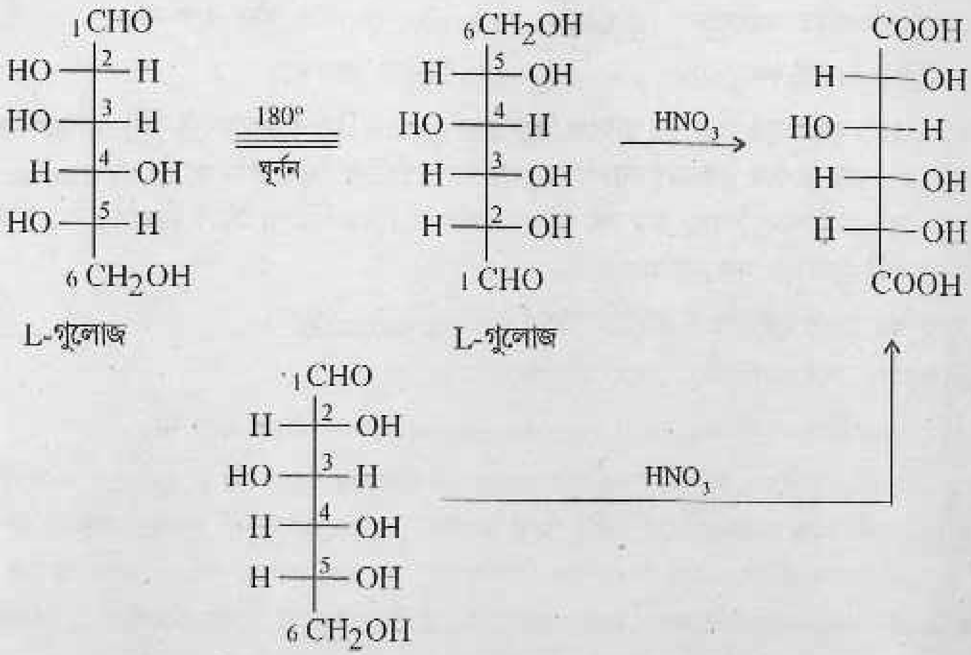

আলোক সক্রিয়




আলোক সক্রিয়

প্রশ্ন হল, D-গ্লুকোজের সঠিক ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস কোন্‌টি ? নিচের পরীক্ষায় এর উত্তর পাওয়া যায়।

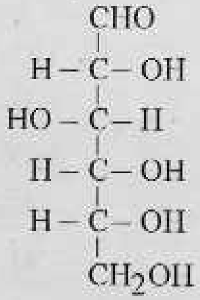
L-গ্লুলোজকে $HNO_3$ দিয়ে জারিত করলে যে ডাইবেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায় D-গ্লুকোজকে জারিত করলেও ঐ একই ডাইবেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



L-গুলোজ L-গুলোজ

D-গ্লুকোজ

D-গুলোজ এবং D-গ্লুকোজে –CHO এবং –$CH_2OH$ ব্যতীত $C_2$, $C_3$, $C_4$ এবং $C_5$ কার্বনে H এবং OH মূলকের ত্রিমাত্রিক বিন্যাস একই। অতএব D-গ্লুকোজের ত্রিমাত্রিক বিন্যাস গঠন (configuration) হল—



D-গ্লুকোজ

ফিশার মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ

> এখানে মনে রাখা দরকার যে আমরা D-গুলোজের ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস ধরে নিয়ে D-গ্লুকোজের গঠন বিন্যাস সম্বন্ধে সিদ্ধান্তে এসেছি। অবশ্য D-জাইলোজ থেকে D-গুলোজ সংশ্লেষণ করা হয়েছে।

## 9.9 গ্লুকোজ একটি বদ্ধশৃঙ্খল হেমিঅ্যাসিটাল যৌগ—ফিশার অভিক্ষেপ

উপরে উল্লিখিত গ্লুকোজের মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের সাহায্যে গ্লুকোজের বেশিরভাগ ধর্ম ও বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায়। কিন্তু নীচে উল্লেখ করা ধর্ম ও বিক্রিয়া সমূহ ব্যাখ্যা করা যায় না।

(1) গ্লুকোজ বাইসালফাইট (bisulphite) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

(2) অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া (aldehyde-ammonia) যুত যৌগ গঠন করে না।

(3) শিফস্ বিকারকের (schiff's reagent) সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

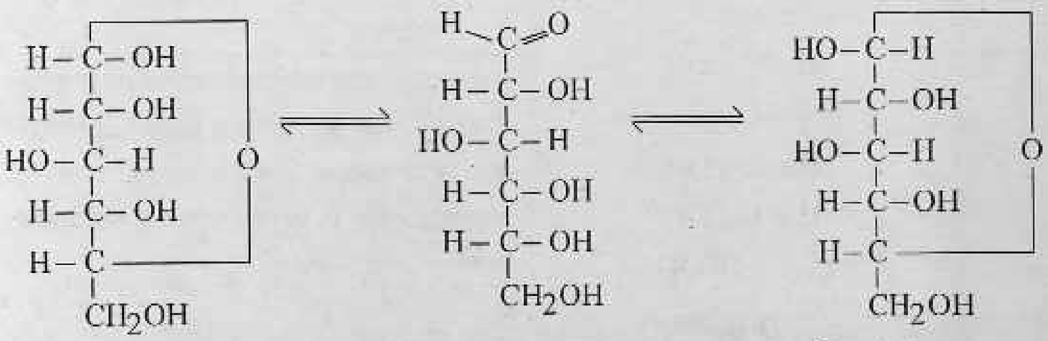
(4) –CHO মূলক মুক্ত অবস্থায় থাকলে অ্যাসিটাল (acetal) তৈরি করতে দুই অণু অ্যালকোহল এর প্রয়োজন হয়। কিন্তু গ্লুকোজ এক অণু অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হেমি অ্যাসিটাল (hemiacetal) গঠন করে। দুই অণু অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এই বিক্রিয়া থেকে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে –CHO মূলকটি গ্লুকোজে মুক্ত অবস্থায় নেই।

(5) জলীয় দ্রবণে গ্লুকোজের মিউটারোটেশন (mutarotation) ঘটে।

(6) গ্লুকোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট অক্সিম গঠন করে না।

(7) গ্লুকোজ গ্রিগনার্ড বিকারকের (Grignard reagent) সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(1) এবং (7) নং পর্যন্ত বিক্রিয়া / ধর্ম গুলি থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজে অ্যালডিহাইড (–CHO) মূলকটি মুক্ত অবস্থায় নেই। এই অ্যালডিহাইড (–CHO) মূলকটি গ্লুকোজ অণুতে উপস্থিত –OH মূলকের সাথে বিক্রিয়া করে স্থিতিশীল হেমিঅ্যাসিট্যাল গঠন করতে পারে। এরূপ গঠনের ফলে গ্লুকোজ একটি বদ্ধ শৃঙ্খলে পরিণত হতে পারে। $C_5$-এর সঙ্গে যুক্ত অ্যালকোহলীয় –OH মূলকের অক্সিজেন পরমাণু, অ্যালডিহাইড মূলকের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হেমিঅ্যাসিটাল (hemiacetal) উৎপন্ন করে এবং অ্যালডিহাইড কার্বন ($C_1$) অপ্রতিসম (asymmetric) কার্বনে পরিনত হয়। এর ফলে বৃত্তাকার যৌগের দুটি সমাবয়ব (diastereoisomer) পাওয়া যায়। এই সমাবয়ব দুটিকে বলা হয়—অ্যানোমার (anomer)। অ্যানোমার দুটির ফিশার অভিক্ষেপ (Fisher projection) সংকেত হল ঃ



α-D-গ্লুকোজ
$[\alpha]_D = +112°$
গলনাঙ্ক = 146°

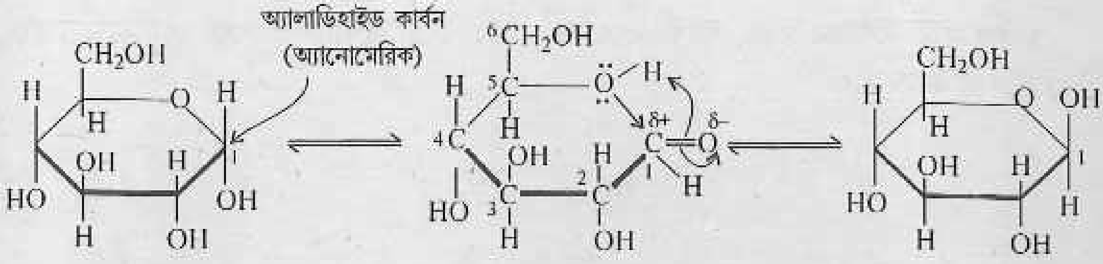
D-গ্লুকোজ
(মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ)
$[\alpha]_D = +52.5°$

β-D-গ্লুকোজ
$[\alpha]_D = +19°$
গলনাঙ্ক = 150°

> $C_1$ কার্বনের সঙ্গে যুক্ত –OH মূলক ডান দিকে থাকলে তাকে বলা হয় α-D-গ্লুকোজ (α-anomer) এবং –OH মূলকটি বাদিকে থাকলে বলা হয় β-D-গ্লুকোজ (β-anomer)।

## 9.9.1 হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ

হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ (Haworth projections) এর সাহায্যে $\alpha$-এবং $\beta$-D গ্লুকোজকে আরও নির্ভুল ভাবে প্রকাশ করা যায়। এক্ষেত্রে অবশ্য অক্সাইড ষড়ভূজকে (Pyranose) সামতলিক বলে ধরে নেওয়া হয়েছে। ফিশার অভিক্ষেপে যে মূলক গুলি বাদিকে ছিল তাদের অবস্থান সামতলিক ষড়ভূজের উপরে দেখান হয়েছে এবং যে মূলকগুলি ফিশার অভিক্ষেপে ডানদিকে ছিল তাদের সামতলিক ষড়ভূজের নিচে দেখান হয়েছে।



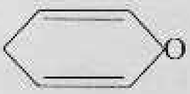

$\alpha$-D-গ্লুকোজ
($\alpha$-D-গ্লুকোপিরানোজ)

মুক্ত শৃঙ্খল
গ্লুকোজ অণু

$\beta$-D-গ্লুকোজ
($\beta$-D-গ্লুকোপিরানোজ)

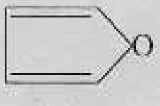
## 9.9.2 গ্লুকোজের পিরানোজ এবং ফিউরানোজ গঠন

5টি কার্বন ও একটি অক্সিজেন মিলে যে ষড়ভূজাকৃতি যৌগ গঠিত হয় তাকে বলে পাইরান (pyran)।



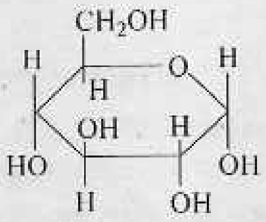
পাইরান

আবার যদি 4টি কার্বন ও একটি অক্সিজেন মিলে একটি পঞ্চভূজ গঠিত হয় তবে সেই যৌগকে বলা হয় ফিউরান (furan)

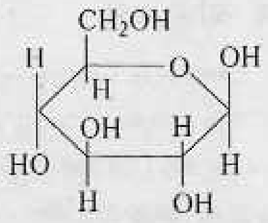


ফিউরান

ফিশার এবং হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ অনুসারে $\alpha$-এবং $\beta$-D গ্লুকোজের যে গঠন দুটি অঙ্কন করা হয়েছে তাদের বলা হয় পিরানোজ গঠন। $\alpha$-D গ্লুকোজ এবং $\beta$-D গ্লুকোজ যথাক্রমে $\alpha$-D গ্লুকোপিরানোজ এবং $\beta$-D-গ্লুকোপিরানোজ।

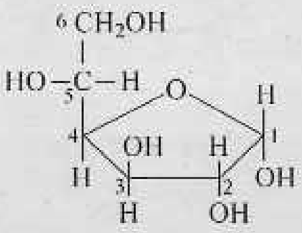


α-D গ্লুকোপিরানোজ



β-D-গ্লুকোপিরানোজ

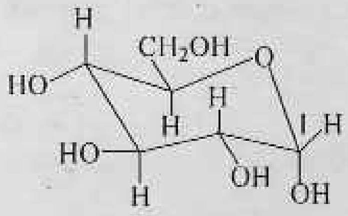
আবার যদি ফিউরান বলয় থাকে তবে বলা হবে α-D গ্লুকোফিউরানোজ (furanose) এবং β-D-গ্লুকোফিউরানোজ।



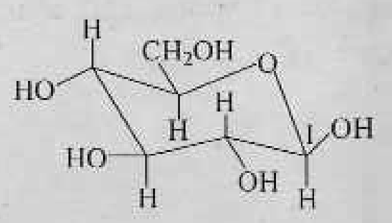
α-D-গ্লুকোফিউরানোজ

## 9.9.3 গ্লুকোজের ত্রিমাত্রিক চেয়ার অনুবিন্যাস গঠন (three dimentional chair conformation of glucose)

X-ray পরীক্ষার সাহায্যে ইহা প্রমাণিত যে α-এবং β-D-গ্লুকোজ এর গঠন সামতলিক নয়। ত্রিমাত্রিক চেয়ার অণুবিন্যাসই গ্লুকোজের সঠিক গঠন।



α-D-গ্লুকোজ



β-D-গ্লুকোজ

$C_1$ কার্বনে –OH মূলক নিচের দিকে (axial) থাকলে এটি α- এবং $C_1$ কার্বনে –OH মূলক উপরের দিকে থাকলে (equatorial) এটি β-অ্যানোমার। β-D-গ্লুকোজ অধিক সুস্থির কারণ $C_1$–OH ইকোয়াটোরিয়াল (equatorial)।

অনুশীলনী-3

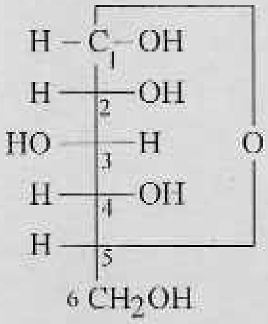
(i) গ্লুকোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট $NH_2OH$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।

(ii) D-গ্লুকোজ এবং D-ম্যানোজকে পৃথক পৃথক ভাবে $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে প্রত্যেক ক্ষেত্রে যে ডাইবেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাদের আলোক সক্রিয়তা যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করুন।

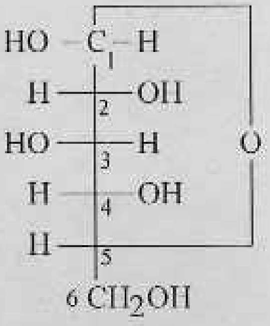
(iii) $\alpha$-D এবং $\beta$-D-গ্লুকোজের ফিশার এবং হাওয়ার্থ অভিক্ষেপগুলি অঙ্কন করুন।

## 9.10 অ্যানোমার (anomer)

শর্করা রসায়নে অক্সাইড বলয়ের (hemiacetal) গঠনের মধ্য দিয়ে যে দুটি ডায়াস্টেরিও সমাবয়ব উৎপন্ন হয় তাদের বলা হয় অ্যানোমার (anomer)। অ্যালডোহেক্সোজের ক্ষেত্রে অ্যানোমার দুটির মধ্যে কেবল $C_1$ কার্বনে বিন্যাসগত (configurational) গঠনের পার্থক্য থাকে এবং এই $C_1$ কার্বনকে অ্যানোমেরিক কার্বন বলা হয়। অ্যানোমেরিক কার্বনের বৈশিষ্ট্য যে এই কার্বন পরমাণুটি দুটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত—একটি অক্সাইড বলয়ের অক্সিজেন এবং অন্যটি –OH মূলকের অক্সিজেন। উদাহরণ—$\alpha$-D-গ্লুকোজ এবং $\beta$-D গ্লুকোজ এর মধ্যে সম্পর্ক হল এরা অ্যানোমার।



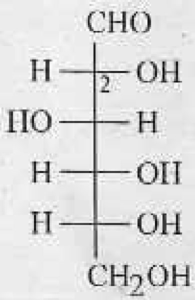
$\alpha$-D-গ্লুকোজ



$\beta$-D-গ্লুকোজ

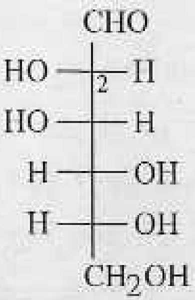
## 9.11 এপিমার এবং এপিমেরাইজেশন (epimer and epimerisation)

একজোড়া ডায়াস্টেরিও অ্যালডোজ সমাবয়বে যদি একের অধিক অপ্রতিসম (asymmetric) কার্বন পরমাণু থাকে এবং সেই সমাবয়ব দুটির মধ্যে কেবলমাত্র $C_2$ এর ত্রিমাত্রিক গঠন আলাদা হয় (অন্য কার্বনসমূহের ত্রিমাত্রিক গঠন একই রকম হয়) তবে ঐ একজোড়া ডায়াস্টেরিও সমাবয়বকে এপিমার (epimer) বলে। যে পদ্ধতিতে (process) একটি এপিমার অন্য এপিমারে রূপান্তর ঘটানো হয় সেই পদ্ধতিকে এপিমেরাইজেশন (epimerisation) বলা হয়। উদাহরণ—



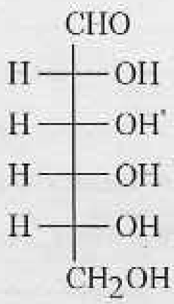
I

D-গ্লুকোজ



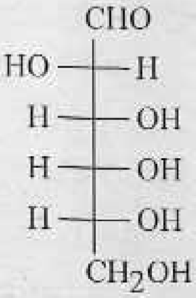
II

D-ম্যানোজ



III

D-অ্যালোজ



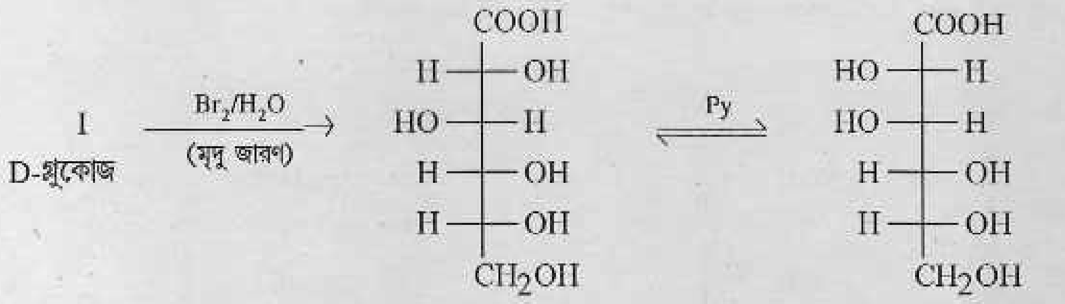
IV

D-অ্যালট্রোজ

I এবং II একজোড়া এপিমার।

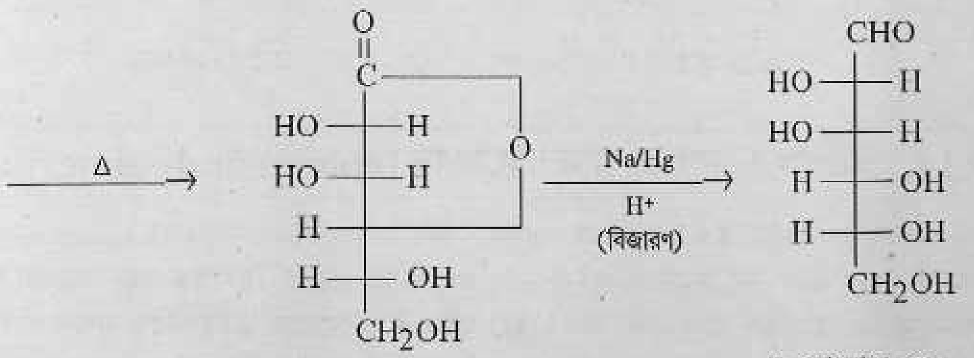
III এবং IV একজোড়া এপিমার।

এপিমেরাইজেশন (epimerisation)।




D-গ্লুকোনিক অ্যাসিড

D-ম্যানোনিক অ্যাসিড



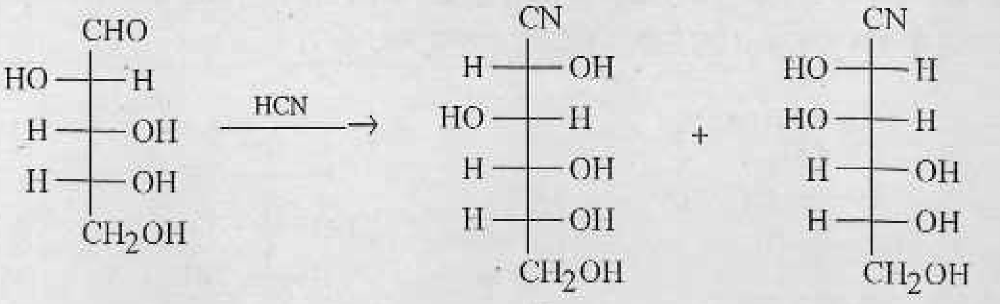

γ-D-ম্যানোনো ল্যাকটোন

D-ম্যানোজ (II)

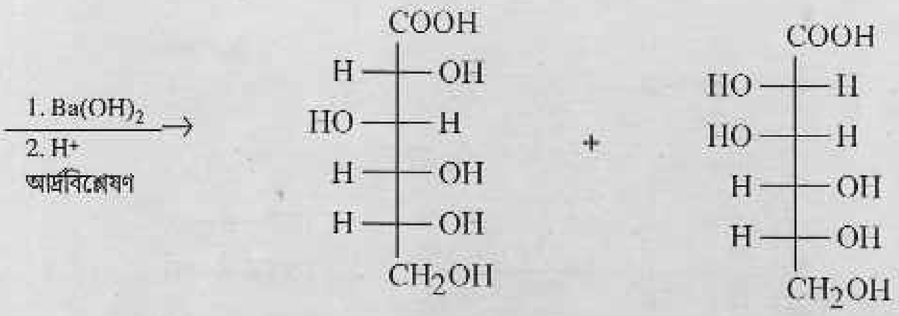
# 9.12 নিম্নতর শর্করা থেকে উচ্চতর শর্করা এবং উচ্চতর শর্করা থেকে নিম্নতর শর্করাতে রূপান্তরকরণ

## 9.12.1 নিম্নতর শর্করা থেকে উচ্চতর শর্করাতে রূপান্তর

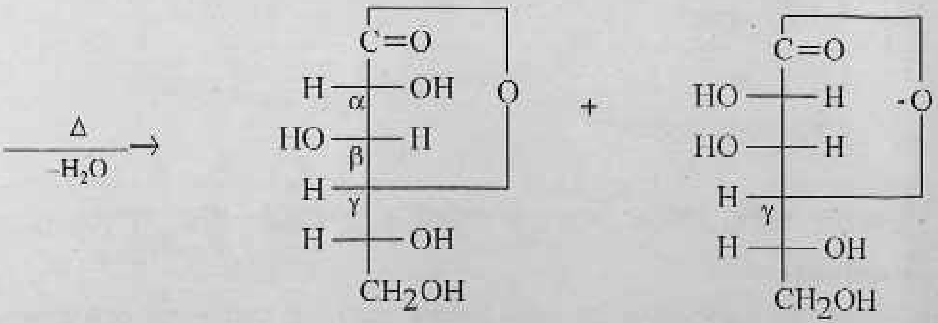
কিলিয়ানি বিক্রিয়া (Kiliani reaction)।




D-অ্যারাবিনোজ (I) D-গ্লুকোনোনাইট্রাইল (II) D-ম্যানোনোনাইট্রাইল




(III) D-গ্লুকোনিক অ্যাসিড (IV) D-ম্যানোনিক অ্যাসিড

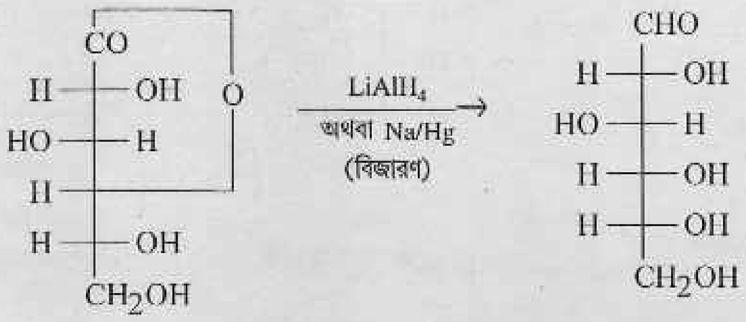



(V) γ-গ্লুকোনো ল্যাকটোন (VI) γ-ম্যানোনো ল্যাকটোন

এখানে মনে রাখতে হবে যে HCN সংযোজনের ফলে D-অ্যারাবিনোজ থেকে যে দুটি সায়ানোহিড্রিন (I) এবং (II) উৎপন্ন হয়েছে তাদের অনুপাত 1 : 1 নয়।

এর ফলে দুটি অ্যাসিড (iii) এবং (iv) অসমান অনুপাতে উৎপন্ন হবে। অবশেষে (v) এবং (vi) ল্যাকটোন দুটির অনুপাতও অসমান হবে।

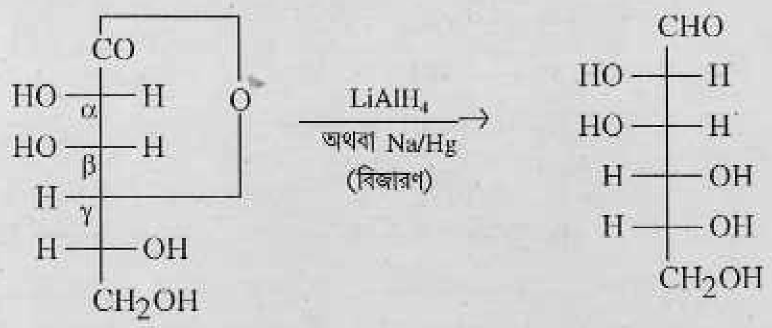
দুটি $\gamma$-ল্যাকটোনই কঠিন যৌগ। আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতে এদের পৃথক করা হয়। এবার ল্যাকটোন দুটিকে আলাদা আলাদা ভাবে দুর্বল আম্লিক দ্রবণে $LiAlH_4$ অথবা Na/Hg দ্বারা বিজারিত করলে (v) থেকে D— গ্লুকোজ এবং (vi) থেকে D— ম্যানোজ পাওয়া যায়।




(V)
$\gamma$-গ্লুকোনো ল্যাকটোন

D-গ্লুকোজ

আবার,



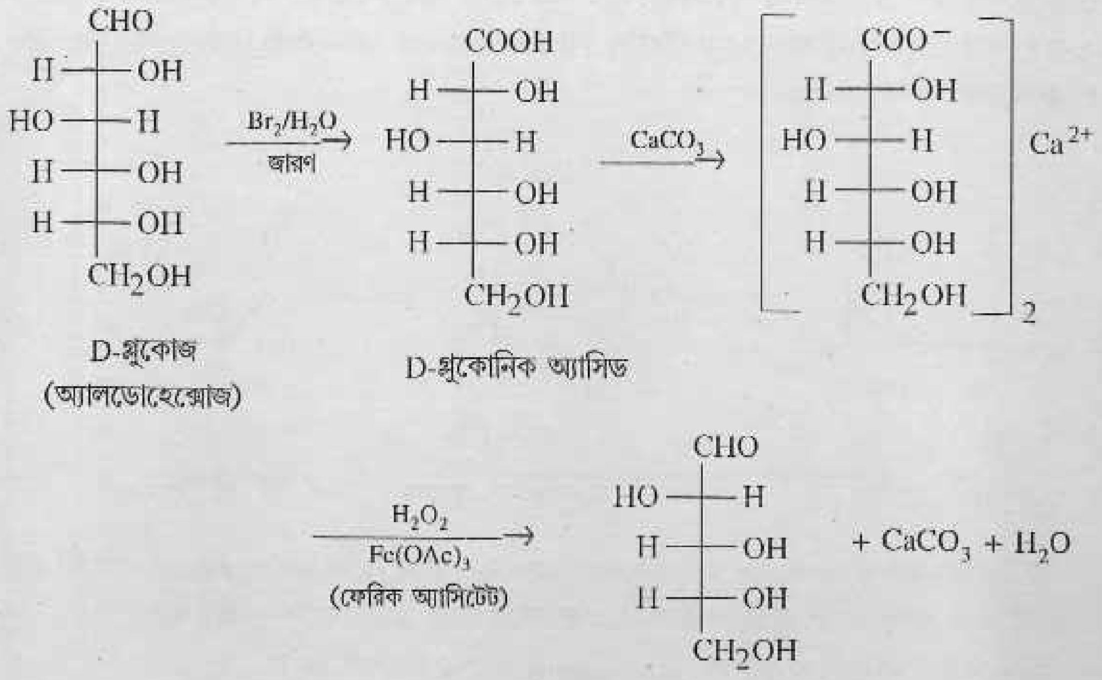

(VI)
$\gamma$-ম্যানোনো ল্যাকটোন

D-ম্যানোজ

## 9.12.2 উচ্চতর শর্করা থেকে নিম্নতর শর্করাতে রূপান্তর—রাফ্ পদ্ধতি (Ruff's method)

এই পদ্ধতিতে অ্যালডোজ শর্করাকে মৃদু জারক বিকারক, $Br_2/H_2O$ দ্বারা জারিত করে অ্যালডোনিক অ্যাসিডে পরিনত করা হয়। এই অ্যালডোনিক অ্যাসিডকে $CaCO_3$ দ্বারা প্রশমিত করলে ক্যালসিয়াম লবণ

পাওয়া যায়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম লবণকে ফেন্টন বিকারকের (Fenton's reagent) [$H_2O_2/Fe(OAc)_3$] সাহায্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পরবর্তী নিম্নতর অ্যালডোজ সংগ্রহ করা হয়। এখানে D-গ্লুকোজকে D-অ্যারাবিনোজে রূপান্তরিত করা হয়েছে।

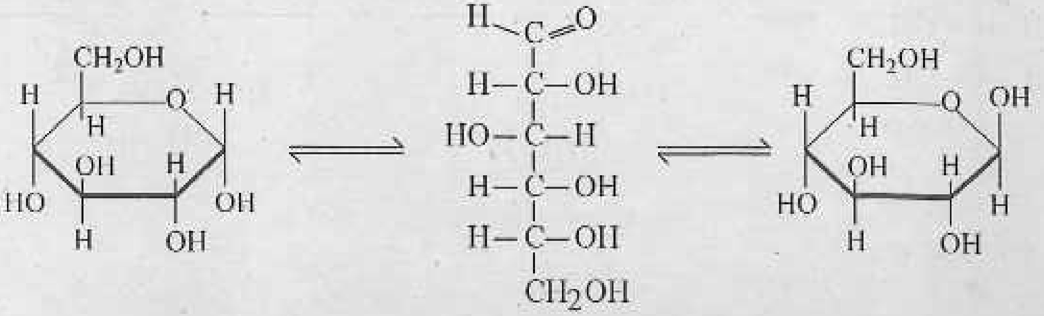



D-অ্যারাবিনোজ
(অ্যালডোপেন্টোজ)

## 9.13 মিউটারোটেশন (mutarotation)

9.9-এ উল্লেখ করা হয়েছে যে D-গ্লুকোজের দুটি ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব সম্ভব। এই দুটি সমাবয়ব হল $\alpha$-D-গ্লুকোজ এবং $\beta$-D গ্লুকোজ। সাধারণ গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণকে উত্তাপের সাহায্যে গাঢ় করলে $\alpha$-D-গ্লুকোজের কঠিন কেলাস পাওয়া যায় যায়। এর গলনাঙ্ক 146° এবং আপেক্ষিক আবর্তন কোন (specific rotation) +112°। কিন্তু যদি গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (glacial acetic acid) থেকে কেলাসিত করা যায় তবে অন্য একটি কঠিন কেলাসিত যৌগ পাওয়া যায়। এই যৌগের গলনাঙ্ক 150° এবং আপেক্ষিক আবর্তন কোন +19°। এই অ্যানোমেরিক সমাবয়বটি হল $\beta$-D-গ্লুকোজ। $\alpha$-D গ্লুকোজকে জলে দ্রবীভূত করে রেখে দিয়ে পোলারিমিটারের সাহায্যে আবর্তন কোন পরিমাপ করলে দেখা যায় যে যৌগটির আপেক্ষিক আবর্তন কোন কমতে থাকে এবং 52.5° নির্দিষ্ট মানে পৌঁছে থেমে যায়। আবার বিশুদ্ধ $\beta$-D গ্লুকোজের দ্রবণের ক্ষেত্রেও দেখা যায় যে আপেক্ষিক আবর্তন কোণের মান বাড়তে বাড়তে 52.5° তে পৌঁছে থেমে যায়। জলীয় দ্রবণে গ্লুকোজের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের এই পরিবর্তনকেই মিউটারোটেশন বলে।

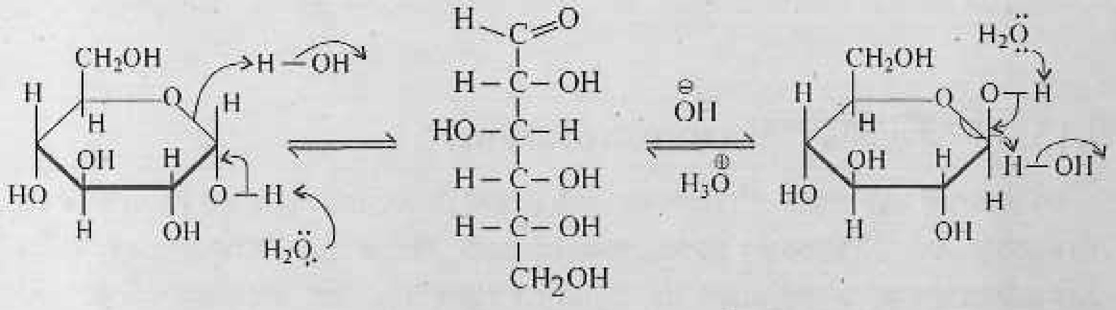
মিউটারোটেশনের ব্যাখ্যা ঃ 100% বিশুধ $\alpha$-D গ্লুকোজকে জলে দ্রবীভূত করলে গ্লুকোজের বৃত্তাকার গঠন মুক্ত হয়ে মুক্ত-শৃঙ্খল গ্লুকোজের সঙ্গো সাম্যাবস্থায় থাকে। আবার এই মুক্তশৃঙ্খল গ্লুকোজ প্রায় সঙ্গো সঙ্গো বন্ধ শৃঙ্খল $\beta$-D-গ্লুকোজে রূপান্তরিত হয়ে সাম্যাবস্থায় বিরাজ করে। অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে $\alpha$-D গ্লুকোজ এবং $\beta$-D গ্লুকোজ মুক্ত শৃঙ্খল গ্লুকোজের সঙ্গো সাম্যবস্থায় থাকে। এই সাম্যাবস্থায় দ্রবণে $\alpha$-D গ্লুকোজ এবং $\beta$-D গ্লুকোজের এর পরিমাণ যথাক্রমে 36% এবং 64% (প্রায়)। সাম্যাবস্থায় মুক্ত শৃঙ্খল D-গ্লুকোজের পরিমাণ <1%।



$\alpha$-D-গ্লুকোজ    মুক্তশৃঙ্খল D-গ্লুকোজ    $\beta$-D-গ্লুকোজ

মিউটারোটেশন শুধু অম্ল বা শুধু ক্ষারের সাহায্যে সম্ভব নয়। একই সঙ্গো অম্ল ও ক্ষারের উপস্থিতি এবং বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ আবশ্যিক। জল উভধর্মী দ্রাবক বলে জলে মিউটারোটেশন সম্ভব হয়।

মিউটারোটেশনের বিক্রিয়া কৌশল (mechanism) সংক্ষেপে দেখান হল।



বন্ধ শৃঙ্খল $\alpha$-D-গ্লুকোজ    মুক্ত শৃঙ্খল D-গ্লুকোজ    বন্ধ শৃঙ্খল $\beta$-D-গ্লুকোজ

অনুশীলনী—4

(i) অ্যানোমার কাদের বলে ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।

(ii) D-গ্লুকোজকে D-অ্যারাবিনোজে কী উপায়ে রূপান্তরিত করবেন ?

(iii) মিউটারোটেশনের সংজ্ঞা দিন।

## 9.14 ফ্রুকটোজ, $C_6H_{12}O_6$

(1) উৎস—ফ্রুকটোজ পাকা ফলে এবং মধুতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। চিনিতে গ্লুকোজের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় থাকে।

(2) প্রস্তুতি—লঘু $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে চিনির জলীয় দ্রবণকে ফুটিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষণ করে পরীক্ষাগারে ফ্রুকটোজ তৈরি করা হয়।

$$\underset{\text{চিনি বা সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } H_2SO_4} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

আর্দ্রবিশ্লেষনের পর প্রাপ্ত দ্রবণকে শীতল করে $Ca(OH)_2$ দ্বারা প্রশমিত করলে যে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় তাতে ফ্রুকটোজ থাকে। গ্লুকোজ দ্রবীভুত অবস্থায় দ্রবণে অবস্থান করে। প্রাপ্ত অধঃক্ষেপ পরিস্রাবণ পাধ্যতিতে পৃথক করে জলে ভাসমান অবস্থায় রেখে $CO_2$ গ্যাস চালনা করা হয়। $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ফ্রুকটোজ জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই দ্রবণকে ঘনীভূত করে ফ্রুকটোজের বিশুদ্ধ কেলাস যোগ করা হয়। ফলে ফ্রুকটোজ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং পরিস্রাবণ পাধ্যতিতে পৃথক করা হয়।

$$C_6H_{12}O_6 \cdot CaO + CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + CaCO_3\downarrow$$

(3) ফ্রুকটোজের ভৌত ধর্ম

বর্ণহীন কেলাস। জলে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 102°। ফ্রুকটোজ বামাবর্তী (laevorotatory)। আপেক্ষিক আবর্তন কোন –92°।

## 9.15 ফ্রুকটোজ মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ

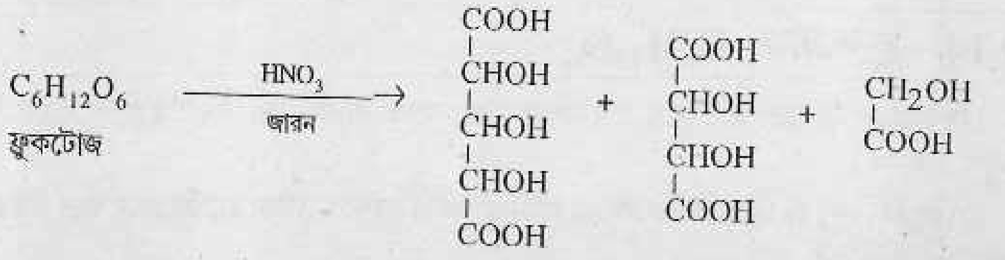
(i) ফ্রুকটোজের মৌলসমূহের বিশ্লেষন এবং আনবিক গুরুত্ব নির্ণয় করে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় যে ফ্রুকটোজের আনবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$।

(2) ফ্রুকটোজ এক অণু HCN এবং এক অণু $NH_2OH$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে সায়ানোহাইড্রিন এবং মনো অক্সিম উৎপন্ন করে। এর থেকে প্রমানিত হয় যে, ফ্রুকটোজে একটি কার্বোনিল মূলক আছে। ফিনাইল হাইড্রাজিনের ($PhNHNH_2$) সঙ্গে বিক্রিয়া করে গ্লুকোজের মত একই ওসাজোন (osazone) উৎপন্ন করে।

(3) ফ্রুকটোজ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফ্রুকটোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া থেকে বলা যায় যে ফ্রুকটোজে পাঁচটি –OH মূলক আছে।

(4) ফ্রুকটোজ একটি স্থিতিশীল যৌগ। উত্তাপে ফ্রুকটোজ থেকে জল নির্গত হয় না। এর থেকে প্রমানিত হয় যে এই শর্করার কোনো কার্বন পরমাণুতে দুটি –OH মূলক অবস্থান করে না।

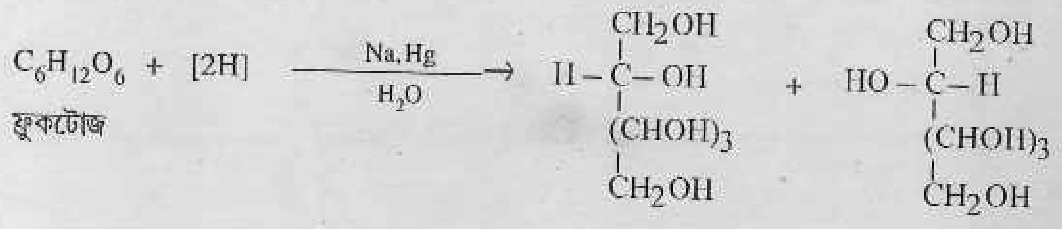
(5) $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে ফ্রুকটোজ জারিত হয়ে ট্রাইহাইড্রক্সি গ্লুটারিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড এবং গ্লাইকোলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।




ট্রাইহাইড্রক্সিগ্লুটারিক অ্যাসিড | টারটারিক অ্যাসিড | গ্লাইকোলিক অ্যাসিড

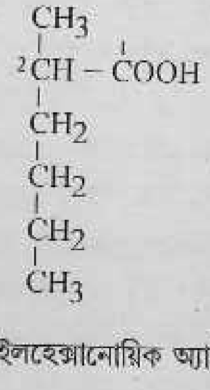
জারন ক্রিয়ায় প্রাপ্ত প্রত্যেকটি অ্যাসিডের কার্বন সংখ্যা ফ্রুকটোজের চেয়ে কম। তাই এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে ফ্রুকটোজ একটি কিটোন যৌগ।

(6) ফ্রুকটোজকে সোডিয়াম অ্যামালগাম (Na/Hg) দ্বারা আংশিক বিজারিত করলে দুটি এপিমেরিক অ্যালকোহল, সর্বিটল এবং ম্যানিটল পাওয়া যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় ফ্রুকটোজ একটি কিটোন শর্করা।




সর্বিটল | ম্যানিটল

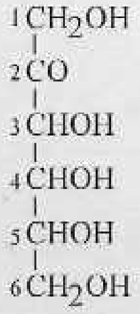
(7) ফ্রুকটোজ ও হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের (HCN) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিন যৌগকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে পুনরায় লাল ফসফরাস (P) ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া ঘটালে 2-মিথাইলহেক্সানোয়িক অ্যাসিড গঠিত হয়।




2-মিথাইলহেক্সানোয়িক অ্যাসিড

এর থেকে প্রমাণিত হয় যে, ফ্রুকটোজের কার্বোনিল মূলকটি যে কোনো প্রান্ত থেকে দ্বিতীয় স্থানে আছে।

উপরের বিক্রিয়া সমূহ থেকে এই সিধান্তে আসা যায় যে ফ্রুকটোজ একটি মুক্ত শৃঙ্খল কিটোন যৌগ।

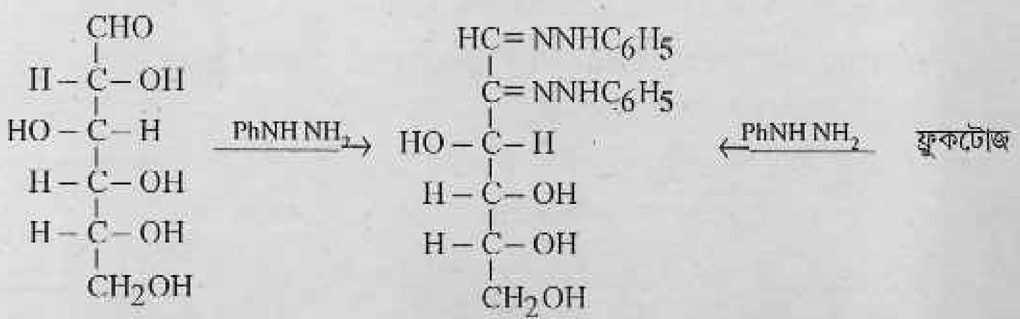


ফ্রুকটোজে $C_3, C_4$ এবং $C_5$ তিনটি অপ্রতিসম কার্বন আছে।

ফ্রুকটোজ

1, 3, 4, 5, 6-পেন্টাহাইড্রক্সি-2-হেক্সানোন।

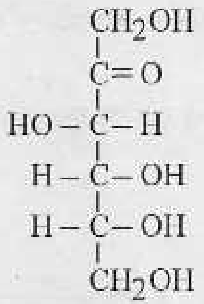
(8) D-গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ একই ওসাজোন গঠন করে ঃ



D-গ্লুকোজ

গ্লুকোসাজোন বা ফ্রুকটোসাজোন

যেহেতু গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের C-1 এবং C-2 এর সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু (H) এবং হাইড্রক্সিল মূলকগুলি (OH) ওসাজোন গঠনে অংশগ্রহণ করে একই ওসাজোন গঠন করে তাই D-গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের C-3, C-4 এবং C-5 কার্বন পরমাণুসমুহে হাইড্রোজেন পরমাণু ও হাইড্রক্সিল মূলকের বিন্যাস একই। অর্থাৎ ফ্রুকটোজের মুক্ত শৃঙ্খল গঠন হলো ঃ



অর্থাৎ ফ্রুকটোজ D-শ্রেণিভুক্ত শর্করা।

## 9.16 ফ্রুকটোজ একটি বদ্ধশৃঙ্খল হেমি কিটাল যৌগ

ফ্রুকটোজের মুক্ত শৃঙ্খল গঠনের সাহায্যে নিচের উল্লেখ করা ধর্ম ও বিক্রিয়া সমূহ ব্যাখ্যা করা যায় না।

(1) ফ্রুকটোজ $NaHSO_3$ এর সঙ্গো বিক্রিয়া করে না।

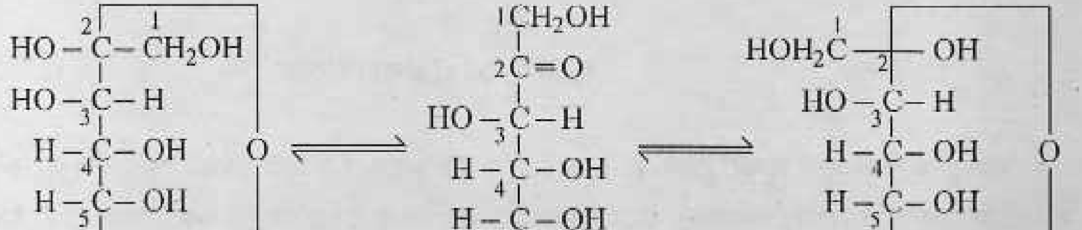
(2) ফ্রুকটোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট $NH_2OH$ এর সঙ্গো বিক্রিয়া করে না।

(3) ফ্রুকটোজ গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গো বিক্রিয়া করে না।

(4) জলীয় দ্রবণে ফ্রুকটোজের মিউটারোটেশন দেখা যায়।

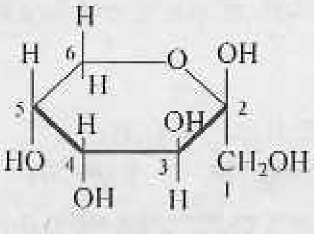
(5) MeOH/HCl এর সঙ্গো বিক্রিয়া ঘটালে ফ্রুকটোজ দুটি মিথাইল ফ্রুকটোসাইডের (methyl fructoside) অ্যানোমেরিক সমাবয়ব উৎপন্ন করে।

উপরের বিক্রিয়া সমূহ পর্যালোচনা করে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় যে ফ্রুকটোজ একটি বদ্ধশৃঙ্খল যৌগ। এই বদ্ধশৃঙ্খল যৌগ ফিশার এবং হাওয়ার্থের অভিক্ষেপের সাহায্যে নিচে দেখানো হল।

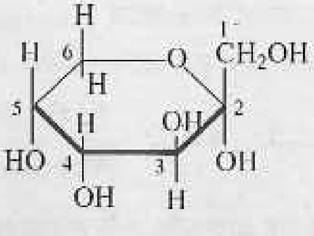


β-D-ফ্রুকটোপিরানোজ    মুক্তশৃঙ্খল ফ্রুকটোজ    α-D-ফ্রুকটোপিরানোজ

**ফিশার অভিক্ষেপ**



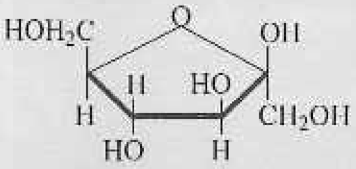
$\beta$-D-ফ্রুকটোপিরানোজ



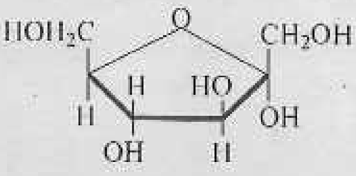
$\alpha$-D-ফ্রুকটোপিরানোজ

হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ

যুক্ত অবস্থায় সুক্রোজে, ফ্রুকটোজ ফিউরানোজ বলয়ে অবস্থান করে।



$\beta$-D-ফ্রুকটোফিউরানোজ



$\alpha$-D-ফ্রুকটোফিউরানোজ

হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ

## 9.17 ডাইস্যাকারাইড—সুক্রোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ

প্রকৃতিতে যে ডাইস্যাকারাইড যৌগ সমূহ পাওয়া যায় তাদের মধ্যে তিনটি গুরুত্বপূর্ন ডাইস্যাকারাইড হল—সুক্রোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ।

**(a) সুক্রোজ বা চিনি (Sucrose); $C_{12}H_{22}O_{11}$**

(1) উৎস—আখের রস এবং বীট থেকে সুক্রোজ সংগ্রহ করা হয়। ভারতের উত্তরপ্রদেশ ও মহারাষ্ট্রে চিনি তৈরির বড় কারখানা আছে।

(2) ধর্ম ঃ (i) ভৌত ধর্ম—সাদা, কেলাসাকার, জলে দ্রাব্য এবং গন্ধহীন। গলনাঙ্ক 180°। আপেক্ষিক আবর্তন কোন (specific rotation) $+66.5°$

(ii) রাসায়নিক ধর্ম—(1) সুক্রোজ অবিজারক (non-reducing) যৌগ। টোলেন বিকারক এবং ফেলিং দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(2) HCN, $NH_2OH$ এবং Ph. NH. $NH_2$ এর সঙ্গে সুক্রোজ বিক্রিয়া করে না।

(3) সুক্রোজকে উত্তপ্ত করলে বাদামী বর্ণের ক্যারামেল (caramel) উৎপন্ন হয়।

(4) সুক্রোজ গাঢ় $H_2SO_4$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে কালো কার্বনে রূপান্তরিত হয়।

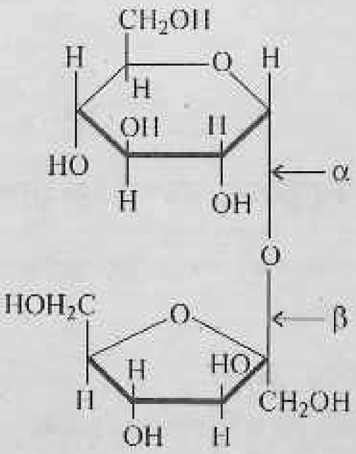
(5) লঘু অম্লের অথবা ইনভারটেজ (invertase)-এর উপস্থিতিতে সুক্রোজ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে এক অণু গ্লুকোজ এবং এক অণু ফ্রুকটোজে পরিনত হয়।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[\text{অথবা (invertase)}]{\text{লঘু } HCl/H_2SO_4} \underset{\text{D-গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

আর্দ্রবিশ্লেষনের পর প্রাপ্ত গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজের মিশ্রণকে বলা হয় অপবর্তিত শর্করা (invert sugar)

ব্যাখ্যা—সুক্রোজের আপেক্ষিক আবর্তন কোন $+66.5°$। কিন্তু D-গ্লুকোজ এবং D-ফ্রুকটোজের আপেক্ষিক আবর্তন কোন যথাক্রমে $+52.5°$ এবং $-92°$। সুতরাং মিশ্রণের আপেক্ষিক আবর্তন কোন হবে $-92° + 52.5° = -39.5°$। অর্থাৎ আর্দ্রবিশ্লেষনের আগে সুক্রোজ ছিল দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory); কিন্তু আর্দ্রবিশ্লেষণের পর মিশ্রনের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মান হলো বামাবর্তী (laevorotatory)। তাই এই মিশ্রণকে বলা হয় অপবর্তিত শর্করা (invert sugar) এবং এই বিক্রিয়াকে বলা হয় শর্করার (চিনির) অববর্তন (inversion of cane sugar)।

সুক্রোজের গঠন




α-D-গ্লুকোপিরানোসিল-β-D-ফ্রুকটোফিউরানোসাইড

[α-D-glucopyranosyl-β-D-Fructofuranoside]

## [B] মলটোজ $C_{12}H_{22}O_{11}$

(1) উৎস ঃ মলটোজের প্রধান উৎস হল স্টার্চ। মল্টের উপস্থিতিতে স্টার্চ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে মলটোজ উৎপন্ন করে। মল্টে ডায়স্টেজ (diastase) নামে উৎসেচক (enzyme) আছে। এই উৎসেচক স্টার্চকে মলটোজে রূপান্তরিত করে। বিক্রিয়া নিম্নরূপ।

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + \frac{n}{2} H_2O \xrightarrow{\text{diastase}} \underset{\text{মলটোজ}}{\frac{n}{2} C_{12}H_{22}O_{11}}$$

(2) ধর্ম ঃ

(i) ভৌত ধর্ম ঃ সাদা, কেলাসিত কঠিন পদার্থ। জলে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 160°–165°। বিশুদ্ধ $\alpha$-এবং বিশুদ্ধ $\beta$-অ্যানোমারের আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মান যথাক্রমে +168° এবং +112°। জলীয় দ্রবণে মিউটারোটেশন হয়। সাম্যাবস্থায় আপেক্ষিক আবর্তন কোনের মান +136°।

(ii) রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(1) মলটোজ একটি বিজারক (reducing) শর্করা। ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে।

(2) $NH_2OH$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্সিম (oxime) এবং $Ph.NH.NH_2$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ওসাজোন (Osazone) উৎপন্ন করে।

(3) উষ্ণ লঘু অম্লের ($HCl, H_2SO_4$) অথবা মলটেজ (maltase) এর উপস্থিতিতে মলটোজ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে দুই অণু গ্লুকোজ উৎপন্ন করে।

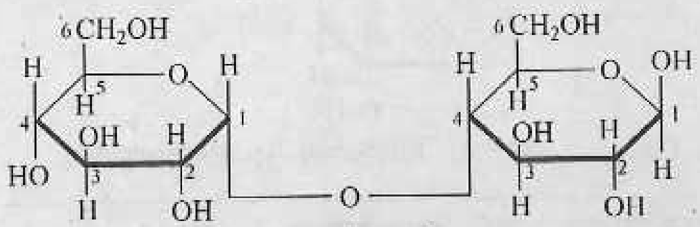
$$\underset{\text{মলটোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{maltase}]{\text{মলটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2\,C_6H_{12}O_6}$$

(4) মলটোজের জলীয় দ্রবণে ইস্ট (yeast) যোগ করলে মলটোজ প্রথমে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজে রূপান্তরিত হয়। পরে উৎপন্ন গ্লুকোজ ইথাইল অ্যালকোহল এবং $CO_2$ এ পরিণত হয়। ঈস্ট-এ মলটেজ এবং জাইমেজ এই দুটি এনজাইমই উপস্থিত থাকে।

$$\underset{\text{মলটোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{উপস্থিত মলটেজ (আর্দ্রবিশ্লেষণ)}]{\text{(Yeast) এ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{জাইমেজ (zymase)}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

গঠন ঃ



মলটোজ ($\beta$)

[C] ল্যাকটোজ, $C_{12}H_{22}O_{11}$

(1) উৎস ঃ প্রায় সমস্ত প্রাণীর দুধে ল্যাকটোজ বর্তমান। গরুর দুধে প্রায় 5%; মানুষের দুধে প্রায় 8% ল্যাকটোজ বর্তমান। একমাত্র ল্যাকটোজের উৎস প্রাণী। উদ্ভিদে এই শর্করা পাওয়া যায় না।

চীজ তৈরির সময় বর্জ পদার্থ হোয়ে (whey) থেকে বাষ্পীভবন করে ল্যাকটোজ পাওয়া যায়।

(2) ধর্ম

(i) ভৌত ধর্ম ঃ সাদা, কেলাসাকার কঠিন যৌগ। জলে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 203°। জলীয় দ্রবণে ল্যাকটোজের মিউটারোটেশন হয় এবং দক্ষিণাবর্তী।

(ii) রাসায়নিক ধর্ম।

(1) ল্যাকটোজ বিজারক শর্করা। ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে।

(2) $NH_2OH$ এবং $Ph\,NH.\,NH_2$ এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে অক্সিম এবং ওসাজোন গঠন করে।

(3) সোডিয়াম অ্যাসিটেট এর উপস্থিতিতে ল্যাকটোজ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের ($AC_2O$) সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্টাঅ্যাসিটেট (octa acetate) গঠন করে।

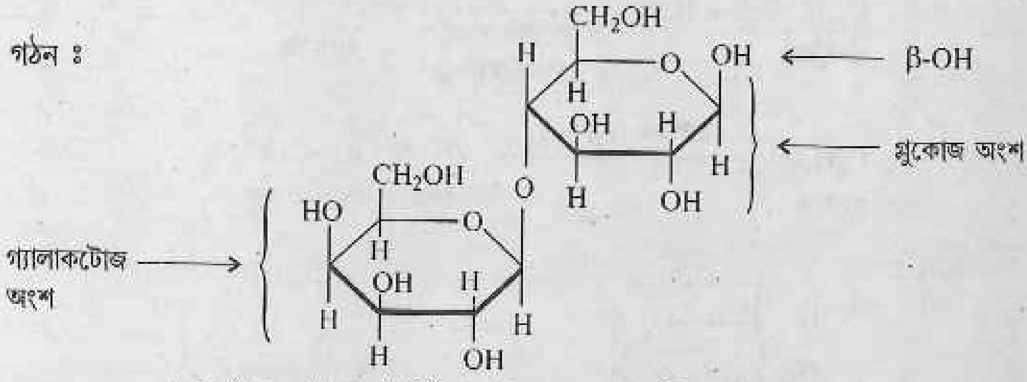
(4) লঘু $HCl/H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে ল্যাকটোজ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে এক অণু গ্লুকোজ এবং এক অণু গ্যালাকটোজ উৎপন্ন করে। এছাড়াও উৎসেচক (enzyme), ইমালসিন (emulsin) এর উপস্থিতিতেও ল্যাকটোজ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।

বিক্রিয়া,

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[\text{অথবা ইমালসিন}]{\text{লঘু } HCl/H_2SO_4} \underset{\text{D-গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-গ্যালাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

(5) $B_2/H_2O$ দিয়ে জারিত হলে ল্যাকটোজ, ল্যাকটোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

গঠন ঃ




4–O–β-D–গ্যালাকটো পিরানোসিল—D–গ্লুকোপিরানোজ।

## 9.18 পলিস্যাকারাইড-স্টার্চ, সেলুলোজ ; $(C_6H_{10}O_5)_n$

(1) উৎস ঃ চাল, গম, আলু ইত্যাদি মানুষের খাদ্য হিসাবে অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। এই খাদ্যদ্রব্যগুলি শ্বেতসার বা স্টার্চ দিয়ে তৈরি।

আবার কাঠ, তুলো প্রভৃতি সেলুলোজ দিয়ে গঠিত।

উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ বিক্রিয়ায় (photosynthesis) এই পলিস্যাকারাইড তৈরি হয়।

**স্টার্চ** ঃ (1) ধর্ম ঃ দানাদার সাদা কঠিন পদার্থ। ঠান্ডা জলে প্রায় অদ্রাব্য। গরম জল সামান্য দ্রাব্য।

(2) স্টার্চ (বা সেলুলোজ) টোলেন বিকারক অথবা ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে না।

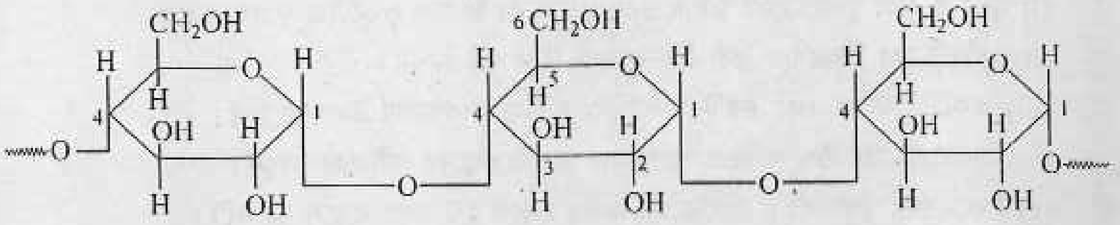
(3) $PhNH.NH_2$ এর সঙ্গে কোনো বিক্রিয়া করে না।

**পরিচায়ক পরীক্ষা**

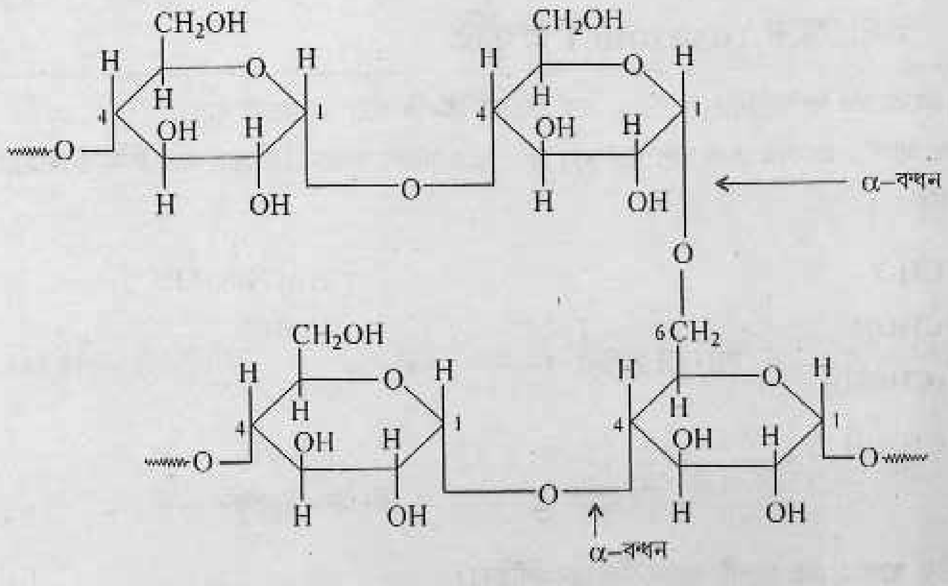
স্টার্চের জলীয় দ্রবণে 1-2 ফোঁটা $I_2$ দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ন নীল হয়।

**গঠন**

(1) **স্টার্চ** ঃ অ্যামাইলোজ (20%) এবং অ্যামাইলোপেকটিন (80%) নিয়ে গঠিত। অ্যামাইলোজের কোনো শাখা নেই। অ্যামাইলোপেকটিনের শাখা আছে। অ্যামাইলোজ এবং অ্যামাইলোপেকটিন প্রত্যেকেই গ্লুকোজ দিয়ে তৈরি।

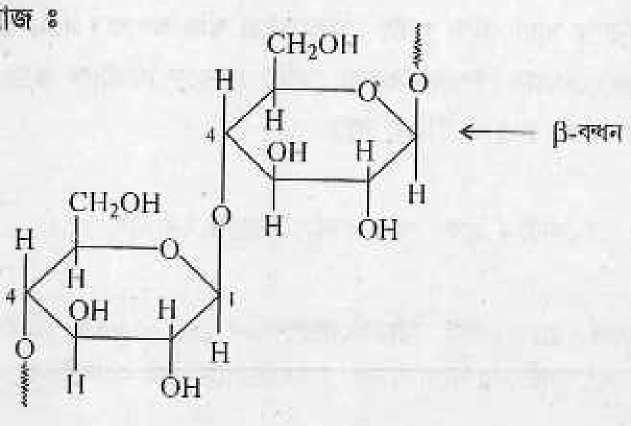


অ্যামাইলোজ




অ্যামাইলোপেকটিন

(2) সেলুলোজ ঃ




অনুশীলনী-5

(i) গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের জলীয় দ্রবণ থেকে কী উপায়ে ফ্রুকটোজ সংগ্রহ করবেন ?

(ii) ফ্রুকটোজের পিরানোজ এবং ফিউরানোজ গঠন দুটি লিখুন।

(iii) একটি বিজারক এবং একটি অবিজারক ডাই-স্যাকারাইডের উদাহরণ দিন।

(iv) ইনভারটেজের উপস্থিতিতে সুক্রোজের আর্দ্রবিশ্লেষনের সমীকরণ লিখুন।

(v) মলটোজের উৎস কী ? মলটোজের জলীয় দ্রবণে ইস্ট যোগ করলে কী ঘটে ?

(vi) লঘু $H_2SO_4$ এর উপস্থিতিতে ল্যাকটোজকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে কী ঘটে ?

## 9.19 গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের সঙ্গো ফিনাইল হাইড্রাজিনের বিক্রিয়া—ওসাজোন (osazone) প্রস্তুতি

(1) গ্লুকোজের সঙ্গো PhNH. $NH_2$ এর বিক্রিয়া তিনটি ধাপে দেখানো যায়।

প্রথম ধাপ ঃ গ্লুকোজ এক অণু Ph.NH.$NH_2$ এর সঙ্গো প্রথমে বিক্রিয়া করে ফিনাইলহাইড্রাজোন উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} {}^{1}CHO \\ \quad | \\ {}^{2}CHOH \\ \quad | \\ (CHOH)_3 \\ \quad | \\ CH_2OH \end{array} \; + \; Ph\,NH\,NH_2 \longrightarrow \begin{array}{l} {}^{1}CH=N\,NH\,Ph \\ \quad | \\ {}^{2}CHOH \\ \quad | \\ (CHOH)_3 \\ \quad | \\ CH_2OH \end{array} \; + \; H_2O$$

ফিনাইলহাইড্রাজোন

দ্বিতীয় ধাপ ঃ এই ধাপটি জারন-বিজারন বিক্রিয়া।

প্রথম ধাপে উৎপন্ন ফিনাইলহাইড্রাজোন দ্বিতীয় অণু Ph. NH. $NH_2$ এর সঙ্গো বিক্রিয়া করে জারিত

হয়ে কিটোন উৎপন্ন করে। [$C_2$-কার্বনের CHOH মূলক জারিত হয়ে $>C=O$ মূলকে পরিনত হয়]। এর ফলে $PhNH.NH_2$ বিজারিত হয়ে $Ph.NH_2$ এবং $NH_3$ তে রূপান্তরিত হয়।

$$\begin{array}{l} {}^{1}CH=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ \quad | \\ {}^{2}CHOH \\ \quad | \\ \quad (CHOH)_3 \\ \quad | \\ \quad CH_2OH \end{array} \xrightarrow{Ph\cdot NH\cdot NH_2} \begin{array}{l} {}^{1}CH=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ \quad | \\ {}^{2}C=O \\ \quad | \\ \quad (CHOH)_3 \\ \quad | \\ \quad CH_2OH \end{array} + PhNH_2 + NH_3$$

তৃতীয় ধাপ ঃ এই ধাপে তৃতীয় অণু $Ph.NH.NH_2$, $>C=O$ মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ওসাজোন (osazone) উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} CH=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ C=O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + Ph{\cdot}NH{\cdot}NH_2 \longrightarrow \begin{array}{l} CH=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2O$$

গ্লুকোসাজোন (glucosazone)

(2) ফ্রুকটোজের সঙ্গে $PhNH.NH_2$ এর বিক্রিয়া

এখানেও তিনটি ধাপে বিক্রিয়া দেখান হল।

প্রথম ধাপ ঃ

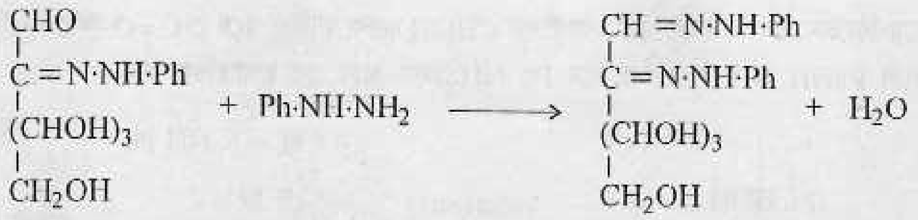
$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CO \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + Ph{\cdot}NH{\cdot}NH_2 \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2O$$

ফ্রুকটোজ

দ্বিতীয় ধাপ ঃ

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{Ph\cdot NH\cdot NH_2} \begin{array}{l} CHO \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}Ph \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + PhNH_2 + NH_3$$

তৃতীয় ধাপ ঃ



ফ্রুকটোসাজোন (fructosazone)

গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ থেকে একই ওসাজোন পাওয়া যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের $C_1$ এবং $C_2$ ছাড়া অবশিষ্ট অপ্রতিসম কার্বনের ত্রিমাত্রিক গঠন একই।

(3) ওসাজোনের ধর্ম ঃ ওসাজোন হলুদ বর্ণের কঠিন কেলাস। লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে ওসোন (Osone) উৎপন্ন হয়।

ওসাজোন (osazone) ওসোন (osone)

## 9.20 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) একটি অ্যালডোটেট্রোজের আনবিক সংকেত হল, $C_4H_8O_4$। যৌগটিকে $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে যে ডাইবেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায় সেটি আলোক-নিষ্ক্রিয়। অ্যালডোটেট্রোজটির নাম এবং ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত লিখুন।

(2) 2-ডিঅক্সিরাইবোজের ফিশার অভিক্ষেপ এবং অক্সাইড বলয়ের গঠন অঙ্কন করুন।

(3) $\alpha$-D-গ্লুকোজ এবং $\beta$-D-গ্লুকোজের চেয়ার অনুবিন্যাস অঙ্কন করুন। কোন অনুবিন্যাসটি বেশি সুস্থির এবং কেন ?

(4) ম্যানোজ এর চতুর্ভূজাকার এবং পঞ্চভূজাকার হেমিঅ্যাসিটাল গঠন অঙ্কন করুন। এই দুটির মধ্যে কোনোটি অধিকতর সুস্থির বলে আপনার মনে হয় ? কারণ উল্লেখ করুন।

(5) D-অ্যারাবিনোজকে কী উপায়ে D-গ্লুকোজে রূপান্তরিত করবেন ?

(6) D-গ্লুকোজ এবং D-ম্যানোজ এর মধ্যে সম্পর্ক কী ? D-গ্লুকোজকে কী উপায়ে D-ম্যানোজ এ রূপান্তরিত করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

(7) উদাহরণ সহ মিউটারোটেশনের ব্যাখ্যা দিন।

(8) অপবর্তিত শর্করা (invertsugar) এবং শর্করার অপবর্তন (inversion of sugar) বলতে কী বুঝায় ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।

(9) গ্লুকোজ এবং ফিনাইলহাইড্রাজিনের বিক্রিয়ায় ওসাজোন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার ধাপগুলি উল্লেখ করে বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।

(10) দুটি পরীক্ষা নলের একটিতে গ্লুকোজ এবং অন্যটিতে স্টার্চ আছে। কোন্‌টিতে গ্লুকোজ আর কোন্‌টিতে স্টার্চ আছে তা কী উপায়ে প্রমাণ করবেন ?

## 9.21 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) 9.2.1 দেখুন ; (ii) 9.2.2 দেখুন।

(iii) D⊕–গ্লিসারালডিহাইড ⟶ H–C(CHO)(CH$_2$OH)–OH

```
        CHO
        |
   H — C — OH
        |
        CH2OH
```

D⊖–গ্লিসারিক অ্যাসিড ⟶ H–C(COOH)(CH$_2$OH)–OH

```
        COOH
        |
   H — C — OH
        |
        CH2OH
```

D⊕–গ্লুকোজ এবং

D⊖–ফ্রুকটোজ

অনুশীলনী-2

(i) 9.5 দেখুন ; এরা এপিমার।

(ii) 9.6.1 দেখুন।

(iii) 9.6.2 দেখুন।

অনুশীলনী-3

(i) অ্যালডিহাইডমূলক মুক্ত অবস্থায় নেই। হেমিঅ্যাসিটাল অবস্থায় আছে।

(ii) দুটি ডাইবেসিক অ্যাসিডই আলোক সক্রিয়। কোনো প্রতিসাম্য তল নেই।

(iii) 9.9; 9.9.1 এবং 9.9.2 দেখুন।

অনুশীলনী-4

(i) 9.10 দেখুন ; (ii) 9.12.2 দেখুন ; (iii) 9.13 দেখুন।

অনুশীলনী-5

(i) 9.14 দেখুন ; (ii) 9.16 এবং 9.17 দেখুন ; (iii) বিজারক ডাইস্যাকারাইড—মলটোজ/ল্যাকটোজ। অবিজারক ডাইস্যাকারাইড—সুক্রোজ।

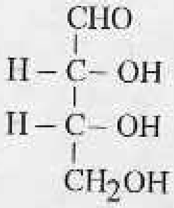
(iv) 9.17 (A) দেখুন।

(v) 9.17 (B) দেখুন।

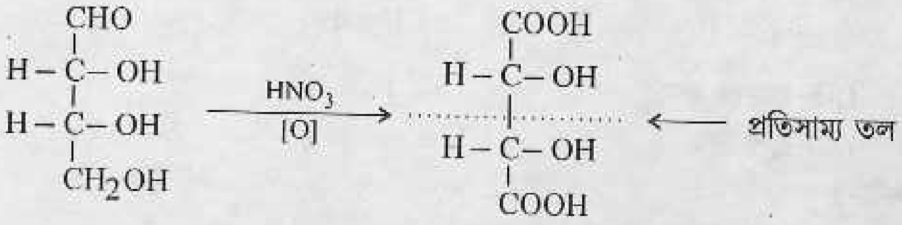
(vi) 9.17 (C) দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) অ্যালডোটেট্রোজটির নাম ঃ D-এরিথ্রোজ

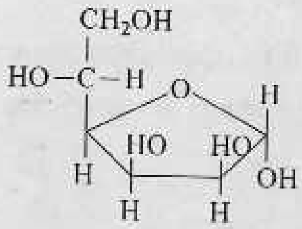
ফিশার গঠন ঃ 

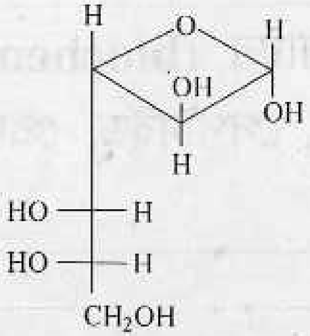

D-এরিথ্রোজকে $HNO_3$ দ্বারা জারিত করলে m-টারটারিক পাওয়া যায়। এই দ্বিখারিক অম্লটিতে একটি প্রতিসাম্য তল আছে। তাই আলোক নিষ্ক্রিয়।




(2) 9.5 দেখুন।

(3) 9.9.3 দেখুন। ($\beta$-D-গ্লুকোজে -OH মূলক equatorial)।

(4) পঞ্চভূজ ম্যানোজ ঃ 

চতুর্ভুজ ম্যানোজ ঃ 

এই দুটির মধ্যে স্থিতিশীলতার (stability) বিচারে চতুর্ভূজাকার ম্যানোজের অস্তিত্ব নেই। সে তুলনায় পঞ্চভূজাকৃতি ম্যানোজের গঠন সামান্য পরিমাণে থাকে।

(5) 9.12 দেখুন।

(6) এপিমার ($C_2$ অপ্রতিসম কার্বনে H এবং OH মূলকের অবস্থান বিপরীত)।

পরের অংশের জন্য 9.11 দেখুন।

(7) 9.13 দেখুন।

(8) 9.17(A) দেখুন।

(9) 9.19 দেখুন।

(10) (i) গ্লুকোজ জলে সহজেই দ্রাব্য। কিন্তু স্টার্চ গরমজলে সামান্য দ্রাব্য।

(ii) গ্লুকোজ ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইডের ($Cu_2O$) অধঃক্ষেপ দেয় এবং টোলেন দ্রবণকে বিজারিত করে "সিলভার মিরর" উৎপন্ন করে।

(iii) স্টার্চ এর জলীয় দ্রবণে সামান্য আয়োডিন দ্রবণ ($I_2$ solution) যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ নীল হয়।

# একক 10 ❐ প্রান রসায়ন (biochemistry)—অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড, প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড

গঠন


**10.1** প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

**10.2** অ্যামিনো অ্যাসিড

**10.2.1** অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন

**10.2.2** অ্যামিনো অ্যাসিডের শ্রেণিবিভাগ

**10.2.3** আবশ্যিক অ্যামিনো অ্যাসিড

**10.2.4** অ্যামিনো অ্যাসিডের সংশ্লেষণ

**10.2.5** অ্যামিনো অ্যাসিডের ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

**10.3** পেপটাইড

**10.3.1** সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

**10.3.2** পেপটাইড সংশ্লেষণ

**10.3.3** পেপটাইডের গঠন

**10.4** প্রোটিন

**10.4.1** সংজ্ঞা

**10.4.2** শ্রেণিবিভাগ

**10.4.3** ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

**10.4.4** প্রোটিনের গঠন

**10.4.5** পরিচায়ক পরীক্ষা

**10.5** নিউক্লিক অ্যাসিড

**10.6** নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন

**10.6.1** নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রাইমারি গঠন

**10.6.2** নিউক্লিক অ্যাসিডের সেকেন্ডারি গঠন

**10.7** সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

**10.8** উত্তরমালা

## 10.1 প্রস্তাবনা

### উদ্দেশ্য

কার্বোহাইড্রেট, লিপিড এবং প্রোটিন ছাড়াও আরও একশ্রেণির পলিমার প্রান রাসায়নিক অণু আছে যাদের বলা হয় নিউক্লিক অ্যাসিড। আমাদের দেহ ধারনের জন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তার যোগান দেয় কার্বোহাইড্রেট এবং লিপিড। প্রোটিন আমাদের দেহের কোষকলা গঠনে সাহায্য করে। নিউক্লিক অ্যাসিড হল বংশগতির ধারক ও বাহক।

এই এককে আমরা অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড, প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

অ্যামিনো অ্যাসিডের অণুতে দু'টি কার্যকরী মূলক আছে। একটি হল ক্ষারীয় ($NH_2$ অথবা প্রতিস্থাপিত $-NH_2$) ; আর একটি হল আম্লিক (COOH, কার্বোক্সিল) মূলক।

অ্যামিনো অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পেপটাইড বা পলিপেপটাইড অণু গঠিত হয়। পলিপেপটাইড প্রোটিনে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ প্রোটিন একটি পলিমার এবং অ্যামিনো অ্যাসিড মনোমার।

প্রানরাসায়নিক অণু, নিউক্লিক অ্যাসিডও একটি পলিমার। নিউক্লিক অ্যাসিডের মনোমার হল নিউক্লিওটাইড। নিউক্লিওটাইড — ফসফোরিক অ্যাসিড, পেন্টোজ সুগার এবং জৈব ক্ষার নিয়ে গঠিত।

এই এককটি পাঠ করে আপনি যা যা জানতে পারবেন সেগুলি হল ঃ

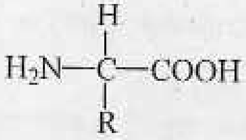
- অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড, প্রোটিন এবং নিউক্লিক অ্যাসিড কী ধরনের যৌগ।
- অ্যামিনো অ্যাসিডে কী কী কার্যকরী মূলক আছে এবং জুইটার আয়ন (Zwitter ion) কী।
- প্রয়োজনীয় (essential) অ্যামিনো অ্যাসিড কাদের বলা হয় এবং এদের নাম কী।
- অ্যামিনো অ্যাসিডের শ্রেণিবিভাগের ভিত্তি কী।
- ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের প্রকৃতি।
- অ্যামিনো অ্যাসিড সনাক্তকরন।
- পেপটাইড/পলিপেপটাইড কাদের বলা হয়এবং এই যৌগগুলির সংশ্লেষণের পদ্ধতি কী।
- প্রোটিনের শ্রেণিবিভাগের ভিত্তি
- প্রোটিনের গঠন সম্বন্ধে ধারণা — প্রাইমারি, সেকেন্ডারি গঠন।
- প্রোটিনের ধর্ম ও সনাক্তকরণ।
- নিউক্লিক অ্যাসিডের রাসায়নিক গঠন সম্বন্ধে ধারণা।
- নিউক্লিওটাইড, নিউক্লিওসাইড, DNA, RNA, $\alpha$-হেলিক্স ($\alpha$-Helix) এবং জৈব ক্ষার A, T, G, C এবং U সম্বন্ধে সঠিক ধারনা।
- ওয়াটসন-ক্রিক (Watson-crick) মডেলের পরিপ্রেক্ষিতে নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন।

## 10.2 অ্যামিনো অ্যাসিড

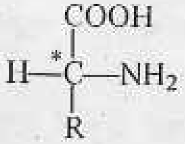
যে সকল জৈব যৌগে $-NH_2$ এবং $-COOH$ কার্যকরী মূলক আছে তাদের বলা হয় অ্যামিনো অ্যাসিড। অর্থাৎ অ্যামিনো অ্যাসিডে একই সঙ্গে ক্ষারীয় এবং আম্লিক মূলক বর্তমান।

### 10.2.1 অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন

অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন সংকেত হল,



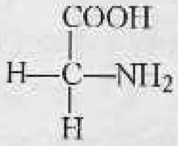
বা,



ক্ষারীয় এবং আম্লিক মূলক দুটি একই কার্বনের সঙ্গে যুক্ত। কার্বোক্সিল মূলকের সাপেক্ষে অ্যামিনো মূলকটি α কার্বনের সঙ্গে যুক্ত। তাই এই অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে বলা হয় α-অ্যামিনো অ্যাসিড। শৃঙ্খল R এর পার্থক্যের জন্য অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠনের পার্থক্য দেখা যায়। যেমন,

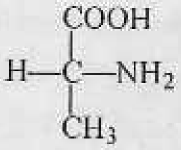
অ্যামিনো অ্যাসিড হবে — নাম

(1) $R = -H$ হলে ;



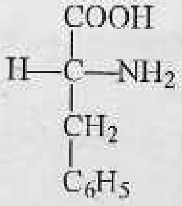
গ্লাইসিন

(2) $R = -CH_3$ হলে ;



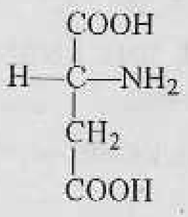
অ্যালানিন

(3) $R = -CH_2C_6H_5$ হলে ;



ফিনাইল অ্যালানিন

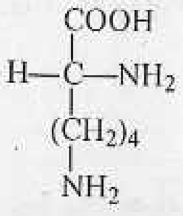
(4) $R = -CH_2COOH$ হলে ;



অ্যাসপারটিক অ্যাসিড

অ্যামিনো অ্যাসিড হবে — নাম

(5) $R = (CH_2)_4\,NH_2$ হলে ;



লাইসিন

ইত্যাদি।

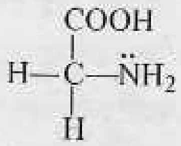
## 10.2.2 অ্যামিনো অ্যাসিডের শ্রেণিবিভাগ

অ্যামিনো মূলক এবং কার্বোক্সিল মূলকের সংখ্যার উপর ভিত্তি করে অ্যামিনো অ্যাসিডসমূহকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যেমন,

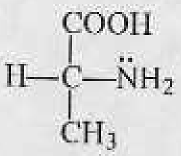
(i) প্রশম অ্যামিনো অ্যাসিড

এই অ্যাসিড সমূহে $-NH_2$ এবং $-COOH$ মূলকের সংখ্যা সমান। তাই এরা একে অন্যকে প্রশমিত করে। উদাহরণ যেমন,

গ্লাইসিন ;



অ্যালানিন ;

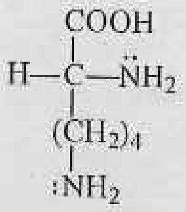


ইত্যাদি।

(ii) ক্ষারীয় অ্যামিনো অ্যাসিড

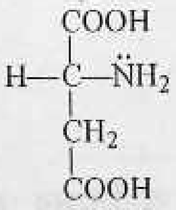
এই অ্যাসিড সমূহে $-COOH$ মূলকের তুলনায় $-NH_2$ মূলকের সংখ্যাধিক্য থাকে। এই জন্য এরা ক্ষারীয় হয়। যেমন,

লাইসিন ;



(iii) আম্লিক অ্যামিনো অ্যাসিড

এই অ্যাসিড সমূহে $-NH_2$ মূলকের তুলনায় $-COOH$ মূলকের সংখ্যাধিক্য থাকে। তাই এরা আম্লিক হয় যেমন,

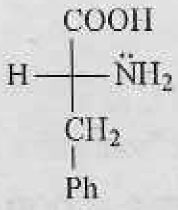
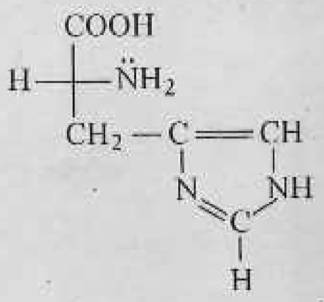
অ্যাসপারটিক অ্যাসিড ; 

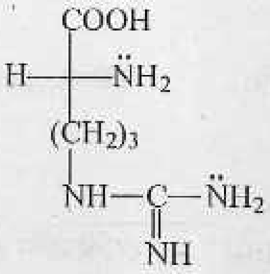
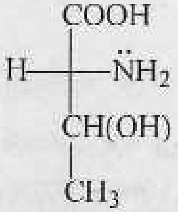
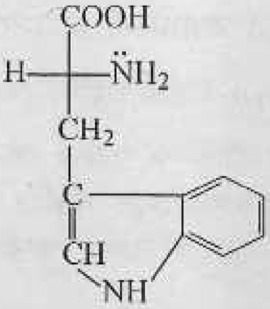
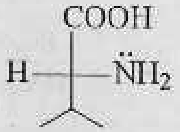
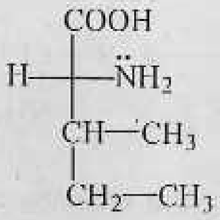
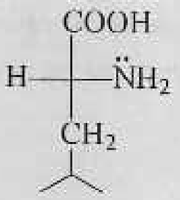
## 10.2.3 আবশ্যিক অ্যামিনো অ্যাসিড (Essential amino acids)

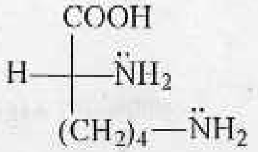
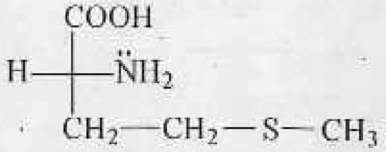
সুস্বাস্থ্যের জন্য 20টি অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে আমাদের দেহ 10 টি সংশ্লেষণ করতে পারেনা। এই দশটি অ্যামিনো অ্যাসিড যা আমাদের দেহ তৈরি করতে পারেনা তাদেরই বলা হয় প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিড। আমাদের দেহের কোষ-কলা (tissue) অবশিষ্ট যে দশটি অ্যামিনো অ্যাসিড অন্য জৈব যৌগ থেকে তৈরি করতে পারে তাদের অপ্রয়োজনীয় (nonessential) অ্যামিনো অ্যাসিড বলে।

20টি অ্যামিনো অ্যাসিডই কিন্তু আমাদের দেহ রক্ষা ও গঠনের জন্য প্রয়োজন। শুধুমাত্র যে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি আমাদের দেহ তৈরি করতে পারে না তাদেরকেই প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিড বলে।

এই প্রয়োজনীয় 10টি অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম ও গঠন নিচে দেওয়া হল।

| ক্রমিক সংখ্যা | প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম | গঠন |
|---|---|---|
| (1) | ফিনাইল অ্যালানিন (Phenyl alanine) |  |
| (2) | হিস্টিডিন (Hsitidine) |  |

| ক্রমিক সংখ্যা | প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম | গঠন |
|---|---|---|
| (3) | আরজিনিন (Arginine) |  |
| (4) | থ্রিয়োনিন (Threonine) |  |
| (5) | ট্রিপটোফ্যান (Tryptophan) |  |
| (6) | ভ্যালিন (Valine) |  |
| (7) | আইসোলিউসিন (Isoleusine) |  |
| (8) | লিউসিন (Leucine) |  |

| ক্রমিক সংখ্যা | প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম | গঠন |
|---|---|---|
| (9) | লাইসিন (Lysine) |  |
| (10) | মেথিয়োনিন (Methionine) |  |

উপরের অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি আদ্যাক্ষর দিয়ে লেখা যায় PHATTVILLYM । এটি পড়তে হবে Fat William বলে। এভাবে মনে রাখা সহজ হবে। 9 নম্বরের লাইসিনের (Lysine) ইংরেজির প্রথম দুটি অক্ষর 'Ly' নেওয়া হয়েছে।

## 10.2.4 অ্যামিনো অ্যাসিডের সংশ্লেষণ

(i) $\alpha$-হ্যালো অ্যাসিড থেকে

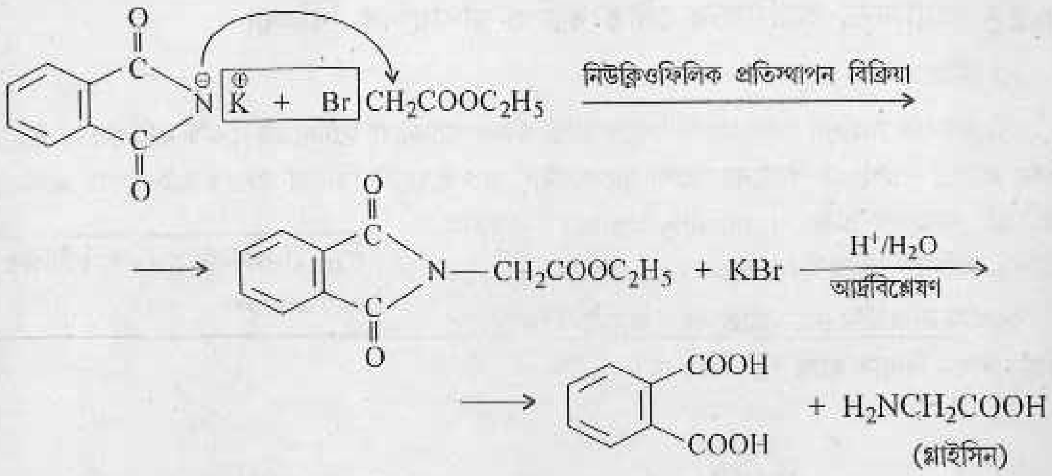
কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড থেকে H.V.Z বিক্রিয়ায় প্রথমে $\alpha$-হ্যালো অ্যাসিড তৈরি করা হয়। এই $\alpha$-হ্যালো অ্যাসিডকে অতিরিক্ত $NH_3$ এর সাথে বিক্রিয়া ঘটালে অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামোনিয়াম লবন পাওয়া যায়। বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থকে অ্যাসিডের মাধ্যমে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$RCH_2COOH \xrightarrow[\text{H.V.Z বিক্রিয়া}]{Br_2,\ \text{লাল P}} R-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}COOH + HBr \xrightarrow[\text{অতিরিক্ত}]{NH_3}$$

$$\longrightarrow R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}COONH_4 + NH_4Br \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H^+/H_2O} R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}COOH$$

(ii) গ্যাব্রিয়েল থ্যালিমাইড সংশ্লেষণ

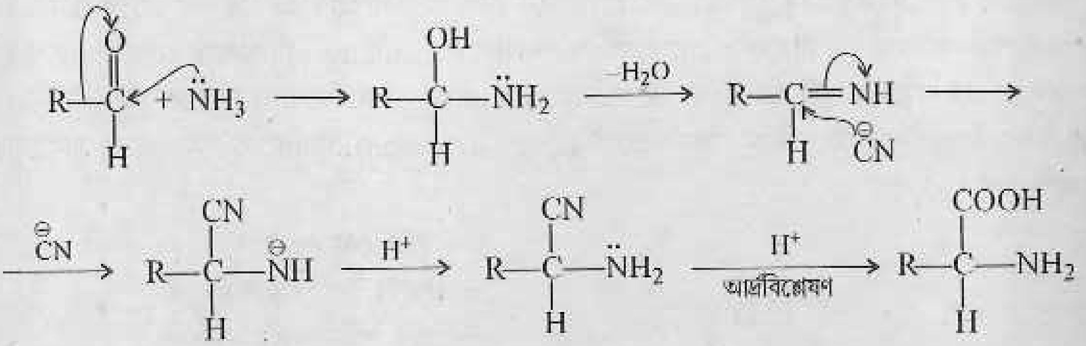
থ্যালিমাইডের পটাশিয়াম লবণের সঙ্গে $\alpha$-হ্যালো অ্যাসিড এস্টারের বিক্রিয়া ঘটিয়ে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থকে অ্যাসিডের মাধ্যমে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে $\alpha$-অ্যামিনো অ্যাসিড তৈরি করা যায়।




(iii) স্ট্রেকার সংশ্লেষণ (Strecker synthesis)

এই পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় অ্যামিনো অ্যাসিড তৈরি করা হয়। বিক্রিয়াটি এইরূপ।

$$KCN + NH_4Cl = NH_3 + KCl + HCN$$




(iv) প্রোটিন এর আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis of proteins)

প্রোটিনকে লঘু HCl দিয়ে ফুটিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে অ্যামিনো অ্যাসিডের মিশ্রন পাওয়া যায়। এই মিশ্রন থেকে অ্যামিনো অ্যাসিড সমূহকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব। যেমন,

(a) অ্যাসিড মিশ্রনকে এস্টারে রূপান্তরিত করে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়। পৃথকভাবে প্রাপ্ত এস্টারকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(b) পার্টিশন ক্রোমাটোগ্রাফি যেমন, পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি HPLC (High Performance Liquid Chromatography) পদ্ধতিটি পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির মতই বিভিন্ন দ্রাবকে জৈব যৌগের বন্টনের উপর নির্ভরশীল।

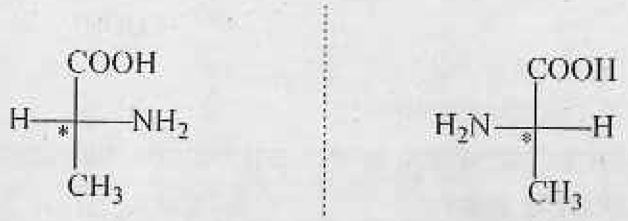
## 10.2.5 অ্যামিনো অ্যাসিডের ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

(i) ভৌত ধর্ম ঃ

(a) একমাত্র গ্লাইসিন ছাড়া প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত সকল অ্যামিনো অ্যাসিডেই একটি কাইরাল (Chiral) কার্বন আছে। কারণ এই কার্বনের সঙ্গে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলি ভিন্ন প্রকৃতির। তাই সকল অ্যামিনো অ্যাসিডই আলোক-সক্রিয় (optically active)। একমাত্র গ্লাইসিন আলোক নিষ্ক্রিয় (optically inactive)।

> Chiral কার্বনটি C* দিয়ে চিহ্নিত করা যায়

পেপটাইড/প্রোটিন থেকে প্রাপ্ত সকল অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠনের পরম বিন্যাস হচ্ছে 'S', 'R' নয়।



(1) R দর্পণ S (2)

উপরের অ্যালানিনের গঠন দুটি (1) এবং (2) দর্পনে একে অপরের প্রতিবিম্ব। কিন্তু একটিকে অন্যটির উপর উপরিপাত করা যায় না। ফলে এরা প্রতিবিম্ব সমাবয়ব (enantiomers)। সমবর্তিত আলোকরশ্মির সমতলকে এই সমাবয়ব দুটি হয় দক্ষিণ না হয় বাম ঘূর্ণন দেখাবে। অ্যামিনো অ্যাসিডের এই ঘূর্নন pH এর উপর নির্ভরশীল। আপেক্ষিক আবর্তন কোণ (specific rotation) নিম্নলিখিত সমীকরনের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

$$[\alpha]_{D}^{t^{\circ}C} = \frac{\alpha}{l \times c}$$

$\alpha$ = ঘূর্ণন কোণের মান

$l$ = দ্রবনের দৈর্ঘ্য ডেসিমিটারে

c = বস্তুর পরিমান (গ্রাম/সিসি)

$t^{\circ}C$ = তাপমাত্রা

D = সোডিয়াম D-শিখা

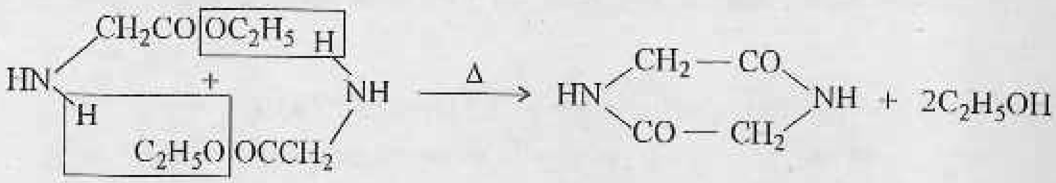
(b) অ্যামিনো অ্যাসিড বর্ণহীন, কঠিন জৈব যৌগ। কিন্তু এদের গলনাঙ্ক খুব বেশি, প্রায় 200° তাপমাত্রার উপর। অ্যামিনো অ্যাসিড জলে দ্রাব্য কিন্তু নন-পোলার (non polar) দ্রাবকে অদ্রাব্য। এর কারণ জলীয় দ্রবনে অ্যামিনো অ্যাসিড-এর কার্বোক্সিল (–COOH) মূলক আয়নিত হয়ে $H^{\oplus}$ দান করে এবং ক্ষারীয় ($-\ddot{N}H_2$) মূলকটি $H^{\oplus}$ গ্রহণ করে প্রশমিত হয়ে লবন উৎপন্ন করে। এই লবণকে ডাই পোলার আয়ন (dipolar ion) বা জুইটারআয়ন (Zwitterion) বলে। জুইটার আয়ন তৈরি হওয়ার জন্যই অ্যামিনো অ্যাসিড জৈব যৌগ হওয়া সত্ত্বেও গলনাঙ্ক বেশি এবং জলীয় দ্রবণে এদের দ্বিমেরু ভ্রামক (dipole moment), খুব বেশি।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়া

(a) অ্যামিনো অ্যাসিডের আম্লিক ও ক্ষারীয় ধর্ম ঃ

এই অ্যাসিড সমূহে $-COOH$ এবং $-NH_2$ দুটি কার্যকরী মূলক বর্তমান। তাই অ্যামিনো অ্যাসিডে যেমন আম্লিক ধর্ম আছে তেমনি ক্ষারীয় ধর্মও বর্তমান। অতএব এই অ্যাসিডগুলি উভধর্মী অর্থাৎ অ্যাম্ফোটারিক (amphoteric)।

আম্লিক ও ক্ষারীয় মূলক দুটি একই সঙ্গে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যেমন, গ্লাইসিন এস্টারকে উত্তপ্ত করলে ডাইকিটোপিপারাজাইন (diketopiperazine) উৎপন্ন হয়।



(b) $-COOH$ মূলকের জন্য বিক্রিয়া।

(1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যামিনো অ্যাসিড এবং অ্যালকোহলের মিশ্রনকে উত্তপ্ত করলে এস্টার হাইড্রোক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই এস্টার হাইড্রোক্লোরাইডকে 'AgOH' এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে এস্টার মুক্ত হয়।

$$H_3\overset{\oplus}{N}CO\overset{\ominus}{O} \xrightarrow{HCl} \overset{\ominus}{Cl}\, H_3\overset{\oplus}{N}COOH \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} \overset{\ominus}{Cl}\, H_3\overset{\oplus}{N}COOC_2H_5 + H_2O$$

$$\xrightarrow{AgOH} H_2\ddot{N}COOC_2H_5 + H_2O + AgCl$$

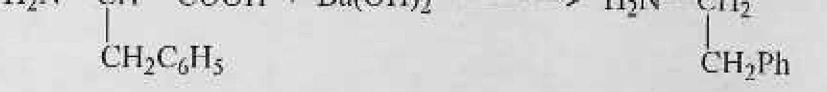
(2) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া

অ্যামিনো অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে।

$$H_3\overset{\oplus}{N}CH_2CO\overset{\ominus}{O} + NaOH \longrightarrow H_2\ddot{N}CH_2COONa + H_2O$$

(3) ডিকার্বোক্সিলেশন

অ্যামিনো অ্যাসিড $Ba(OH)_2$ দিয়ে উত্তপ্ত করলে $CO_2$ নির্গত হয় এবং প্রাইমারি অ্যামিন পাওয়া যায়।



ফিনাইল অ্যালানিন 2-ফিনাইলইথাইল অ্যামিন

(4) বিজারন

$LiAlH_4$ দিয়ে বিজারিত করলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

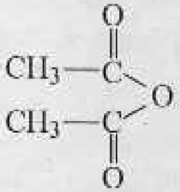
$$\underset{\text{গ্লাইসিন}}{H_2\ddot{N}CH_2COOH} \xrightarrow[\text{বিজারণ}]{LiAlH_4} \underset{\text{2-অ্যামিনো ইথানল}}{H_2\ddot{N}CH_2CH_2OH}$$

(c) $-\dot{N}H_2$ মূলকের বিক্রিয়া।

(1) অ্যামিনো অ্যাসিড অজৈব অ্যাসিড, যেমন, HCl এর সঙ্গো বিক্রিয়া করে লবন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{গ্লাইসিন}}{H_3\overset{\oplus}{N}CH_2CO\overset{\ominus}{O}} \xrightarrow{HCl} \underset{\text{গ্লাইসিন হাইড্রোক্লোরাইড}}{\overset{\ominus}{Cl}\,H_3\overset{\oplus}{N}CH_2COOH}$$

(2) অ্যাসিটাইলেশন, বেন্‌জয়লেশন বিক্রিয়া।



$$+ \underset{\text{গ্লাইসিন}}{H{-}NHCH_2COOH} \longrightarrow \underset{\text{N-অ্যাসিটাইল গ্লাইসিন}}{CH_3CONHCH_2COOH} + HCl$$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

$$PhCOCl + H\ddot{N}HCH_2COOH \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{N-বেন্‌জোয়িল গ্লাইসিন}}{PhCONHCH_2COOH} + NaCl + H_2O$$

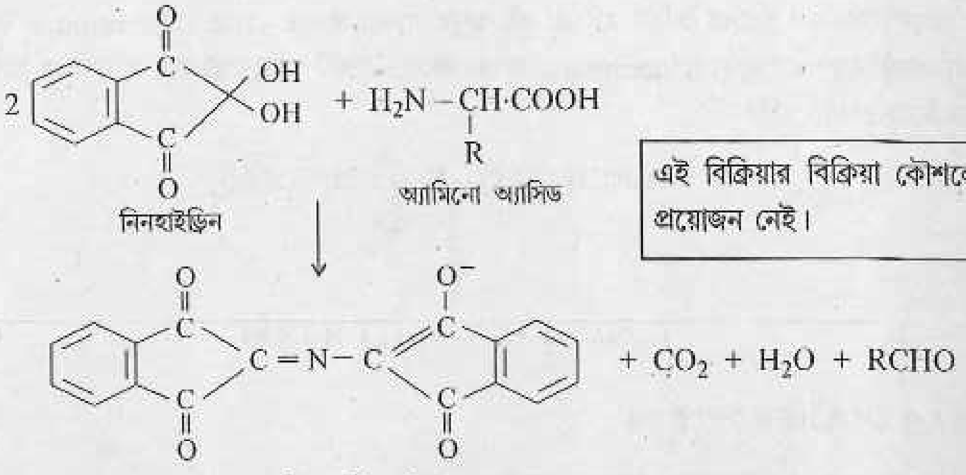
(3) $HNO_2$-এর সঙ্গো বিক্রিয়া

$$H_3\overset{+}{N}CH_2COO^- + HNO_2 \longrightarrow HOCH_2COOH + N_2\uparrow + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং $\alpha$-হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(4) নিন্‌হাইড্রিন বিক্রিয়া (Ninhydrine reaction)

সকল অ্যামিনো অ্যাসিড নিনহাইড্রিনের সঙ্গো বিক্রিয়া করে গোলাপী অথবা বেগুনী বর্ণের যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি অ্যামিনো অ্যাসিডের পরিচায়ক পরীক্ষা।




গোলাপী বেগুনী বর্ণের যৌগ

এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়া কৌশলের প্রয়োজন নেই।

অনুশীলনী : 1

i) একটি আম্লিক ও একটি ক্ষারীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম ও গঠন লিখুন।

ii) আবশ্যিক অ্যামিনো অ্যাসিড বলতে কী বুঝায় ? বেন্‌জিন বলয় আছে এমন একটি আবশ্যিক অ্যামিনো অ্যাসিডের নাম লিখুন। এই যৌগটির গঠন কী ?

iii) H.V.Z. বিক্রিয়া কাজে লাগিয়ে কীভাবে একটি অ্যামিনো অ্যাসিড সংশ্লেষণ করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরন লিখুন।

iv) টীকা লিখুন

a) জুইটার আয়ন ;

b) অ্যামিনো অ্যাসিডের বিজারন।

## 10.3 পেপটাইড

### 10.3.1 সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

এক অনু অ্যামিনো অ্যাসিডের $-NH_2$ মূলক আরএক অনু অ্যামিনো অ্যাসিডের –COOH মূলকের সঙ্গো আন্তরাণবিক বিক্রিয়ার ফলে জল সহ যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে পেপটাইড বলে। পেপটাইড অনুতে –CO–NH বা সেকেন্ডারি অ্যামাইড বন্ধন থাকে। এই –CO–NH বন্ধনকে পেপটাইড বন্ধন বলে।

পেপটাইডের প্রতি অনুতে অ্যামিনো অ্যাসিডের সংখ্যার উপর নির্ভর করে পেপটাইড সমূহকে ডাইপেপটাইড, ট্রাইপেপটাইড, টেট্রাপেপটাইড এবং পলিপেপটাইড বলা হয়। যে সকল পেপটাইড অনুর আনবিক গুরুত্ব 10,000 বা তার কম তাদের বলে পলি পেপটাইড। যদি আনবিক গুরুত্ব 10,000 এর বেশি হয় তবে তাদের বলে প্রোটিন।

পেপটাইড এর গঠনের বৈশিষ্ট হল যে এই অণুর একপ্রান্তে মুক্ত $-NH_2$ (N-terminus) মূলক এবং অন্য প্রান্তে মুক্ত $-COOH$ (C-terminus) মূলক থাকে। একটি ডাইপেপটাইড, গ্লাইসাইল গ্লাইসিন এর গঠন নিচে দেখান হল।

$$H_2\ddot{N}CH_2\ [CO-NH]\ CH_2COOH$$

$$\Updownarrow$$

$$H_3\overset{+}{N}CH_2\ [CO-NH]\ CH_2COO^-$$

## 10.3.2 পেপটাইড সংশ্লেষণ

তিনটি ধাপে পেপটাইড সংশ্লেষণ করা হয়।

(1) $-NH_2$ অথবা $-COOH$ মূলকের সুরক্ষা (Protection)

(2) ঘনীভবন বিক্রিয়া (Condensation)

(3) সুরক্ষাকারী মূলকের (Protecting group) অপসারন (removal)

N-terminal, $-NH_2$ মূলক সুরক্ষা করে এবং উপরের ধাপগুলি প্রয়োগ করে গ্লাইসাইলফিনাইল অ্যালানিন এর সংশ্লেষণ নিচে দেখানো হল।

(a) $Ph\ CH_2OCOCl + H_3\overset{+}{N}CH_2CO\bar{O}$

$$\downarrow \text{সুরক্ষাকরণ (protection)}$$

$$PhCH_2OCONHCH_2COOH + HCl$$

(b) $PhCH_2OCONHCH_2COOH$

$$\downarrow SOCl_2$$

$$PhCH_2\ OCONHCH_2COCl$$

(c) $PhCH_2\ OCONH\ CH_2\ COCl + H_3\overset{+}{N}\underset{|\ CH_2Ph}{CH}\ CO\bar{O}$ ফিনাইল অ্যালানিন

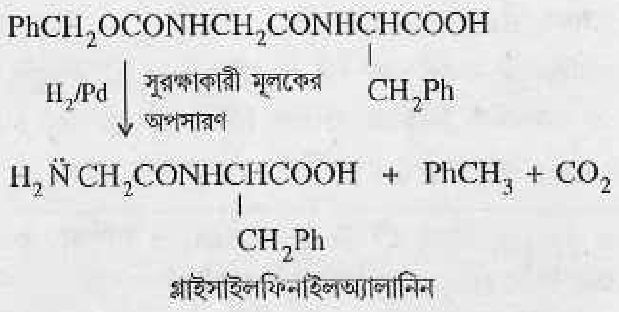
$$\downarrow \text{ঘনীভবন}$$

$$PhCH_2OCONHCH_2COHN\underset{|\ CH_2Ph}{CH}COOH + HCl$$

> $PhCH_2OCOCl$-কে বেন্‌জাইলঅক্সি কার্বোনিল ক্লোরাইড বলে। এই যৌগকে সুরক্ষাকারী মূলক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। উপরের যৌগটিকে বেন্‌জাইলঅক্সি ফরমাইল ক্লোরাইডও বলা হয়।

> উন্নত বিক্রিয়ায় (b) ধাপটি বাদ দেওয়া হয়েছে।

(d)




C– প্রান্তীয় –COOH মূলকের সুরক্ষা (Protection of C-terminal COOH)।

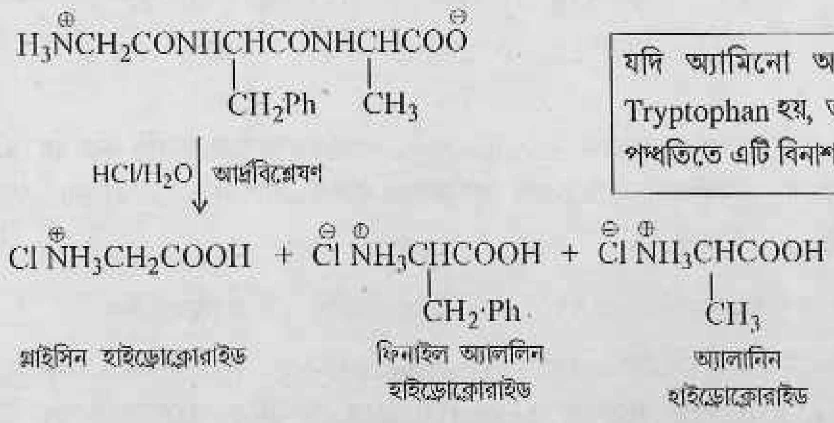
পেপটাইড সংশ্লেষণে অ্যামিনো অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলককে বেনজাইল অ্যালকোহলের ($PhCH_2OH$) সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার তৈরি করে সুরক্ষিত করা হয়। পরে $H_2/Pd$ এর সাহায্যে সুরক্ষাকারী মূলকের অপসারণ করা হয়। এই পদ্ধতিটি এখানে দেখানো হল না।

যদি $-NH_2$ অথবা –COOH মূলক রক্ষা (protect) না করে ঘনীভবন বিক্রিয়া করান হয় তা হলে দুই অনু একই অ্যামিনো অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটার সম্ভাবনা থাকে। সেক্ষেত্রে প্রাপ্ত কাঙ্খিত পেপটাইডের পরিমান কমে যায় এবং মিশ্র পেপটাইড তৈরি হয়।

## 10.3.3 পেপটাইডের গঠন

পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে যে বহুসংখ্যক অ্যামিনো অ্যাসিডের অনুর ঘনীভবন বিক্রিয়ার ফলে পেপটাইড উৎপন্ন হয়। পেপটাইড অনুর গঠন বুঝতে গেলে দুটি ধাপের বিক্রিয়ার প্রয়োজন হয়।

**প্রথম ধাপ ঃ** এই ধাপে 6N HCl দিয়ে ফুটিয়ে পেপটাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ সম্পূর্ণ করলে অ্যামিনো অ্যাসিডের মিশ্রন পাওয়া যায়। একটি ট্রাইপেপটাইড (gly - Phe - Ala) উদাহরণ হিসাবে নেওয়া হল।



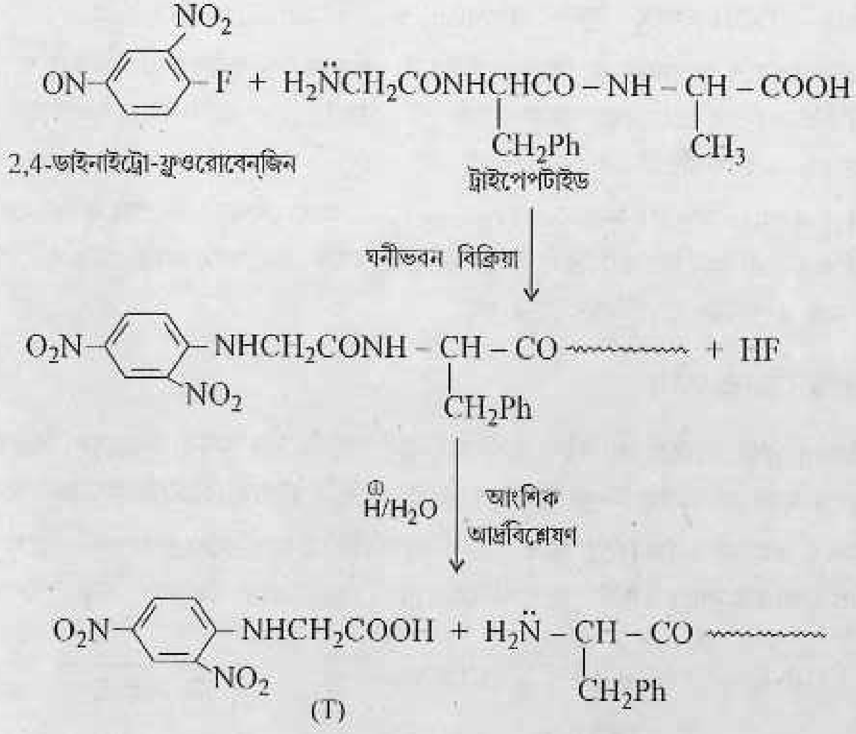

যদি অ্যামিনো অ্যাসিডটি Tryptophan হয়, তবে এই পদ্ধতিতে এটি বিনাশপ্রাপ্ত হয়

এই মিশ্রন থেকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে (যেমন, Chromatography, Electrophoresis ইত্যাদি) অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে পৃথক করে সনাক্ত করা হয়।

দ্বিতীয় ধাপ ঃ প্রান্ত-মূলক বিশ্লেষণ (End group analysis)

উপরের পদ্ধতিতে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি সনাক্ত করার পর পেপটাইডএ এই অ্যাসিডগুলি কীভাবে পর পর সাজানো (sequence) আছে তা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে নির্নয় করা হয়। এই বিক্রিয়ায় 2, 4 —ডাইনাইট্রোফ্লুওরোবেনজিন, যা Sanger বিকারক নামে পরিচিত, ব্যবহার করা হয়।

> 2,4-Dinitrofluorobenzene tagging বিকারকটি Fredrick Sanger আবিষ্কার করেছিলেন। Insulin এর গঠন আবিষ্কারের জন্য তিনি Nobel পুরস্কারে ভূষিত হন।




(T) যৌগটি হলুদ বর্ণের এবং Spectroscopic পদ্ধতির সাহায্যে সনাক্ত করা হয়। এই পদ্ধতিটি পর পর প্রয়োগ করে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি পেপটাইডে কীভাবে সাজান আছে তা জানা যায়।

**অনুশীলনী-2**

i) পেপটাইড কাদের বলা হয় ? একটি ট্রাইপেপটাইড এর উদাহরণ দিন।

ii) অ্যামিনো অ্যাসিডের N-প্রান্তীয় (N-terminal) $-NH_2$ মূলক অথবা C প্রান্তীয় (C-terminal) $-COOH$ মূলক সুরক্ষিত (protect) না করে পেপটাইড সংশ্লেষণ করলে কী অসুবিধা হতে পারে ?

iii) অ্যামিনো অ্যাসিড এবং পেপটাইড-এর মধ্যে পার্থক্য কী ?

## 10.4 প্রোটিন

### 10.4.1 প্রোটিনের সংজ্ঞা

α-অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন অতিকায় অনু পলিঅ্যামাইড হচ্ছে প্রোটিন। প্রোটিন অনু C, H, O, N এবং কখনও কখনও S পরমাণু নিয়ে গঠিত। 10.3.1 এ উল্লেখ করা হয়েছে যে প্রোটিনের আণবিক গুরুত্ব 10, 000 এর চেয়ে বেশি।

### 10.4.2 প্রোটিনের শ্রেণিবিভাগ

বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রোটিনের শ্রেণিবিভাগ নিয়ে আলোচনা করা হল।

a) একটি পদ্ধতিতে প্রোটিনকে দুইটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে।

i) আঁশযুক্ত প্রোটিন (fibrous protein) যেমন, চুলে উপস্থিত কেরাটিন। জলে অদ্রাব্য।

ii) বর্তুলাকার প্রোটিন (globular protein) যেমন, ইনসুলিন, অ্যালবুমিন ইত্যাদি জলে দ্রাব্য।

b) এই পদ্ধতিতে প্রোটিনের গঠনগত শ্রেণিবিভাগ নিচের ছকে দেখান হল।

প্রোটিন

- সরল প্রোটিন (simple protein) (আর্দ্রবিশ্লেষনে শুধুমাত্র α- অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায়।)
- অনুবন্ধী প্রোটিন (conjugated protein) (এই প্রোটিনে অপ্রোটিন প্রসথেটিক মূলক (prosthetic group) থাকে।)
- জাতক প্রোটিন (derived protein) (প্রোটিনের সাথে অ্যাসিড, ক্ষার বা এনজাইমের বিক্রিয়ায় যে অবনমিত (degraded) পদার্থগুলি পাওয়া যায় তাদের জাতক প্রোটিন বলা হয়।

প্রসথেটিক মূলকের (prosthetic group) উপর নির্ভর করে অনুবন্ধী প্রোটিনকে (Conjugated protein) আবার পাঁচভাগে ভাগ করা হয়েছে।

অনুবন্ধী প্রোটিন

- ক্রোমোপ্রোটিন (প্রসথেটিক মূলক Prosthetic group —হিমোগ্লোবিন)
- নিউক্লিওপ্রোটিন (প্রসথেটিক মূলক Prosthetic group —নিউক্লিক অ্যাসিড)
- গ্লাইকোপ্রোটিন (প্রসথেটিক মূলক Prosthetic group —সুগার)
- ফসফোপ্রোটিন (প্রসথেটিক মূলক Prosthetic group —ফসফোরিক অ্যাসিড)
- লিপোপ্রোটিন (প্রসথেটিক গ্রুপ Prosthetic group —কোলেস্টেরল এস্টার, ফসফোলিপিড)

(c) প্রোটিনের কার্যকলাপের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ করা হয়েছে এইভাবে।

(i) উৎসেচক (enzyme) ঃ বিভিন্ন শারীরবৃত্তিয় কাজে অনুঘটকের কাজ করে।

(ii) প্রতিবিষ (antibodies) ঃ অনজনি বা অ্যান্টিজেনের হাত থেকে দেহকে সুরক্ষিত রাখে।

(iii) হরমোন (hormons) ঃ সংযোগ রক্ষাকারী প্রোটিন-যেমন, ইনসুলিন (insulin)।

(iv) রক্তের প্রোটিন (blood proteins) ঃ অভিস্রবন চাপ (osmotic pressure), অক্সিজেন চলাচল ($O_2$-transport), রক্ত জমাটবাঁধা (blood coagulation) ইত্যাদিতে অবদান আছে।

## 10.4.3 ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

1) সাধারণ তাপমাত্রায় প্রোটিন কঠিন পদার্থ।

2) আনবিক গুরুত্ব বেশি হওয়া সত্ত্বেও কিছু প্রোটিন জলে দ্রাব্য।

3) অ্যামিনো অ্যাসিডের মত প্রোটিন N-প্রান্তীয় $-NH_2$ মূলক এবং C-প্রান্তীয় $-COOH$ মূলক বর্তমান এবং উভধর্মী (amphoteric) প্রকৃতির হয়।

4) অপেক্ষাকৃত ছোট পেপটাইডের জন্য প্রোটিন আলোক-সক্রিয় হয়।

5) এক একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের যেমন এক একটি PH এ সমতড়িৎ বিন্দু (isoclectirc point) আছে, ঠিক তেমনি এক একটি প্রোটিনেরও এক একটি নির্দিষ্ট PH এ সমতড়িৎ বিন্দু (isoelectric point) বর্তমান। অর্থাৎ এই PH এ একটি প্রোটিন অণু প্রশম অণু হিসাবে দ্রবনে অবস্থান করে।

| প্রোটিন (Protein) | সমতড়িৎ বিন্দু (Isoelectric point) |
|---|---|
| ইনসুলিন (Insulin) | 5.30-5.35 |
| কেসিন (Casein) | 4.60 |
| সিরাম অ্যালবুমিন (Serum albumin) | 4.9 |

6) প্রোটিনের অপ্রাকৃতকরণ (denaturationof protein)— প্রোটিনের গঠনগত চরিত্রের পরিবর্তন।

(i) প্রোটিনের জলীয় দ্রবণ ফোটালে প্রোটিন নিজের ধর্ম হারায় এবং অপ্রাকৃত প্রোটিন অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(ii) ট্রাই ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড ($CCl_3 \cdot COOH$) প্রোটিনের জলীয় দ্রবণে যোগ করলে প্রোটিন নিজের ধর্ম হারায় (denatured)।

(iii) ভারি ধাতুর যৌগ যেমন, $HgCl_2$ বা $AgNO_3$ এর দ্রবণ প্রোটিনের জলীয় দ্রবণে যোগ করলে ধাতব লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

7) মিশ্রণ থেকে প্রোটিন পৃথকীকরণ (ডায়ালিসিস, dialysis)।

আংশিক ভেদ্য ঝিল্লীর (semi permeable membrane) সাহায্যে দ্রবণের মিশ্রণ থেকে অতিকায় প্রোটিন অণু ছোট অণু থেকে পৃথক করা যায়।

## 10.4.4 প্রোটিনের গঠন

প্রোটিন অনুর ত্রিমাত্রিক গঠন তাৎপর্য্যপূর্ণ। এখানে খুব সংক্ষেপে প্রোটিন অণুর গঠন আলোচনা করা হল। এই গঠনগুলি হল,

1) প্রাইমারি গঠন (primary structure);

2) সেকেন্ডারি গঠন (secondary structure);

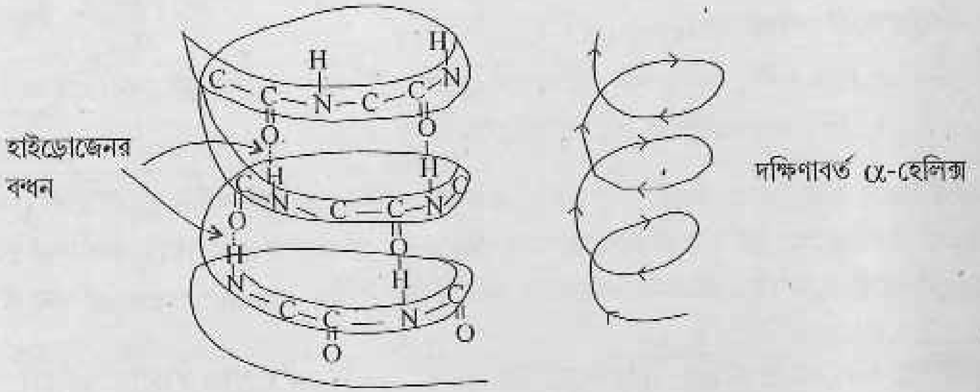
3) টারসিয়ারি গঠন (tertiary structure) এবং

4) কোয়াটারনারি গঠন (quaternary structure)।

1) প্রোটিনের প্রাথমিক বা প্রাইমারি গঠন বলতে আমরা বুঝি প্রোটিন অণুর শৃঙ্খলে কোন্ কোন্ অ্যামিনো অ্যাসিড আছে এবং এই অ্যাসিডগুলির অণুক্রম (sequence) কী।

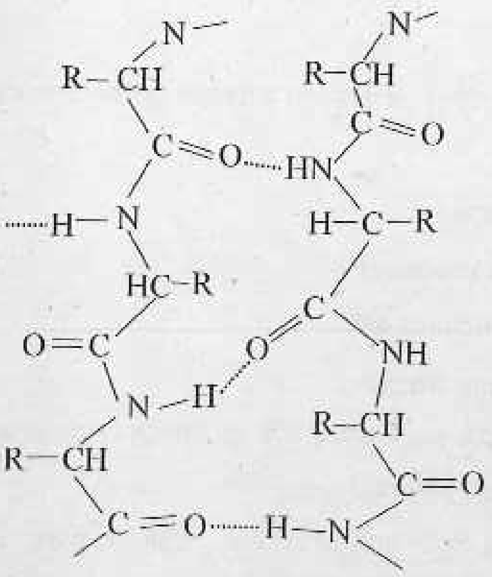
2) প্রোটিনের মাধ্যমিক বা সেকেন্ডারি গঠন বলতে আমরা বুঝি প্রোটিনে অবস্থিত অ্যামিনো অ্যাসিডের দীর্ঘ শৃঙ্খলের আকৃতি (shape) কেমন। সম্ভাব্য দুটি আকৃতি হল ঃ

(i) আলফা হেলিক্স ($\alpha$-helix) ঃ প্রকৃতিতে S-অ্যামিনো অ্যাসিডের দক্ষিনাবর্ত হেলিক্স (right handed helix) স্থায়ী হয়। $\alpha$-helix এ N–H এবং C=O মূলকদ্বয়ের মধ্যে H– বন্ধন গঠনটিকে সুদৃঢ় ও স্থায়ী করে। H–বন্ধনগুলি $\alpha$-helix এর অক্ষের সঙ্গো সমান্তরাল।




(ii) $\beta$- প্লেটেড শীট ($\beta$-plated sheet)।

এখানেও N–H এবং C=O মূলকদ্বয়ের মধ্যে H–বন্ধন $\beta$–প্লেটেড শীটকে স্থায়িত্বের নিশ্চয়তা দেয়।



(β-pleated sheet)

(iii) এছাড়া প্রোটিনের কিছু অংশ বিক্ষিপ্ত কুন্ডলী (random coil) হিসাবে থাকে।

প্রোটিনের টারসিয়ারি এবং কোয়াটারনারি গঠন সম্বন্ধে এখানে আলোচনা করা হল না।

### 10.4.5 প্রোটিনের পরিচায়ক পরীক্ষা

নিচের পরীক্ষার সাহায্যে প্রোটিন সনাক্ত করা যায়।

**1) বাই ইউরেট পরীক্ষা (Biuret test) ঃ**

2 cc প্রোটিনের জলীয় দ্রবন একটি পরীক্ষানলে নেওয়া হল। 1 cc NaOH এর দ্রবন যোগ করে দু'ফোঁটা $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণ মেশালে দ্রবনের বর্ণ বেগুনী হয়।

> ইউরিয়াকে পরীক্ষানলে উত্তপ্ত করলে $NH_3$ এর গন্ধ পাওয়া যায় এবং কঠিন বাই ইউরেট (biuret) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন বাই ইউরেটকে ঠান্ডা করে NaOH এ দ্রবীভূত করে $CuSO_4$ এর দ্রবন মেশালে বেগুনী বর্ণের সৃষ্টি হয়। এই জন্য বিক্রিয়াকে 'বাইইউরেট বিক্রিয়া' (biuret reaction) বলে।
>
> বিক্রিয়া ঃ $H_2NCONH\boxed{_2 + H_2N}CONH_2 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{(biuret)}}{H_2NCONHCONH_2} + NH_3$

**2) জ্যান্থোপ্রোটিক পরীক্ষা (Xanthoproteic test) ঃ**

যখন প্রোটিন অণুর অ্যামিনো অ্যাসিডে অ্যারোমেটিক বলয় থাকে [যেমন—ফিনাইল অ্যালানিন, ট্রিপটোফ্যান ইত্যাদি] তখন ঐ প্রোটিনে $HNO_3$ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়।

> গায়ের চামড়ায় যদি $HNO_3$ এর ফোঁটা পড়ে তবে চামড়ার বর্ণ হলুদ হয়ে যায়।

অনুশীলনী-3

(i) পেপটাইড ও প্রোটিনের মধ্যে পার্থক্য কী ?

(ii) একটি বর্তুলাকার প্রোটিনকে জলে দ্রবীভূত করে ফোটালে কী হবে ?

(iii) কার্যকলাপের উপর ভিত্তি করে প্রোটিনের যে শ্রেণিবিভাগ করা হয়েছে তার দুটি উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা লিখুন।

(iv) বাইইউরেট পরীক্ষার সাহায্যে প্রোটিনকে কীভাবে সনাক্ত করবেন ? পরীক্ষার বর্ণনা দিন।

(v) টীকা লিখুন ঃ

(1) অপ্রাকৃত বা ডিনেচারড প্রোটিন ;

(2) ডায়ালিসিস।

## 10.5 নিউক্লিক অ্যাসিড (nucleic acids)

পলিস্যাকারাইড এবং প্রোটিন ছাড়াও আরও একধরনের প্রানরসায়ন অনু আছে যাদের বলা হয় নিউক্লিওপ্রোটিন। নিউক্লিওপ্রোটিন হচ্ছে অনুবন্ধী প্রোটিনের অন্তর্গত ক্রোমোপ্রোটিন শ্রেণিভুক্ত। নিউক্লিও প্রোটিনের সঙ্গে প্রোটিন নয় (non-protein) এমন একটি অংশ যুক্ত থাকে যাকে বলা হয় প্রসথেটিক মূলক (Prosthetic group)। এই প্রসথেটিক মূলক (Prosthetic group) কেই বলা হয় নিউক্লিক অ্যাসিড। এটি বংশগতির ধারক ও বাহক। নিউক্লিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 2,000000 এরও বেশি। ইউক্যারিওটিক কোষের নিউক্লিয়াসে পাওয়া যায় এবং এটি আম্লিক ধর্মী বলে এটিকে নিউক্লিক অ্যাসিড বলা হয়। প্রসথেটিক মূলক (Prosthetic group) যে প্রোটিনের সঙ্গে যুক্ত থাকে সেই প্রোটিনের সুনির্দিষ্ট জীববিদ্যাসম্বন্ধীয় (biological) কাজকর্মকে নিয়ন্ত্রিত (control) করে।

## 10.6 নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন

(a) নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন সম্বন্ধে ধারণা করতে হলে প্রথমে দেখা যাক নিউক্লিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে কী কী যৌগ পাওয়া যায়।

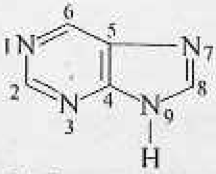
অম্লের মাধ্যমে নিউক্লিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষন করলে তিন ধরনের যৌগের সন্ধান পাওয়া যায়। এগুলি হল,

(1) জৈব ক্ষারক ;

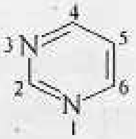
(2) পেন্টোজ সুগার (5 টি কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বোহাইড্রেট) ;

(3) ফসফোরিক অ্যাসিড।

(1) জৈব ক্ষারক ঃ জৈব ক্ষারককে দু ভাগে ভাগ করা যায়। যে সকল ক্ষারকে পিউরিন বলয় আছে এবং যে সকল ক্ষারকে পিরিমিডিন বলয় আছে।

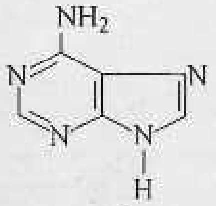


পিউরিন-এর গঠন

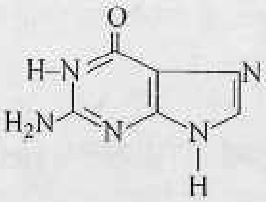


পিরিমিডিন-এর গঠন

পিউরিন বলয় আছে এমন নির্দিষ্ট দুটি ক্ষারক হল ;

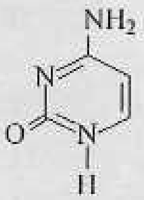


অ্যাডেনিন

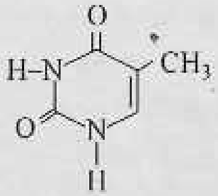


গুয়ানিন

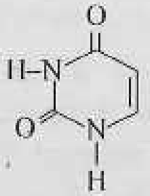
পিরিমিডিন বলয় আছে এমন তিনটি নির্দিষ্ট ক্ষারক হল ;



সাইটোসিন



থাইমিন



ইউরাসিল

(2) পেন্টেজ সুগার (5টি কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বোহাইড্রেট) ঃ

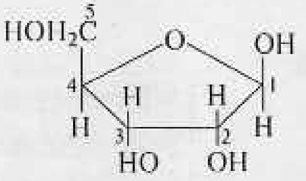
নিউক্লিক অ্যাসিডের আর্দ্রবিশ্লেষণে দুধরনের পেন্টোজ সুগার পাওয়া গেছে। এগুলি হল

i) ডিঅক্সিরাইবোজ (2- ডিঅক্সিরাইবোজ) এবং

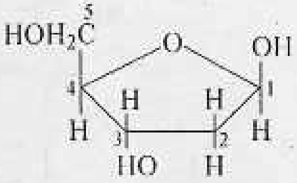
ii) রাইবোজ

ডিঅক্সি শব্দটির অর্থ হল 'অক্সিজেন ছাড়া'। 2-ডিঅক্সিরাইবোজ বলতে রাইবোজের C-2 পরমাণুতে OH -এর পরিবর্তে H থাকে।

প্রকৃতিতে দুধরনের নিউক্লিক অ্যাসিডের সন্ধান পাওয়া গেছে। ডিঅক্সিরাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (DNA) যার আর্দ্রবিশ্লেষণে 2-ডিঅক্সিরাইবোজ পাওয়া যায় এবং রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (RNA) যার আর্দ্রবিশ্লেষণে রাইবোজ পাওয়া যায়।

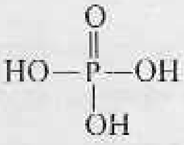


রাইবোজ
(হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ)

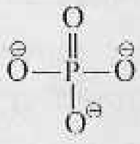


2- ডিঅক্সিরাইবোজ
(হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ)

(3) ফসফোরিক অ্যাসিড



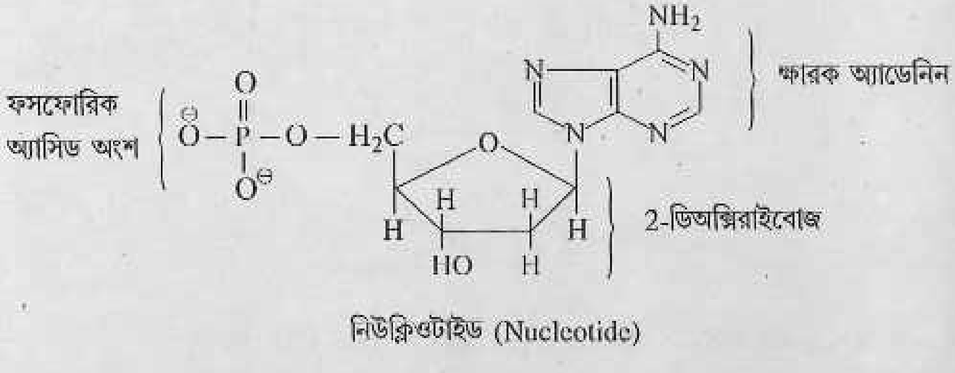
ফসফোরিক অ্যাসিড



ফসফেট আয়ন

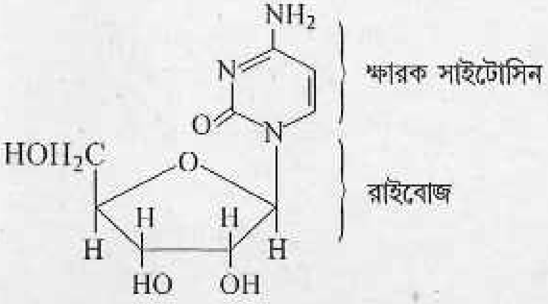
b) এবার দেখা যাক নিউক্লিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষণে প্রাপ্ত উপরের তিন ধরনের যৌগ কীভাবে নিউক্লিক অ্যাসিডে সাজান থাকে।

i) নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রাথমিক আংশিক আর্দ্রবিশ্লেষণে যে যৌগ পাওয়া যায় তাদের বলা হয় নিউক্লিওটাইড। এই নিউক্লিওটাইড যৌগ জৈব ক্ষারক, পেন্টোজ সুগার এবং ফসফোরিক অ্যাসিড দিয়ে গঠিত। এদের গঠন হল ;




নিউক্লিওটাইড (Nucleotide)

ii) নিউক্লিওটাইডকে পুনরায় আংশিক আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে পাওয়া যায় নিউক্লিওসাইড। নিউক্লিওসাইড শুধু জৈব ক্ষারক এবং পেন্টোজ সুগার নিয়ে গঠিত।



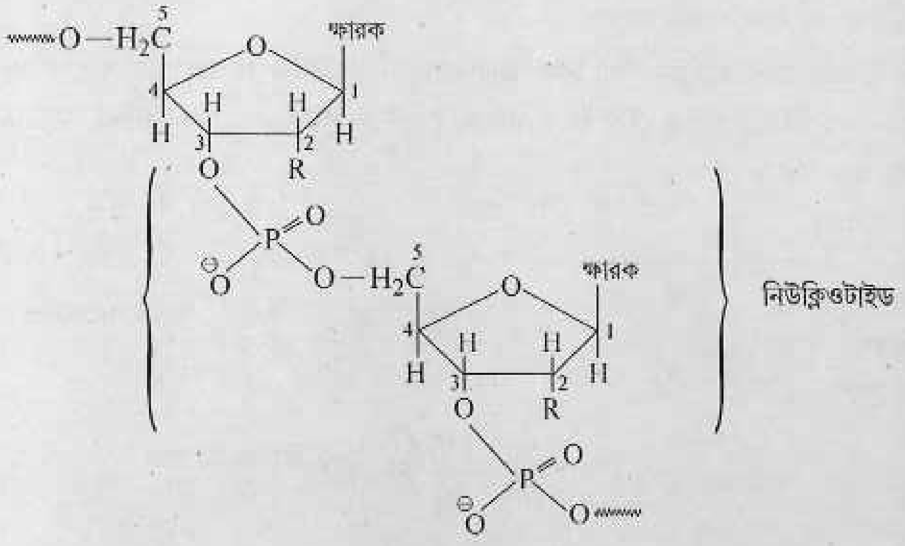

নিউক্লিওসাইড (Nucleoside)

নিউক্লিওটাইড এবং নিউক্লিওসাইডের গঠনগত পার্থক্য লক্ষ করুন।

## 10.6.1 নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রাইমারি গঠন

প্রোটিনের প্রাইমারি গঠন বলতে আমরা জানি প্রোটিন অনুতে অ্যামিনো অ্যাসিড একক সমূহ (monomer) –CO–NH– (পেপটাইড) বন্ধনের সাহায্যে কীভাবে পর পর সাজান থাকে।

ঠিক তেমনি নিউক্লিওটাইড হচ্ছে নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন কাঠামোর একক (monomer) । এক অনু নিউক্লিওটাইডের পেন্টোজ সুগারের $C_5$ -এর সঙ্গে আর একক অনু নিউক্লিওটাইডের পেন্টোজ সুগারের $C_3$ এর সঙ্গে ফসফেট বন্ধন দ্বারা সেতু তৈরি করে নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রাইমারি গঠন রচনা করে।




DNA এবং RNA এর প্রাইমারি গঠন R = H; DNA । R = OH; RNA

এখানে মনে রাখা প্রয়োজন যে DNA তে ক্ষারকগুলি হল অ্যাডেনিন, গুয়ানিন, সাইটোসিন এবং থাইমিন। ইউরাসিল থাকে না।

RNA-তে যে ক্ষারকগুলি থাকে সেগুলি হল অ্যাডেনিন, গুয়ানিন, সাইটোসিন এবং ইউরাসিল, থাইমিন থাকে না।

অনুশীলনী-4

(i) নিউক্লিওপ্রোটিন সম্বন্ধে ধারনা দিন।

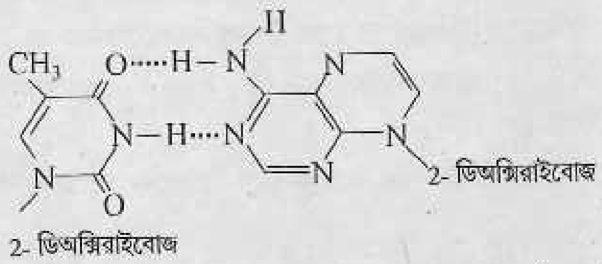
(ii) নিউক্লিওটাইড এবং নিউক্লিওসাইডের মধ্যে পার্থক্য কী ?

(iii) DNA এবং RNA তে যে সুগার বর্তমান তাদের নাম ও গঠন লিখুন।

(iv) নিউক্লিক অ্যাসিডের গঠন কাঠামোর একক কী ?

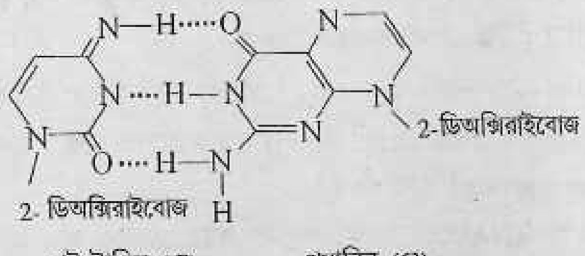
### 10.6.2 নিউক্লিক অ্যাসিডের সেকেন্ডারি গঠন : (Watson–Crick model)

1953 খ্রীষ্টাব্দে ওয়াটসন (Watson) এবং ক্রিক (Crick) দেখান যে, প্রকৃতপক্ষে DNA-এ অণুতে দুটি পলিনিউক্লিওটাইড শৃঙ্খল পরস্পর হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে সম-অক্ষ বিশিষ্ট একটি যুগ্ম পেঁচানো বা ডাবল হেলিক্স (double-helix) গঠন উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে একটি শৃঙ্খলের ক্ষারক অংশ অন্য শৃঙ্খলটির ক্ষারক অংশের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। এই H- বন্ধনে যুক্ত ক্ষারক দুটির মধ্যে একটি পিউরিন ঘটিত ক্ষারক এবং অন্যটি পিরিমিডিন ঘটিত ক্ষারক। অর্থাৎ অ্যাডেনিন ক্ষারক থাইমিন ক্ষারকের সাথে যুক্ত হবে, আবার সাইটোসিন ক্ষারক যুক্ত হবে গুয়ানিনের সাথে। অ্যাডেনিনের সাথে কখনই গুয়ানিন বা থাইমিনের সাথে সাইটোসিন যুক্ত হবে না। নিচের চিত্রে থাইমিন ও অ্যাডেনিন ক্ষারক দুটির মধ্যে এবং সাইটোসিন ও গুয়ানিন ক্ষারক দুটির মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন দেখানো হল।




থাইমিন (T) অ্যাডেনিন (A)

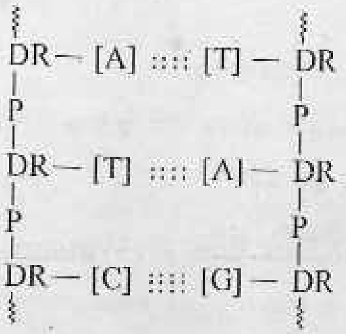
থাইমিন-অ্যাডেনিন ক্ষারযুগল




সাইটোসিন (C) গুয়ানিন (G)

সাইটোসিন-গুয়ানিন ক্ষারযুগল

সাধারনভাবে গঠনটি নিচে দেখানো হল




DNA এর দুটো হেলিক্স H- বন্ধন দিয়ে যুক্ত

DR = ডিঅক্সি রাইবোজ ; P = ফসফোরাস

A = অ্যাডেনিন ; T = থাইমিন

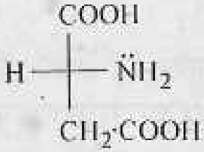
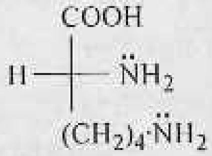
G = গুয়ানিন ; C = সাইটোসিন

## 10.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

1. নিম্নলিখিত অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির মধ্যে কোন্‌গুলি প্রয়োজনীয় তা উল্লেখ করুন।
   (i) অ্যালানিন ; (ii) অ্যাসপারটিক অ্যাসিড ; (iii) ফিনাইলঅ্যালানিন ; (iv) লাইসিন এবং (v) আইসোলিউসিন।
2. স্ট্রেকার সংশ্লেষণ পদ্ধতি অবলম্বন করে কীভাবে অ্যালানিন সংশ্লেষণ করবেন ? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখুন।
3. পেপটাইডের N- প্রান্তীয় (N-Terminal) অবশেষ Sanger বিকারকের সাহায্যে কীভাবে নির্ণয় করবেন ?
4. অনুবন্ধী প্রোটিনের শ্রেণি বিভাগ কীসের উপর ভিত্তি করে করা হয়েছে। উদাহরণ দিন।
5. গ্লাইসিন, অ্যালানিন এবং ভ্যালিন ঘনীভবন বিক্রিয়া করে বিভিন্ন উপায়ে কয়টি ট্রাইপেপটাইড গঠন করতে পারে ? ট্রাই পেপটাইডগুলি লিখুন।
6. প্রোটিনের $\alpha$- হেলিক্যাল গঠন এবং $\beta$ প্লেটেড গঠন সম্বন্ধে আলোকপাত করুন।
7. প্রসথেটিক মূলক (Prosthetic group) কাকে বলে ? একটি উদাহরণ দিন। প্রসথেটিক মূলকের (Prosthetic group) কাজ কী ?
8. DNA এবং RNA তে যে ক্ষারকগুলি আছে তাদের নাম লিখুন। কোন্ ক্ষারক DNA -তে অনুপস্থিত কিন্তু RNA তে উপস্থিত তার নাম ও গঠন লিখুন।
9. নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি গঠন সম্বন্ধে আলোকপাত করুন।

## 10.8 উত্তরমালা

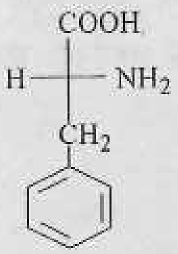
অনুশীলনী-1

| | | নাম | গঠন |
|---|---|---|---|
| (i) | আম্লিক ঃ | অ্যাসপারটিক অ্যাসিড |  |
| | ক্ষারীয় ঃ | লাইসিন |  |

(ii) যে অ্যামিনো অ্যাসিড আমাদের দেহের জন্য প্রয়োজন অথচ দেহ তৈরি করতে পারে না তাদের আবশ্যিক অ্যামিনো অ্যাসিড বলে।

নাম ঃ ফিনাইল অ্যালানিন ;

গঠন ঃ



(iii) 10.2.4 দেখুন

(iv) a) অ্যামিনো অ্যাসিডের –COOH মূলক $H^{\oplus}$ দান করে এবং $-\ddot{N}H_2$ মূলক ঐ $H^{\oplus}$ গ্রহণ করে প্রশমিত হয়ে লবণ উৎপন্ন করে। এই লবনকেই Zwitter ion বলে।

$\ddot{N}H_2\,CH_2\,COOH \rightleftharpoons \overset{\oplus}{N}H_3{\cdot}CH_2\,CO\overset{\ominus}{O}$ - এর ফলে অ্যামিনো অ্যাসিডের গলনাঙ্ক এবং দ্বিমেরু ভ্রামক (dipole moment, ($\mu$)) বেশি হয়।

(iv) b) LAH (Lithium Aluminium Hydride) একমাত্র বিজারক দ্রব্য যেটি –COOH মূলককে সরাসরি বিজারিত করে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$H_2\ddot{N}.CH_2.COOH \xrightarrow{LAH} H_2\ddot{N}.CH_2CH_2.OH$$

অনুশীলনী-2

(i) 10.3.1 দেখুন ; গ্লাইসাইলঅ্যালানাইলসেরিন–Gly.Ala. Ser

(ii) $-NH_2$ বা $-COOH$ মূলক সুরক্ষা না করে

ঘনীভবন বিক্রিয়া করলে দুই অনু একই অ্যামিনো অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটবে। ফলে, প্রাপ্ত পেপটাইডের পরিমান কমে যাবে এবং মিশ্র পেপটাইড তৈরি হবে।

(iii) অ্যামিনো অ্যাসিড মনোমার ; পেপটাইড পলিমার।

অনুশীলনী-3

(i) পেপটাইড এবং প্রোটিন উভয়ই পলিমার ; কিন্তু পেপটাইডের আনবিক গুরুত্ব 10,000 বা তার কম। প্রোটিনের আঃ গুঃ 10,000 এর বেশি। অর্থাৎ পেপটাইডের তুলনায় প্রোটিনের গঠন আরও জটিল।

(ii) অপ্রাকৃত (ডিনেচারড) প্রোটিন অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(iii) 10.4(c) দেখুন।

(iv) 10.4.5 দেখুন।

(v) 10.4.3-এর (6) দেখুন।

অনুশীলনী-4

(i) 10.5 দেখুন।

(ii) নিউক্লিওটাইড ঃ ক্ষারক, 5 টি কার্বন পরমানুযুক্ত সুগার এবং ফসফোরিক অ্যাসিড আছে।

নিউক্লিওসাইড ঃ ক্ষারক এবং 5 টি কার্বন পরমানুযুক্ত সুগার আছে।

(iii) 10.6 দেখুন।

(iv) নিউক্লিওটাইড।

**সর্বশেষ প্রশ্নাবলি**

(1) (iii); (iv) এবং (v)

(2) 10.2.4 এর (iii) দেখুন।

(3) 10.3.3 দেখুন

(4) প্রসথেটিক মূলকের (Prosthetic group) উপর নির্ভর করে। 10.4.2 দেখুন।

(5) 6 টি ;

| | |
|---|---|
| Gly–Ala–Val | Ala–Gly–Val |
| Val–Ala–Gly | Val–Gly–Ala |
| Ala–Val–Gly | Gly–Val–Ala |

(6) 10.4.4 দেখুন।

(7) 10.5 দেখুন।

(8) 10.6 এবং 10.6.1 দেখুন।

(9) 10.6.1 এবং 10.6.2 দেখুন।

মানুষের জ্ঞান ও ভাবকে বইয়ের মধ্যে সঞ্চিত করিবার যে একটা প্রচুর সুবিধা আছে, সে কথা কেহই অস্বীকার করিতে পারে না। কিন্তু সেই সুবিধার দ্বারা মনের স্বাভাবিক শক্তিকে একেবারে আচ্ছন্ন করিয়া ফেলিলে বুদ্ধিকে বাবু করিয়া তোলা হয়।

— রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর

ভারতের একটা mission আছে, একটা গৌরবময় ভবিষ্যৎ আছে; সেই ভবিষ্যৎ ভারতের উত্তরাধিকারী আমরাই। নূতন ভারতের মুক্তির ইতিহাস আমরাই রচনা করছি এবং করব। এই বিশ্বাস আছে বলেই আমরা সব দুঃখ কষ্ট সহ্য করতে পারি, অন্ধকারময় বর্তমানকে অগ্রাহ্য করতে পারি, বাস্তবের নিষ্ঠুর সত্যগুলি আদর্শের কঠিন আঘাতে ধূলিসাৎ করতে পারি।

— সুভাষচন্দ্র বসু

Any system of education which ignores Indian conditions, requirements, history and sociology is too unscientific to commend itself to any rational support.

—*Subhas Chandra Bose*

**Price : ₹ 225.00**

Published by : Netaji Subhas Open University, 1 Woodburn Park, Kolkata-700 020
and Printed at : Sailee Press Pvt. Ltd., 4A, Maniktala Main Road, Kolkata-700 054