

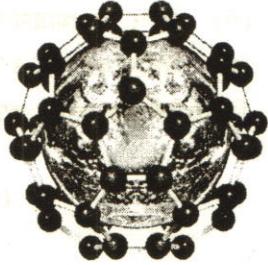
তত্ত্বীয় আলোচনা	= ২৪
শ্রেণি কর্মকাণ্ড	= ১২
মোট পিরিয়ড	= ৪০

## দ্বিতীয় অধ্যায় জৈব রসায়ন

### Organic Chemistry

#### ভূমিকা (Introduction)

জৈব রসায়ন হলো কার্বন যৌগের রসায়ন। হাইড্রোকার্বন হলো মূল জৈবযৌগ। হাইড্রোকার্বনের H-পরমাণু বিভিন্ন গ্রহণ দ্বারা প্রতিষ্ঠাপিত হয়ে বিভিন্ন শ্রেণির জৈবযৌগ সৃষ্টি হয়েছে। এই বিভিন্ন গ্রহণ বা মূলক সংশ্লিষ্টযৌগের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে; তাই এদেরকে কার্যকরী মূলক বলে। কার্যকরী মূলকভিত্তিক জৈবযৌগের শ্রেণিকে সমগ্রোত্তীয় শ্রেণি বলে। জৈব রসায়নের অধ্যয়ন হলো কার্যকরী মূলকভিত্তিক সমগ্রোত্তীয় শ্রেণির অধ্যয়ন। মানব জীবনের প্রাথমিক সমস্যা সমাধানে জৈব রসায়নের অতুলনীয় ভূমিকা রয়েছে। আমরা তা ধাপে ধাপে জানতে পারবো।



**শিখনফল :** এ অধ্যায় পাঠশেষে শিক্ষার্থীরা—

- ১। জৈবযৌগের শ্রেণিভিত্তি বর্ণনা করতে পারবে।
- ২। জৈবযৌগের সমগ্রোত্তীয় শ্রেণি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ৩। বিভিন্ন সমগ্রোত্তীয় শ্রেণির কার্যকরী মূলকের আণবিক ও গাঠনিক সংকেত বর্ণনা করতে পারবে।
- ৪। কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈবযৌগের শ্রেণি চিহ্নিত করতে পারবে।
- ৫। জৈবযৌগের নামকরণ করতে পারবে।
- ৬। জৈবযৌগের সমাগুতা ও প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবে।
- ৭। জৈবযৌগের রাসায়নিক সংকেত থেকে এর গাঠনিক সমাধুর সংখ্যা ও সংকেত নির্ণয় করতে পারবে।
- ৮। অ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ ধর্ম-অ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ৯। অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য করতে পারবে।
- ১০। জৈবযৌগের সংযোজন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), প্রতিষ্ঠাপন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), অপসারণ ও সমাগুরণ বিক্রিয়া (সাধারণ) ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ১১। বিভিন্ন সমগ্রোত্তীয় শ্রেণির জৈবযৌগের সাধারণ প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারবে।

**অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) :**  
সমগ্রোত্তীয় শ্রেণি, কার্যকরীমূলক, সমাগুতা, কাইরাল যৌগ, অ্যারিন, ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়া, অ্যারোমেটিসিটি, অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন, অ্যালকাইল ও অ্যারাইল হ্যালাইড, অ্যালকোহল, অ্যামিন, কার্বনিল যৌগ, কার্বক্সিলিক এসিড, এস্টার, অ্যামাইড, IR spectroscope, পলিমার, প্লাস্টিসিটি, সংযোজন পলিমার, ঘনীভবন পলিমার, গ্রাইকোসাইড বন্ধন, পেপ্টাইড বন্ধন।

## ১২। ব্যবহারিক

- \* বিভিন্ন শ্রেণির জৈবযৌগের কার্যকরী মূলক ল্যাবরেটরি পরীক্ষার মাধ্যমে শনাক্ত করতে পারবে।
- ১৩। IR spectroscopic শোষণ/নিঃসরণ ব্যাড থেকে জৈবযৌগের কার্যকরী মূলক ( $-OH, >C=O$ ) শনাক্ত করতে পারবে।
- ১৪। টিসারিন ও ফেনলের প্রস্তুতি এবং শনাক্তকরী বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ১৫। নাইট্রোফিসারিন, টিএনচি, ডেটল, প্যারাসিটামল প্রস্তুতি, ব্যবহার, অপব্যবহারের সচেতনতা প্রদর্শন করতে পারবে।
- ১৬। জৈবযৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

## ১৭। ব্যবহারিক

- \* জৈবযৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবে ( $80^{\circ}C$ -এর নিচে)।
- ১৮। পলিমার ও প্লাস্টিসিটি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ১৯। সংযোজন ও ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ২০। প্রাকৃতিক পলিমার অণুতে গ্লাইকোসাইড ও পেপটাইড বন্ধন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ২১। দৈনন্দিন জীবনে জৈবযৌগের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ২২। পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে জৈবযৌগের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

### MCQ-2.1 : কোনটি জৈবযৌগ

- নয়?
- |          |                        |
|----------|------------------------|
| (ক) HCN  | (খ) CH <sub>4</sub>    |
| (গ) HCHO | (ঘ) CH <sub>3</sub> OH |

## ২.০ জৈব রসায়ন

### Organic Chemistry

**জৈব রসায়ন (Organic Chemistry) :** কার্বন শিকল দ্বারা গঠিত বিভিন্ন শ্রেণির যৌগের রসায়নকে জৈব রসায়ন বা অর্গানিক কেমিস্ট্রি বলা হয়। অপর কথায় রসায়নের যে শাখায় হাইড্রোকার্বন ও হাইড্রোকার্বনের বিভিন্ন জাতক সমষ্পকে আলোচনা করা হয়, তাকে জৈব রসায়ন বলে। প্রকৃতপক্ষে কার্বনের রসায়নই জৈব রসায়নের আলোচনা বিষয়। এতে জৈবযৌগের উৎস, প্রস্তুত পদ্ধতি, সংযুক্তি, গঠন, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এবং তাদের ব্যবহার সমষ্পকে আলোচনা করা হয়ে থাকে।

**জৈবযৌগ (Organic Compounds) :** জৈবযৌগ বলতে হাইড্রোজেন ও কার্বন দ্বারা গঠিত হাইড্রোকার্বন এবং হাইড্রোকার্বন থেকে উত্তৃত যৌগসমূহকে বোঝায়। এসব জৈবযৌগে কার্বনের সাথে প্রধানত হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস, অ্যালোজেন প্রভৃতি যৌগ যুক্ত থাকে। যেমন, মিথেন ( $CH_4$ ), মিথাইল ক্লোরাইড ( $CH_3Cl$ ), মিথাইল অ্যালকোহল ( $CH_3OH$ ), অ্যাসিটিক এসিড ( $CH_3COOH$ ) প্রভৃতি প্রত্যেকটি হলো জৈবযৌগ।

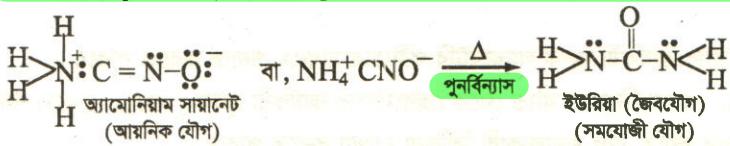
### ২.০.১ জৈবযৌগ ও প্রাণশক্তি মতবাদ

#### Organic Compounds & Vital force Theory

১. 1808 খ্রিস্টাব্দে সুইডিশ বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস উজ্জিদ ও প্রাণী অর্থাৎ সজীব পদার্থ (living organism) থেকে প্রাণ যৌগসমূহকে জৈবযৌগ এবং খনিজ অর্থাৎ নিজীব পদার্থ থেকে প্রাণ যৌগসমূহকে অজৈবযৌগ নামকরণ করেন।

1815 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস প্রস্তাব করেন যে, জৈবযৌগসমূহ কেবল সজীব উজ্জিদ ও প্রাণিদেহে এক রহস্যময় প্রাণশক্তির প্রভাবে উৎপন্ন হয়ে থাকে। তাই পরীক্ষাগারে জৈবযৌগসমূহ প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। এ মতবাদ বার্জেলিয়াসের প্রাণশক্তি মতবাদ (vital force theory) নামে অভিহিত হয়। তখন সব বিজ্ঞানী এ মতবাদ গ্রহণ করেন। 1828 খ্রিস্টাব্দে ফ্রেডারিক উহলার (F. Wohler) পরীক্ষাগারে অজৈব অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও লেড সায়ানেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম সায়ানেট দ্রবণকে উত্তাপে বাস্তুভূত করে কঠিন অ্যামোনিয়াম সায়ানেট তৈরি করতে গিয়ে আকস্মিকভাবে ইউরিয়া প্রস্তুত করেন। এ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

[MAT-09-10]



ফেডারিক উহ্লার এরপে অ্যামোনিয়াম সায়ানেট ( $\text{NH}_4\text{CNO}$ ) লবণকে উত্পন্ন করে ইউরিয়া প্রস্তুত করে প্রমাণ করেন যে, প্রাণশক্তির সাহায্য ছাড়াই পরীক্ষাগারে জৈবযৌগ তৈরি করা সম্ভব। এখানে উৎপন্ন ইউরিয়া একটি জৈবযৌগ। এটি স্তন্যপায়ী প্রাণীর প্রস্তাব (urine) থেকে ইতোপূর্বে আবিষ্কৃত হয়। প্রাণশক্তি মতবাদ যে সঠিক নয়, তা পরীক্ষাগারে ইউরিয়া প্রস্তুতির মাধ্যমে প্রমাণিত হলো। এজন্য বিজ্ঞানী ফেডারিক উহ্লারকে জৈব রসায়নের জনক বলা হয়।

## ২.০.২ জৈবযৌগ গঠনে কার্বন মৌলের বিশিষ্টতা

### Speciality of Carbon to form Organic Compounds

জৈবযৌগের প্রাচুর্য : বর্তমানে জৈবযৌগের সংখ্যা আশি লক্ষেরও বেশি ; অপরদিকে অজৈবযৌগের সংখ্যা প্রায় এক লক্ষের মতো। জৈবযৌগের সংখ্যাধিক্য বা প্রাচুর্যের কারণ তিনটি; যেমন—

[MAT-OB-05]

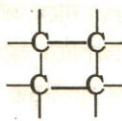
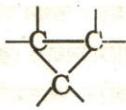
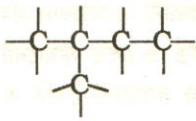
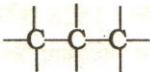
- \* (i) প্রথমত সমযোজী বন্ধন দ্বারা অধিক সংখ্যক স্ব-পরমাণুক হওয়ার কার্বনের বিশেষ ক্ষমতা, যাকে কার্বন পরমাণুর ক্যাটেনেশন (catenation) বলা হয়।
- \* (ii) দ্বিতীয়ত জৈবযৌগের সমানুভূতা (isomerism) ধর্ম ; এ ধর্ম দ্বারা একই আণবিক সংকেতযুক্ত কিন্তু ভিন্ন গাঠনিক সংকেতের বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট জৈবযৌগ রয়েছে। যেমন,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  সংকেতযুক্ত ইথানল ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ও ডাইমিথাইল ইথার যৌগ ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) রয়েছে।
- \* (iii) তৃতীয়ত জৈবযৌগের পলিমারকরণ (Polymerisation) ধর্ম ; এ ধর্ম দ্বারা পাই ( $\pi$ ) বন্ধনযুক্ত ছোটো জৈব অণু অসংখ্য সংখ্যায় নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে বড়ো অণুযুক্ত নতুন জৈবযৌগ গঠন করে। যেমন, ইথিলিন ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) থেকে পলিইথিলিন ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ )<sub>n</sub>।

এ তিনটি বৈশিষ্ট্যের জন্য মূল কারণ হলো কার্বনের তড়িৎ-ঝণাঝকতার মান 2.5 এবং কার্বন-কার্বন বন্ধনশক্তি (347  $\text{kJmol}^{-1}$ )।

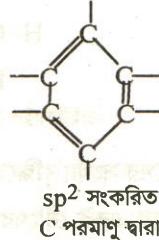
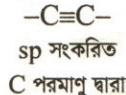
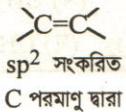
(১) ক্যাটেনেশন : কার্বনের অসংখ্য পরমাণু নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে ছোটো বড়ো বিভিন্ন আকার ও আকৃতির দীর্ঘ শিকল বা বলয় গঠন করার ক্ষমতাকে কার্বনের ক্যাটেনেশন বলে। ল্যাটিন ক্যাটেনা (catena) শব্দের অর্থ হলো শিকল (Chain)। সূতরাং কার্বনের ক্যাটেনেশন বলতে কার্বনের শিকল বোঝায়।

জৈবযৌগ গঠনকালে  $\text{sp}^3$  সংকরণ দ্বারা কার্বন পরমাণুসমূহ নিজেদের মধ্যে নানাভাবে যুক্ত হয়ে সম্পৃক্ত কার্বন শিকল ও চাক্রিক কার্বন কাঠামো গঠন করে। আবার  $\text{sp}^2$  ও  $\text{sp}$  সংকরণ দ্বারা কার্বন পরমাণুসমূহ নানাভাবে যথাক্রমে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত হয়ে অসম্পৃক্ত কার্বন শিকল ও কার্বন চক্র গঠন করে। কার্বনের এরূপ স্বপরমাণু যুক্ত হওয়ার ধর্মকে কার্বনের ক্যাটেনেশন বলে। যেমন,

কার্বন শিকল ও বলয় গঠন :



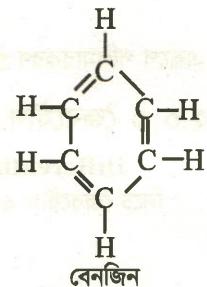
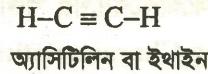
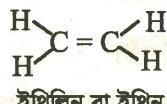
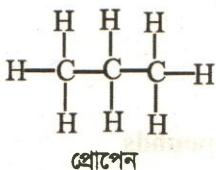
সম্পৃক্ত কার্বন শিকল  
ও চাক্রিক গঠন :  
( $\text{sp}^3$  সংকরণ দ্বারা)



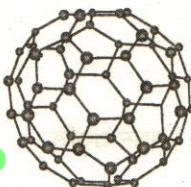
অসম্পৃক্ত কার্বন শিকল  
 ও চাক্রিক গঠন : (১৩৮)  
 $(\text{sp}^2$  ও  $\text{sp}$  সংকরণ দ্বারা)

চিত্র-২.১ : কার্বনের ক্যাটেনেশন

কার্বন শিকল ও বলয় দ্বারা যোগ গঠন : ক্যাটেনেশন দ্বারা সৃষ্টি শিকল ও চাক্রিক কাঠামোর কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট যোজনাতে H, O, N, Cl ইত্যাদি পরমাণু যুক্ত হয়ে বিভিন্ন জৈবযৌগ সৃষ্টি করে। এরপে জৈবযৌগের সংখ্যা অধিক হয়েছে। যেমন,



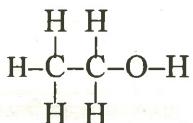
ক্যাটেনেশনের একটি বিশেষ উদাহরণ হলো ফুলারিনস (Fullerines) নামক কার্বনের একটি বিশেষ শ্রেণির রূপভেদ। গ্রাফাইট ও ডায়মন্ড বা হীরক ছাড়াও বিজ্ঞানীরা 1985 খ্রিষ্টাব্দে কার্বনের বিশেষ শ্রেণির রূপভেদ আবিষ্কার করেন। এ রূপভেদসমূহের অন্মতে 30 – 70টি কার্বন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এসব রূপভেদের যেমন,  $\text{C}_{32}$ ,  $\text{C}_{50}$ ,  $\text{C}_{60}$ ,  $\text{C}_{70}$  এর নামকরণ হয় ফুলারিনস। রূপভেদ  $\text{C}_{60}$  এর আণবিক গঠন হলো বিখ্যাত স্থপতি বুক্মিন্স্টার ফুলার নির্মিত 'ডুগোলক আকৃতির গম্বুজ' এর মতো। তাই রূপভেদ  $\text{C}_{60}$  কে বুক্মিন্স্টার ফুলারিন বা 'বাকি বল' বলা হয়। এ বিশেষ ফুলারিন অন্মতে যাটটি কার্বন পরমাণু  $\text{C}_{60}$  (আণবিক ভর 720)  $\text{sp}^2$  সংকরিত অবস্থায় পরম্পরারের সাথে একক বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ যার গঠন আকৃতি ফুটবলের মতো।



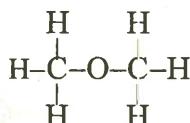
চিত্র ২.১ (ক) : ফুলারিন

(ক) কার্বনের ক্যাটেনেশনের সফলতার কারণ : কার্বনের ক্যাটেনেশনের সফলতার মূল কারণ হলো কার্বন-কার্বন ( $\text{C}-\text{C}$ ) বন্ধনশক্তির উচ্চ মান যেমন,  $347 \text{ kJ mol}^{-1}$  যা একই পর্যায়ের অন্যান্য মৌলের বন্ধনশক্তির তুলনায় অনেক বেশি (যেমন, N-N,  $163 \text{ kJ mol}^{-1}$ )। আবার  $\text{C}-\text{C}$  বন্ধনশক্তি এত বেশি হওয়ার কারণ হলো – (১) কার্বনের মোটামুটি ইলেক্ট্রন আসক্তি, (২) কার্বনের তড়িৎ-খণ্ডাত্মকতার মান 2.5 যা পর্যায়ের প্রথম মৌল Li ও শেষ মৌল F এর তড়িৎ-খণ্ডাত্মকতার ( $\text{Li} = 1, \text{F} = 4$ ) গড় মানের সমান। (৩) সবচেয়ে কার্যকরী শর্ত হলো কার্বনের ক্ষুদ্র পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (0.077 nm) এবং ২য় শক্তিস্তরে যোজ্যতা ইলেক্ট্রন। এর ফলে দুটি C পরমাণুর অরবিটালের মধ্যে মুখোমুখি অধিক্রমণ মাত্রা (যেমন, ৫ বন্ধনে) বেশি ঘটে, তেমনি p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণে  $\pi$  বন্ধন গঠনও সম্ভব হয়েছে।

(২) সমান্বয় : যেসব জৈবযৌগের আণবিক সংকেতে একই কিন্তু গাঠনিক সংকেতে ভিন্ন তাদেরকে সমান্বয় বলে এবং ঘটমান বিষয়টিকে সমান্বয় বলা হয়। যেমন,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  আণবিক সংকেতের দুটি সমান্বয় আছে। এসব সমান্বয় সৃষ্টির মূলে রয়েছে কার্বন শিকলের ভিন্ন কার্বন পরমাণুর সাথে O এবং H পরমাণুর বন্ধন গঠন। যেমন,



ইথাইল অ্যালকোহল বা ইথানল



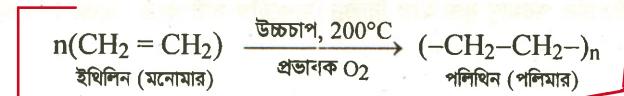
ডাইমিথাইল ইথার বা মিথোক্সি মিথেন

~~RMDA C~~

- MCQ-2.2 :** কোন জৈবযৌগ প্রথম পরিষ্কারারে প্রস্তুত করা হয়?
- (ক)  $\text{CH}_3\text{OH}$       (খ)  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 (গ)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$       (ঘ)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$

এরপে জৈবযৌগের সমানুভাব ধর্ম যৌগের সংখ্যা বৃদ্ধিতে ভূমিকা রেখেছে।

(৩) পলিমারকরণ : যে বিক্রিয়ায় একই যৌগের বিশেষত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বহু সংখ্যক অণু পরপর যুক্ত হয়ে বৃহৎ অগুবিশিষ্ট জৈবযৌগ গঠন করে, সে বিক্রিয়াকে পলিমারকরণ বলা হয়। তখন উৎপন্ন যৌগকে পলিমার এবং মূল যৌগকে মনোমার বলে। যেমন, ইথিলিন থেকে পলিথিন, অ্যাসিটিলিন থেকে বেনজিন।



এরপে পলিমারকরণ প্রক্রিয়ার ফলে জৈবযৌগের সংখ্যা বৃদ্ধি গোয়েছে।

### ২.০.৩ জৈবযৌগ ও অজৈবযৌগের পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য

#### Differentiating Characteristics of Organic and Inorganic Compounds

নিচে জৈবযৌগ ও অজৈবযৌগের মধ্যে তুলনা দেয়া হলো :

সারণি-২.১ : জৈবযৌগ ও অজৈবযৌগের বৈশিষ্ট্য



V.V.P

পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য	জৈবযৌগ	অজৈবযৌগ
১। সংযুক্তি :	১। জৈবযৌগে কার্বন অবশ্যই থাকে। কার্বনের সাথে $\text{H}$ , $\text{O}$ , $\text{N}$ , $\text{X}$ , $\text{S}$ , $\text{P}$ প্রত্তি মৌল যুক্ত থাকে। যেমন, মিথানল ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), মিথাইল অ্যামিন ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ )।	১। যেকোনো দু বা ততোধিক মৌলের সমন্বয়ে অজৈবযৌগ গঠিত হয়। যেমন, $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{PCl}_3$ ইত্যাদি।
২। বন্ধন প্রকৃতি :	২। প্রধানত <u>সমযোজী বন্ধন</u> দ্বারা জৈবযৌগ গঠিত হয়। যেমন,	২। অধিকাংশ অজৈবযৌগ আয়নিক অথবা <u>সমযোজী বন্ধন</u> দ্বারা গঠিত। যেমন,
	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ সমযোজী বন্ধন	$\text{Na}^+\text{Cl}^-$ আয়নিক বন্ধন
৩। গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ :	৩। জৈবযৌগ নিম্নগলনাক্ষ ও নিম্নস্ফুটনাক্ষ বিশিষ্ট হয়; সাধারণত $350^\circ\text{C}$ এর নিচে। যেমন, বেনজিয়িক এসিডের ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ ) গলনাক্ষ $121^\circ\text{C}$ ; মিথানলের স্ফুটনাক্ষ $65^\circ\text{C}$ .	৩। অজৈবযৌগ উচ্চগলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ বিশিষ্ট হয়; আয়নিক অজৈবযৌগের গলনাক্ষ $700^\circ\text{C}$ এর উর্ধে। যেমন, $\text{NaCl}$ এর গলনাক্ষ $801^\circ\text{C}$ ।
৪। দ্রাব্যতা :	৪। জৈবযৌগ পোলার দ্রাবক পানিতে অদ্বণীয়, কিন্তু জৈব দ্রাবক যেমন, ইথার ও বেনজিনে দ্রবণীয়। তবে হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত জৈবযৌগ (চিনি, অ্যালকোহল) পানিতে দ্রবণীয়।	৪। পোলার দ্রাবক যেমন, পানিতে অজৈবযৌগ দ্রবণীয়; কিন্তু জৈব দ্রাবকে অদ্বণীয়। যেমন, $\text{NaCl}$ পানিতে দ্রবণীয়; বেনজিনে ( $\text{C}_6\text{H}_6$ -এ) অদ্বণীয়।

পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য	জৈবযৌগ	অজৈবযৌগ
৫। জুলন বা দহন :	৫। <u>জৈবযৌগের দহনের পর কোনো অবশেষ থাকে না। যেমন,</u> $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	৫। অজৈবযৌগ সাধারণত জুলে না; তবে জুলে দহনের পর অবশেষ থাকে।
৬। তড়িৎ- পরিবাহিতা :	৬। <u>জৈবযৌগ গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে আয়নিত হয় না বলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয় অর্থাৎ বিশুদ্ধ জৈবযৌগ তড়িৎ-অপরিবাহী।</u>	৬। অজৈবযৌগ যেমন, $\text{NaCl}$ গলিত অবস্থায় বা জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষিত হয়ে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করে।
৭। যৌগের সংখ্যা :	৭। কার্বনের ক্যাটেনেশন ও জৈবযৌগের সমাগৃতা ধর্মের কারণে বর্তমানে আবিস্কৃত জৈবযৌগের সংখ্যা ৮০ (আধি) লক্ষের ওপরে।	৭। অজৈবযৌগের সংখ্যা ১ লক্ষেরও কম। (প্রায় নবই হাজার মাত্র)।
৮। সমগোত্রীয় শ্রেণি :	৮। জৈবযৌগসমূহকে কয়েকটি সমধর্মী সমগোত্রীয় শ্রেণিতে বিন্যস্ত করা যায়। যেমন, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড সমগোত্রীয় শ্রেণি।	৮। অজৈবযৌগসমূহকে একুপ সমধর্মী যৌগ শ্রেণিতে বিভক্ত করার বিশেষ সুযোগ নেই।
৯। বিক্রিয়ার কোশল ও গতি :	৯। <u>জৈব বিক্রিয়ার কোশল জটিল ও মন্ত্রর গতির হয়।</u>	৯। <u>অজৈব বিক্রিয়ার কোশল আয়নিক প্রক্রিয়া ও দ্রুতগতিসম্পন্ন হয়।</u>

## ২.১ জৈবযৌগের শ্রেণিবিভাগ

MAT-09-10

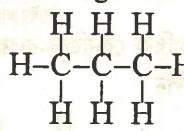
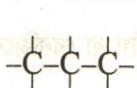
### Classification of Organic Compounds

কার্বন পরমাণুর বিশেষ ধর্ম ক্যাটেনেশনের জন্য বহুসংখ্যক কার্বন পরমাণু পরস্পর যুক্ত হয়ে বিভিন্ন প্রকার কার্বন শিকল ও বলয় গঠন করে এবং পরে কার্বনের চতুর্ভোজ্যতা অনুসারে অন্য পরমাণু যেমন, H, O, N ইত্যাদির সাথে যুক্ত হয়ে বিভিন্ন জৈবযৌগ সৃষ্টি করে থাকে। তাই কার্বন শিকলের কাঠামোর ওপর ভিত্তি করে জৈবযৌগসমূহকে প্রধানত দুটি শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। যেমন,

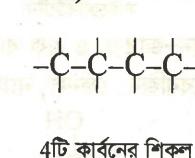
১। মুক্ত শিকল জৈবযৌগ (open chain organic compounds)

২। বন্ধ শিকল বা বলয়কার জৈবযৌগ (closed chain or cyclic organic compounds)

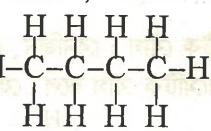
(ক) মুক্ত শিকল জৈবযৌগ : এসব জৈবযৌগে কার্বন শিকলের দু'প্রান্ত পরস্পর যুক্ত হয় না। এ জাতীয় জৈবযৌগকে অ্যালিফেটিক জৈবযৌগ (aliphatic organic compounds) বলা হয়। যেমন, প্রোপেন, বিউটেন।



৩টি কার্বনের শিকল



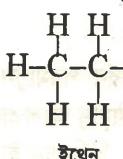
৪টি কার্বনের শিকল



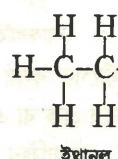
বিউটেন

অ্যালিফেটিক যৌগসমূহ কার্বন শিকলে কার্বন পরমাণুর মধ্যে সিগ্মা বন্ধন ও পাই-বন্ধনের উপস্থিতি অনুসারে আবার দু'প্রকার হয়ে থাকে। যেমন, (১) সম্পৃক্ত জৈবযৌগ ও (২) অসম্পৃক্ত জৈবযৌগ।

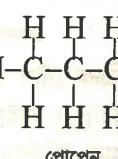
(১) সম্পৃক্ত জৈবযৌগ : যেসব জৈবযৌগের কার্বন শিকলের কার্বন পরমাণুগুলো কেবল একক সিগ্মা বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে, তাদেরকে সম্পৃক্ত জৈবযৌগ বলা হয়। যেমন, ইথেন, ইথানল, প্রোপেন, প্রোপানল।



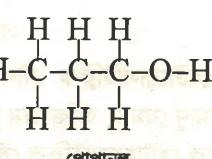
ইথেন



ইথানল

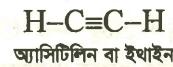
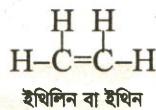


প্রোপেন

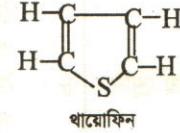
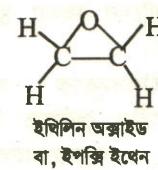
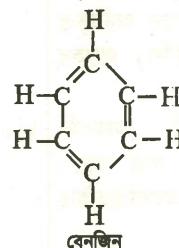
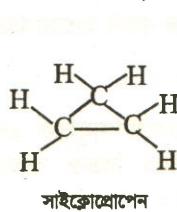


প্রোপানল

(২) অসম্পৃক্ত জৈবযৌগ : যেসব জৈবযৌগের কার্বন শিকলে অঙ্গত দুটি কার্বন পরমাণু সমযোজ্যতার সাহায্যে বিবরণ (একটি সিগ্মা বন্ধন ও একটি পাই-বন্ধন) অথবা ট্রিবন্ধন (একটি সিগ্মা বন্ধন ও দুটি পাই-বন্ধন) দ্বারা পরম্পর যুক্ত থাকে, তাদেরকে অসম্পৃক্ত জৈবযৌগ বলা হয়। যেমন, ইথিলিন, আসিটিলিন ইত্যাদি।

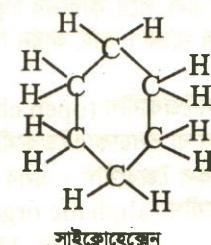
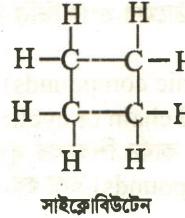
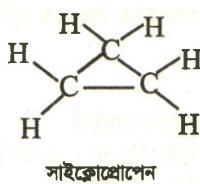


(৩) বন্ধশিকল জৈবযৌগ : যেসব জৈবযৌগের অগুতে কার্বন শিকলের দু প্রাত্তের কার্বন নিজেদের মধ্যে অথবা অপর ভিন্ন বা হেটারো পরমাণু যেমন, N, O, বা S ইত্যাদি পরমাণুর মাধ্যমে যুক্ত হয়ে কার্বন বলয় গঠন করে, সেসব যৌগকে বন্ধ শিকল জৈবযৌগ বলা হয়। যেমন, সাইক্লোপ্রোপেন, বেনজিন, ইথিলিন অক্সাইড, থায়োফিন ইত্যাদি।

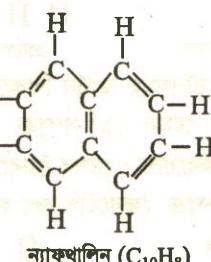
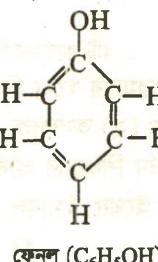
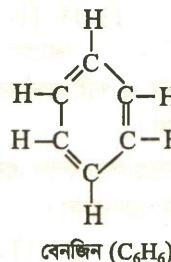


বন্ধ শিকল যৌগসমূহ দু প্রকার; যেমন কার্বোসাইক্লিক ও হেটারোসাইক্লিক যৌগ । কার্বোসাইক্লিক যৌগসমূহকে আবার ধর্মের ওপর ভিত্তি করে আলিসাইক্লিক ও অ্যারোমেটিক- এ দু উপশ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যেমন,

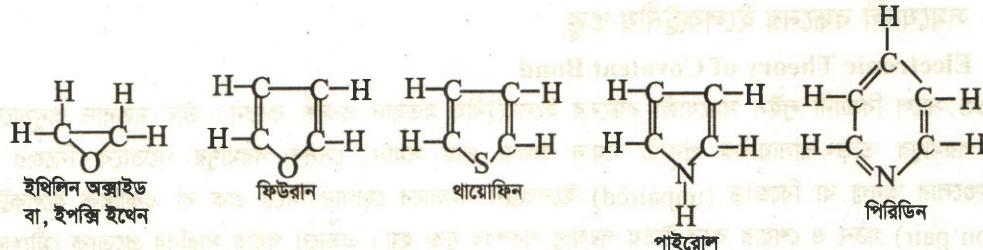
(১) আলিসাইক্লিক যৌগ : যেসব জৈবযৌগ গঠনের দিক থেকে সাইক্লিক বা বলয়কার কিন্তু ধর্মের দিক থেকে অ্যালিফেটিক বা মুক্ত শিকল যৌগের মতো তাদেরকে আলিসাইক্লিক যৌগ বলে। যেমন, সাইক্লোপ্রোপেন, সাইক্লোবিটেন, সাইক্লোহেক্সেন ইত্যাদি।



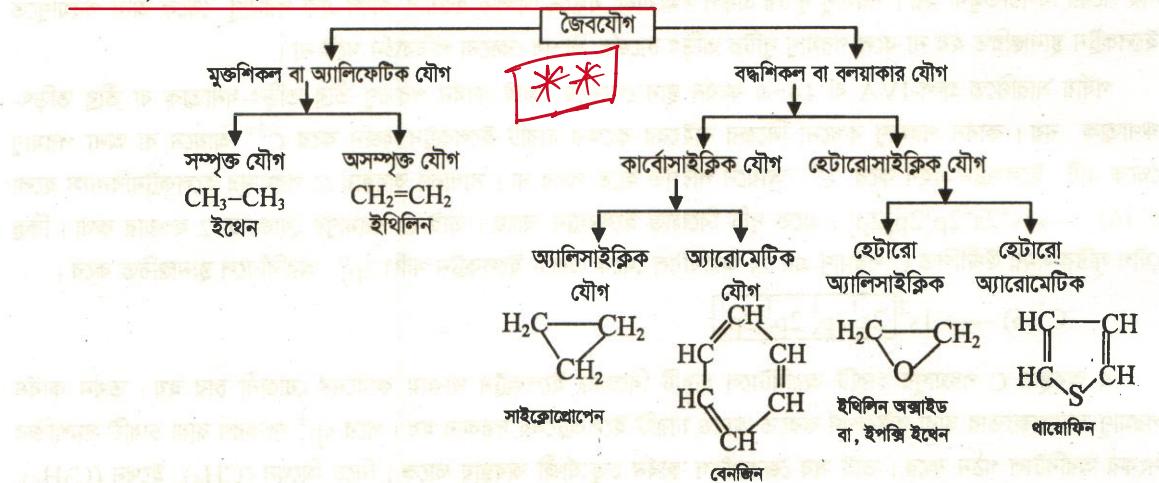
(২) অ্যারোমেটিক যৌগ : বেনজিন, বেনজিন-জাতক ও এক বা একাধিক বেনজিন-বলয়যুক্ত যৌগ বা বেনজিনের ধর্ম সদৃশ যৌগকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলে। যেমন, বেনজিন, ফেনল, ন্যাফ্থালিন।



(৩) হেটারোসাইক্লিক যৌগ বা বিষমচার্টিক যৌগ : যেসব বৃত্তাকার যৌগের বলয় গঠনে কার্বন পরমাণুসহ অপর হেটারো পরমাণু যেমন, অক্সিজেন (O), সালফার (S), নাইট্রোজেন (N) প্রভৃতির এক বা একাধিক পরমাণু অংশ গ্রহণ করে সেসব যৌগকে হেটারোসাইক্লিক যৌগ বলে। যেমন, ইথিলিন অক্সাইড, ফিউরান, থায়োফিন, পাইরোল, পিরিডিন ইত্যাদি।



হেটোসাইক্লিক যৌগকে আবার ধর্মের ওপর ভিত্তি করে কার্বোসাইক্লিক যৌগের মতোই হেটোরো অ্যালিসাইক্লিক ও হেটোরো অ্যারোমেটিক-এ দু' উপশ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। যেমন, ইথিলিন অক্সাইড হলো হেটোরো অ্যালিসাইক্লিক যৌগ এবং ফিউরান, থায়োফিন, পিরিডিন হলো হেটোরো অ্যারোমেটিক যৌগ।



**শিক্ষার্থীর কাজ-২.১ :** জৈবযৌগের শ্রেণিবিভাগভিত্তিক :

- সমস্যা-২.১ : (ক) অ্যালিসাইক্লিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে পার্থক্য লেখ।  
 (খ) হেটোরো অ্যালিসাইক্লিক যৌগের নাম ও গঠন সংকেত লেখ।  
 (গ) হেটোরো অ্যারোমেটিক যৌগের নাম ও গঠন সংকেত লেখ।

## ২.১.১ জৈবযৌগে বন্ধন প্রকৃতি

### Bonding in Organic Compounds

জৈবযৌগসমূহ গঠিত হয় অধাতব কার্বন পরমাণু ও অন্য এক বা একাধিক অধাতব মৌলের পরমাণুর মধ্যে ইলেক্ট্রন শেয়ার করার মাধ্যমে। সুতরাং জৈবযৌগসমূহ হলো মূলত সমযোজী যৌগ। সমযোজী যৌগ অণু গঠনে কার্বন-কার্বন উভয় পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত ইলেক্ট্রন যুগলের সংখ্যা অনুসারে কার্বন শিকলে সমযোজী বন্ধন সংখ্যা তিন ধরনের হতে পারে। যেমন,

- (১) কার্বন-কার্বন একক বন্ধন যেমন, ইথেন অণুতে,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$
  - (২) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন যেমন, ইথিলিন অণুতে,  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
  - (৩) কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন যেমন, অ্যাসিটিলিন অণুতে,  $\text{HC}\equiv\text{CH}$
- সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যার জন্য দুটি তত্ত্ব রয়েছে। যেমন,

(ক) সমযোজী বন্ধনের ইলেক্ট্রনীয় তত্ত্ব ও (খ) আধুনিক অরবিটাল অধিক্রমণ তত্ত্ব।

জৈবযৌগ গঠনে উভয় তত্ত্ব সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো।

**MCQ-2.3 :** কোনটি বিষমচাতুরিক অ্যারোমেটিক যৌগ?

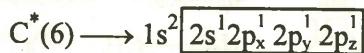
- (ক) ইপরিই ইথেন      (খ) সাইক্লো প্রোপেন  
 (গ) বেনজিন      (ঘ) পিরিডিন

## ২.১.২ সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব

### Electronic Theory of Covalent Bond

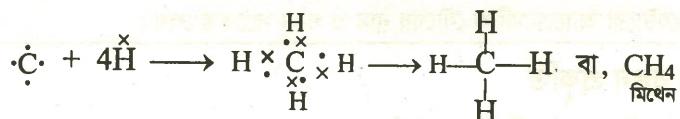
১৯১৬ সালে বিজানী লুইস সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রকাশ করেন। তাঁর মতবাদ অনুসারে, যেসব অধিতব পরমাণুর তড়িৎ-রাসায়নিক প্রকৃতি সমান অথবা প্রায় সমান, সেসব পরমাণুর প্রত্যেকে নিজের যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলোর অযুগ্ম বা বিজোড় (unpaired) ইলেকট্রন সম্ভাবে যোগান দিয়ে এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড় (electron pair) গঠন ও শেয়ার করে উভয় পরমাণু পরম্পর যুক্ত হয়। এভাবে পর্যায় সারণির প্রত্যেক মৌলের পরমাণু প্রত্যেকের নিকট নিক্ষেপ গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে। এরপে সৃষ্টি দু পরমাণুর মধ্যবর্তী রাসায়নিক বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলা হয়। সমযোজী বন্ধনের এই ইলেকট্রন জোড়কে বন্ধন ইলেকট্রন জোড় বলে; এ দুটি ইলেকট্রনের ঘূর্ণন পরম্পরের বিপরীতমুখী হয়। পরমাণু দুটির একাধিক সমযোজী বন্ধনে মিলিত হওয়ার কালে এক পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুতে ইলেকট্রন ছানান্তরিত হয় না বলে পরমাণু দুটির তড়িৎ চার্জের বিশেষ কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-IVA বা 14-এ কার্বন ছান পেয়েছে, তাই কার্বন পরমাণু তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক বা তীব্র তড়িৎ-ঝণাত্মক নয়। কার্বন পরমাণু কখনো নিজের বাইরের কক্ষের চারটি ইলেকট্রন বর্জন করে  $C^{4+}$  আয়নে বা অন্য পরমাণু থেকে ৪টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে  $C^{4-}$  আয়নে পরিণত হতে পারে না। সাধারণ অবস্থায়  $C$  পরমাণুর ইলেকট্রনবিন্যাস হলো  $C(6) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ । এতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই  $C$  পরমাণুর যোজ্যতা 2 হওয়ার কথা। কিন্তু যৌগ সৃষ্টির সময় উদ্দীপিত  $C$  পরমাণু এর  $2s$  অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি  $2p_z^0$  অরবিটালে ছানান্তরিত করে।

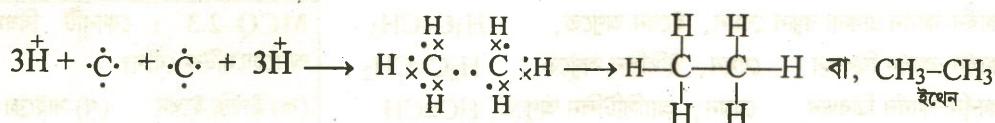


এ অবস্থায়  $C$  পরমাণুর চারটি অরবিটালে চারটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় কার্বনের যোজনী চার হয়। তখন কার্বন পরমাণু সমযোজীতার দ্বারা অষ্টকপূর্ণ করতে আরও চারটি ইলেকট্রনের দরকার হয়। পরে  $sp^3$  সংকরণ দ্বারা চারটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল গঠন করে। তাই সব জৈববৈশিষ্ট্যে কার্বন চতুর্যোজী অবস্থায় থাকে। নিচে মিথেন ( $CH_4$ ), ইথেন ( $C_2H_6$ ), ইথিলিন ( $C_2H_4$ ), অ্যাসিটিলিন ( $C_2H_2$ ) ও মিথাইল অ্যালকোহল ( $CH_3OH$ ) এর অণুর গঠন দেখানো হলো: [MATH-08-69]

১। মিথেন অণুর গঠন : একটি কার্বন পরমাণু ও চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু মিলে চারটি ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি এবং শেয়ার করার মাধ্যমে চারটি সমযোজী বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ হয়ে মিথেন অণু গঠন করে। যেমন,

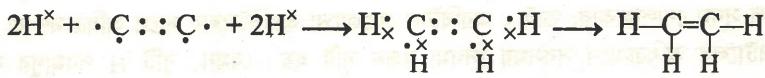


২। ইথেন ( $C_2H_6$ ) অণুর গঠন : প্রথমে দুটি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে ইলেকট্রন যোগান দিয়ে একটি ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি এবং শেয়ার করার মাধ্যমে একক সমযোজী বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ হয়। পরে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন তিনটি  $H$ -পরমাণুর ইলেকট্রনের সাথে তিনটি করে ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি এবং শেয়ার করে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। ফলে সাতটি সমযোজী বন্ধন ইথেন অণুতে থাকে।



৩। ইথিলিন অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধন ও অ্যাসিটিলিন অণুতে ত্রিবন্ধন গঠন : দুটি কার্বন পরমাণু নিজেদের মধ্যে প্রত্যেকে সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে দুটি ইলেকট্রন জোড় দ্বারা দ্বিবন্ধন এবং তিনটি ইলেকট্রন জোড় দ্বারা ত্রিবন্ধন গঠন করে পরম্পরের সাথে যুক্ত হতে পারে। পরে কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন

হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটির সাথে ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি এবং শেয়ার করে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে থাকে। এরপে ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন নিচে দেখানো হলো :

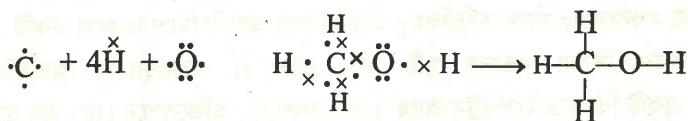


ইথিলিন বা ইথিন



অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন

৪। মিথাইল অ্যালকোহল অণুর গঠন : একটি কার্বন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অ্যাজিজেন পরমাণু প্রত্যেকে নিজেদের যোজ্যতা ইলেকট্রনের অযুগ্ম ইলেকট্রন সমভাবে যোগান দিয়ে ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি ও শেয়ার করে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এক্ষেত্রে পাঁচটি সমযোজী বন্ধন থাকে।



মিথাইল অ্যালকোহল বা, মিথানল

### ২.১.৩ আধুনিক অরবিটাল অধিক্রমণ মতবাদ ও সমযোজী বন্ধনের প্রকারভেদ

#### Modern Orbital Overlapping Theory & Types of Covalent Bonds

সমযোজী বন্ধনের আধুনিক অরবিটাল মতবাদ অনুযায়ী দুটি অধাতব পরমাণু পরস্পরের সাথে সংযোগের সময় দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের মধ্যে যদি এমনভাবে অধিক্রমণ বা অভিলেপন ঘটে, যাতে নতুন অরবিটালটি আংশিকভাবে উভয় পরমাণুর অঙ্গীভূত হয়, তা হলে পরমাণু দুটির মধ্যবর্তী বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে। এভাবে যে অণু উৎপন্ন হয়, সেই অণুর মধ্যে নতুন অরবিটাল গঠনে নিযুক্ত দুটি ইলেকট্রনের ঘূর্ণন (spin) অবশ্যই পরস্পরের বিপরীত দিকে হতে হয়।

সুতরাং বলা যায়, দুটি পরমাণুর বিপরীত দিকে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের এক জোড়া অরবিটালের পরস্পরের মধ্যে অধিক্রমণের ফলে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। অধিক্রমণের মাত্রা যত বেশি হয় সমযোজী বন্ধনটি তত দৃঢ় হয়। আণবিক অরবিটাল গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় শর্ত নিম্নরূপ :

- \* (১) উভয় পরমাণুর অরবিটাল অবশ্যই অর্ধপূর্ণ হতে হয়।
- \* (২) সংযোগকারী উভয় অরবিটালের শক্তি অনুরূপ বা, সমান হতে হয়।
- \* (৩) উভয় অরবিটালের কার্যকর অধিক্রমণের জন্য উভয় অরবিটালের সঠিক অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ ঘটতে হবে।
- \* (৪) বন্ধন অরবিটালের ইলেকট্রনের ঘূর্ণন বিপরীতমুখী হতে হবে।

বিভিন্ন অরবিটালগুলোর অভিযুক্ত, বৈশিষ্ট্য এবং ওদের অধিক্রমণের রীতি অনুযায়ী জৈবযৌগের মধ্যে দুরকম সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। যেমন, (১) সিগ্মা (σ) বন্ধন ও (২) পাই (π) বন্ধন।

সমযোজী বন্ধনের বেলায়, দুটি পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ঘুগল গঠন ও শেয়ার করে ডুপ্লেট গঠন করে। সিগ্মা ও পাই বন্ধনেও দুটি পরমাণুর দুটি ইলেকট্রন অরবিটাল মুখোমুখি বা পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা বন্ধনে আবদ্ধ হয়। তাই সিগ্মা বন্ধন ও পাই বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন।

১। সিগ্মা বন্ধন (Sigma bond) : দুটি অধাতব পরমাণুর দুটি ইলেকট্রন অরবিটাল নিজের নিজের অক্ষ বরাবর মুখোমুখি অধিক্রমণের ফলে উৎপন্ন সমযোজী বন্ধনকে সিগ্মা বন্ধন বলে। তখন ঐ পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের সংযোগ রেখা এবং অধিক্রমণভূক্ত অরবিটাল দুটির অক্ষ একই রেখায় থাকে।

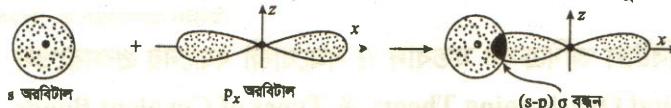
উল্লেখ্য দুটি s অরবিটাল, অথবা একটি s অরবিটাল ও একটি p অরবিটাল, অথবা দুটি p অরবিটালের নিজ নিজ অক্ষ বরাবর অধিক্রমণের ফলে সিগমা বন্ধনের সৃষ্টি হয়।

(ক) s অরবিটাল সূষ্ম গোলকাকার; তাই s অরবিটাল যেকোনো অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ বা, অভিলেপন ঘটাতে পারে। দুটি s অরবিটালের অধিক্রমণে সবসময় সিগমা বন্ধন সৃষ্টি হয়। যেমন, দুটি H পরমাণুর দুটি 1s অরবিটালের অধিক্রমণ বা অভিলেপনের ফলে  $H_2$  অণু সৃষ্টি হয়।



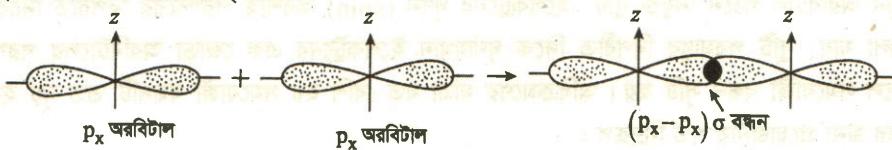
চিত্র-২.২ : S, S-অরবিটালের অধিক্রমণ বা অভিলেপন।

(খ) একটি s অরবিটাল একটি p অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ বা, অভিলেপন হতে পারে। সংযুক্ত পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াস সংযোগকারী সরলরেখার সাথে অভিলিঙ্গ p অরবিটালের অক্ষটি মিশে থাকলে একটি s এবং একটি p অরবিটালের অধিক্রমণ বা, অভিলেপনে সিগমা বন্ধনের সৃষ্টি হয়। যেমন, H পরমাণুর 1s অরবিটাল, Cl পরমাণুর একটি 3p অরবিটালের (যেটিতে একটি বিজোড় ইলেক্ট্রন আছে) অধিক্রমণ বা, অভিলেপনে HCl অণু গঠন করে।



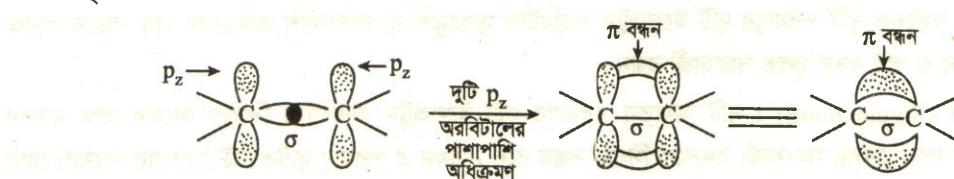
চিত্র-২.৩ : S, P<sub>x</sub>-অরবিটালের অধিক্রমণ বা অভিলেপন।

(গ) ইলেক্ট্রনের p অরবিটালের আকার সূষ্ম নয় এবং একটি নির্দিষ্ট দিকে এর ইলেক্ট্রনের ঘনত্ব বেশি থাকে। তাই দুটি p অরবিটালের মধ্যে মুখোমুখি অধিক্রমণ বা, অভিলেপনের বেলায় অভিলেপনের মাত্রা বেশি হয়, ফলে এরকম অভিলেপনে সৃষ্টি সিগমা বন্ধন অনেক দৃঢ় হয়।



চিত্র-২.৪: P<sub>x</sub>-P<sub>x</sub> অরবিটাল দুটির মুখোমুখি অধিক্রমণ বা অভিলেপন।

২। পাই ( $\pi$ ) বন্ধন (Pi-bond) : প্রথমে সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধনে আবদ্ধ দুটি পরমাণুর দুটি নিউক্লিয়াস যে তলে থাকে, ঐ তলের ওপর লম্বভাবে অবস্থিত ও সমান্তরাল অক্ষবিশিষ্ট দুটি p অরবিটালের শেষে পাশাপাশি আংশিক অধিক্রমণ বা, অভিলেপনের ফলে সৃষ্টি সমযোজী বন্ধনকে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন বলে। পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের ইলেক্ট্রন যেমন, সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াস যে তলে থাকে, সেই তলের ওপরে এবং নিচে ঘনীভূত থাকে। নিচের চিত্রে দেখা যায় সিগমা বন্ধন ( $\sigma$ ) এ আবদ্ধ দুটি C পরমাণুর পরম্পর সমান্তরাল অক্ষবিশিষ্ট দুটি p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ বা, অভিলেপনের ফলে  $\pi$ -বন্ধন উৎপন্ন হয়েছে। এ ক্ষেত্রে অভিলেপনের ক্ষেত্রটি অনেক কম হয়, তাই  $\pi$ -বন্ধন  $\sigma$ -বন্ধনের চেয়ে কম দৃঢ় হয়।



চিত্র-২.৫ : দুটি p-অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ বা অভিলেপন।

### সারণি-২.২ : সিগ্মা বন্ধন ও পাই বন্ধনের পার্থক্য

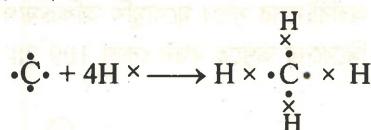


সিগ্মা (σ) বন্ধন	পাই (π) বন্ধন
১। <u>সিগ্মা বন্ধন গঠনে অরবিটালদ্বয় একই সরলরেখায় থাকে।</u>	১। <u>পাই বন্ধন গঠনে অরবিটালদ্বয় সমান্তরাল অবস্থায় থাকে।</u>
২। <u>অরবিটাল দ্বারা মুখোমুখি সর্বোচ্চ অভিলেপন বা অধিক্রমণে সৃষ্টি সিগ্মা বন্ধন দৃঢ় হয়।</u>	২। <u>অরবিটালদ্বয়ের আংশিক পার্শ্ব অভিলেপন বা অধিক্রমণে সৃষ্টি পাই (π) বন্ধন দুর্বল থাকে।</u>
৩। <u>সকল একক বন্ধন সিগ্মা (σ) বন্ধন দ্বারা গঠিত।</u>	৩। <u>সিগ্মা (σ) বন্ধন সৃষ্টির পর স্থিব হলে একটি ও দুটি পাই (π) বন্ধন সৃষ্টির মাধ্যমে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন হয়।</u>
৪। <u>সিগ্মা (σ) বন্ধনযুক্ত পরমাণুদ্বয় তাদের অক্ষ বরাবর ঘূরতে পারে।</u>	৪। <u>পাই (π) বন্ধন সৃষ্টির ফলে পরমাণুদ্বয় অক্ষ বরাবর ঘূরতে পারে না।</u>
৫। <u>সংকর অরবিটাল ও বিশুদ্ধ অরবিটাল উভয় এককে সিগ্মা (σ) বন্ধন হতে পারে।</u>	৫। <u>s অরবিটাল ও সংকর অরবিটাল ছাড়া অন্য অরবিটালে পাই (π) বন্ধন ঘটতে পারে।</u>

### ২.১.৪ পারমাণবিক অরবিটাল সংকরণ ও কার্বনের চতুর্যোজ্যতা

#### Hybridization of Orbitals and Tetravalent Carbon Atom

সাধারণ অবস্থায় কার্বন পরমাণুর ইলেক্ট্রনবিন্যাস হলো  $C(6) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ । কার্বন পরমাণুর  $2s$  উপকক্ষে দুটি ইলেক্ট্রন বিপরীত স্পিন দ্বারা জোড়বন্ধ অবস্থায় থাকে; কিন্তু  $2p_x^1$  এবং  $2p_y^1$  অরবিটালে দুটি বিজোড় ইলেক্ট্রন অস্থায়। এ অবস্থায়  $C$ -পরমাণু দ্বিযোজীরূপে ত্রিয়া করে। আবার কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় উত্পন্ন কার্বন পরমাণুর ইলেক্ট্রনগুলো শক্তি শোষণ করে যখন উদ্বৃত্তিত অবস্থায় আসে; তখন  $2s^2$  অরবিটালের দুটি ইলেক্ট্রনের মধ্যে একটি ইলেক্ট্রন খালি  $2p_z^0$  অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়। এর ফলে কার্বন পরমাণুর ইলেক্ট্রনবিন্যাস দাঁড়ায়  $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । এ অবস্থায়, কার্বন পরমাণুর  $2s$  এবং  $2p$  উপকক্ষে মোট চারটি বিজোড় ইলেক্ট্রন হয়ে থাকে; তাই কার্বন চতুর্যোজ্য হয়। কার্বন পরমাণুর চারটি বিজোড় ইলেক্ট্রন চারটি  $H$ -পরমাণুর চারটি বিজোড় ইলেক্ট্রনের সাথে চারটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে মিথেন ( $CH_4$ ) অণু গঠন করে। যেমন,



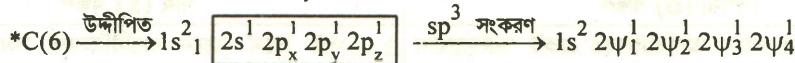
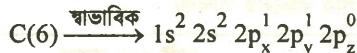
উল্লেখ্য একেতে উদ্বৃত্তিত কার্বন দ্বারা সৃষ্টি মিথেন ( $CH_4$ ) অণুষ্ঠিত চারটি সমযোজী বন্ধন সমশ্কিল হতে পারে না; কারণ এদের একটি বন্ধনে কার্বনের  $2s$ -অরবিটাল ও অপর তিনটি বন্ধনে তিনটি ভিন্ন  $2p$  অরবিটাল জড়িত। কিন্তু পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, মিথেন ( $CH_4$ ) অণুতে  $C$  পরমাণু ও চারটি  $H$  পরমাণু দ্বারা সৃষ্টি চারটি সমযোজী বন্ধন সমশ্কিলসম্পন্ন। এর তাত্ত্বিক ব্যাখ্যার জন্য বিজ্ঞানী পলিং পারমাণবিক অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডাইজেশন মতবাদ উপস্থাপন করেন।

### ২.১.৫ কার্বনের $sp^3$ সংকরণ ও মিথেন অণু ( $CH_4$ ) গঠন

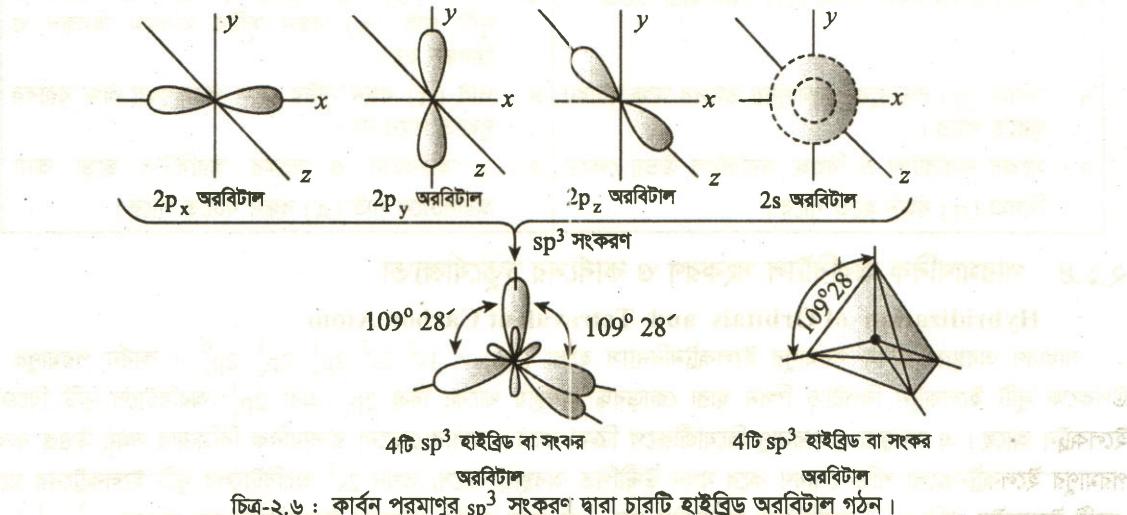
#### $sp^3$ Hybridization of Carbon Atom and Structure of Methane

অরবিটাল সংকরণ মতবাদ অনুসারে, বিক্রিয়াকালে কার্বন পরমাণুর সর্ববহিত্ত-শক্তিস্তরের যোজ্যতা ইলেক্ট্রনগুলোর মধ্যে  $2s^2$  অরবিটালের একটি ইলেক্ট্রন শক্তি শোষণ করে উদ্বৃত্তিত অবস্থায় বিজোড়ভাবে খালি  $2p_z^0$  অরবিটালে স্থান নেয়।

অতঃপর প্রায় সমশ্কিল চারটি ইলেক্ট্রন-অরবিটাল ( $2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ ) পরমাণুর সাথে প্রথমে নিবিড়ভাবে মিশ্রিত এবং শেষে সমভাবে বিভক্ত হয়ে সমশ্কিল চারটি সুষম সংকর বা হাইব্রিড অরবিটাল গঠন করে। একে কার্বনের  $sp^3$ -সংকরণ বলে। কার্বন পরমাণুর স্বাভাবিক ও উদ্বৃত্তিত অবস্থায় ইলেক্ট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

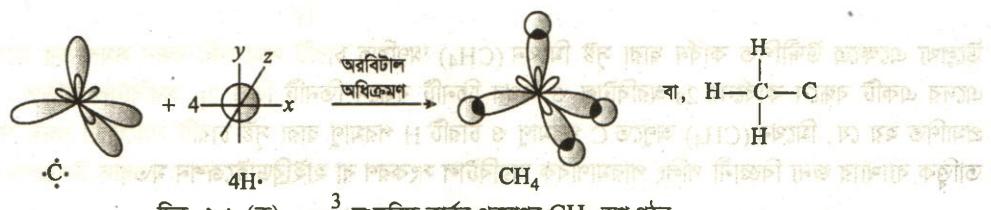


অর্থাৎ এ চারটি ইলেক্ট্রনের নতুন করে বিন্যাসের ফলে চারটি নতুন সংকরণ অরবিটাল  $sp^3$  বা,  $(2\psi_1^1 2\psi_2^1 2\psi_3^1 2\psi_4^1)$  এর সৃষ্টি হয়। এ সংকরণ অরবিটালগুলো প্রায় একই রকম এবং পরস্পরের সাথে  $109^\circ 28'$  (একশ নয় ডিগ্রি আটাশ মিনিট) বা,  $109.5^\circ$  কোণ করে থাকে এবং একটি কাল্পনিক সমচতুর্ভুলকের চারটি শীর্ষের অভিমুখে প্রসারিত থাকে।

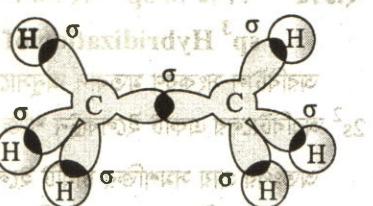


প্রত্যেক  $sp^3$  সংকরণ অরবিটালের 25% s-চরিত্র ও 75% p-চরিত্র থাকে। চিত্রে অরবিটালের বিভিন্ন রূপ ও তাদের সংকরণ প্রক্রিয়া দেখানো হলো।

$sp^3$  সংকরিত কার্বন পরমাণুর  $\text{CH}_4$  অণু গঠন : কার্বন পরমাণুর প্রতিটি  $sp^3$  সংকরণ অরবিটালে একটি করে বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকে, যা 4টি H-পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের সাথে মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণের মাধ্যমে 4টি C-H সিগ্মা বন্ধন সৃষ্টি হয়। ফলে মিথেন অণু ( $\text{CH}_4$ ) গঠিত হয়। মিথেনের অণুতে বন্ধন কোণ  $109^\circ 28'$  এবং প্রত্যেকটি সমযোজী C-H বন্ধন দূরত্ব হলো  $0.110 \text{ nm}$ ।



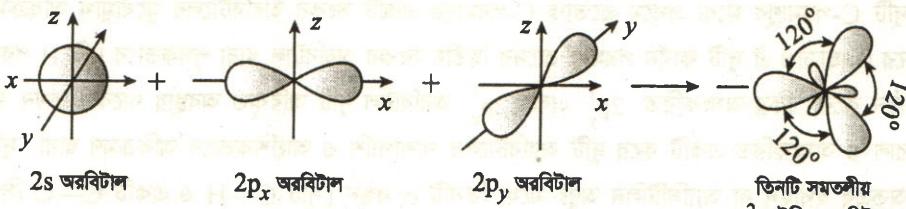
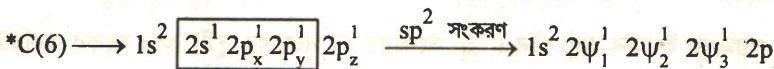
$sp^3$  সংকরিত দুটি কার্বন পরমাণুর ইথেন অণু গঠন : ইথেন অণুর ( $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ ) মধ্যে  $sp^3$  সংকরিত দুটি C পরমাণু প্রথমে নিজেদের মধ্যে একটি করে সংকরণ অরবিটালের মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণ দ্বারা কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধন গঠন করে। পরে প্রত্যেক C পরমাণুর অবশিষ্ট তিনটি করে সংকরণ অরবিটাল তিনটি করে H পরমাণুর  $1s^1$  ইলেক্ট্রনের সাথে মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণ দ্বারা দ্বয়টি C-H সিগ্মা (σ)-বন্ধন গঠন করে। এক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন (C-C) বন্ধন দূরত্ব হয়  $0.154 \text{ nm}$ , C-H বন্ধন দূরত্ব হয়  $0.110 \text{ nm}$ , বন্ধন কোণ  $109.5^\circ$ ।



## ২.১.৬ কার্বনের $sp^2$ সংকরণ ও ইথিন বা ইথিলিন অণুর গঠন

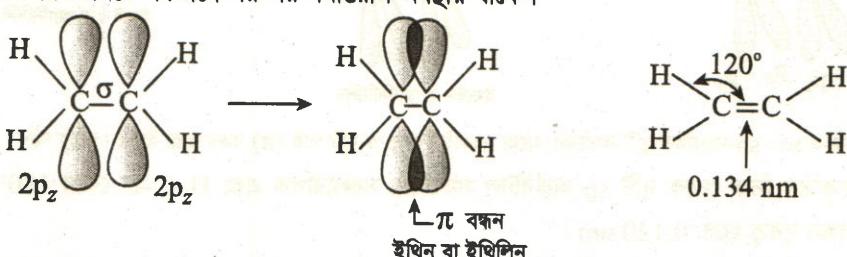
### $sp^2$ -Hybridization of Carbon Atoms and Structure of Ethene

কার্বনের  $sp^2$  সংকরণ : উদ্দীপিত কার্বন পরমাণুর ইলেক্ট্রনবিন্যাস হলো  $*C(6) = 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । তখন কার্বন পরমাণুর  $2s^1$  অরবিটালের সাথে তিনটি  $2p$  অরবিটালের ( $2p_x^1, 2p_y^1, 2p_z^1$ ) যেকোনো দুটির মিশ্রণের ফলে সমতৃপ্তির তিনটি  $sp^2$  সংকর অরবিটাল ( $2\psi_1^1, 2\psi_2^1, 2\psi_3^1$ ) এর সৃষ্টি হতে পারে। একে কার্বনের  $sp^2$  সংকরণ বলে। এ অবস্থায় C পরমাণুর একটি  $2p$  অরবিটাল অপরিবর্তিত অর্থাৎ বিশুদ্ধ অবস্থায় থেকে যায়। তখন তিনটি  $sp^2$  সংকর অরবিটাল একই সমতলে থাকে এবং পরস্পরের সাথে  $120^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে। প্রত্যেকটি  $sp^2$  সংকর অরবিটালে 33.3% s-চারিত্ব ও 66.7% p-চারিত্ব থাকে। যেমন,



চিত্র-২.৮ : কার্বন পরমাণুর  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা তিনটি হাইব্রিড বা সংকর অরবিটাল গঠন।

$sp^2$  সংকরিত দুটি কার্বন পরমাণুর ইথিলিন অণু গঠন :  $sp^2$  সংকরিত কার্বন পরমাণুর তিনটি করে সংকর অরবিটাল থাকে। এরপ দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রতিটির একটি সংকর অরবিটাল অপরটির একটি সংকর অরবিটালের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা C-C সিগ্মা বন্ধন গঠিত হয়। পরে প্রতিটি C-পরমাণুর অবশিষ্ট দুটি করে মোট চারটি সংকর অরবিটালের প্রতিটির সাথে একটি করে H-পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের মুখ্যোমুখ্যি অধিক্রমণ দ্বারা চারটি C-H সিগ্মা বন্ধন সৃষ্টি হয়। এটিই ইথিলিন অণুর প্রাথমিক কাঠামো। কিন্তু তখন প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে বিশুদ্ধ  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটি C পরমাণুর তলের ওপর ও নিচে লম্বভাবে পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় থাকে।



চিত্র-২.৯ : ইথিন বা ইথিলিন অণুর মধ্যে দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের সৃষ্টি।

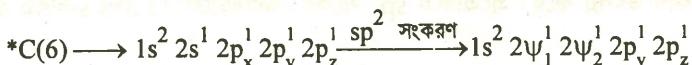
এর ফলে  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটির মধ্যে পাশাপাশি অধিক্রমণ সম্ভব হয়। এভাবে ডানবল আকৃতিবিশিষ্ট দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের পাশাপাশি আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা ঐ দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি দুর্বল সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়, একে কার্বন-কার্বন পাই ( $\pi$ ) বন্ধন বলে। সুতরাং ইথিলিন অণুর দুটি C পরমাণুর মধ্যে দুটি সমযোজী বন্ধন থাকে; এদের একটি হলো দুটি C পরমাণুর অক্ষ বরাবর,  $sp^2 - sp^2$  সিগ্মা ( $\sigma$ ) বন্ধন এবং অপরটি একই অক্ষের ওপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি দুর্বল পাই ( $\pi$ ) বন্ধন। একটি সিগ্মা ( $\sigma$ ) বন্ধন ও একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন মিলে একটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে তিনটি  $sp^2$  অরবিটাল সমতলীয় সুষম ত্রিকোণাকার হয়ে থাকে এবং  $\angle H-C-H$  বা,  $\angle H-C-C$  সমান  $120^\circ$  এবং কার্বন-কার্বন ( $C=C$ ) দ্বিবন্ধন দূরত্ব 0.134 nm হয়ে থাকে।

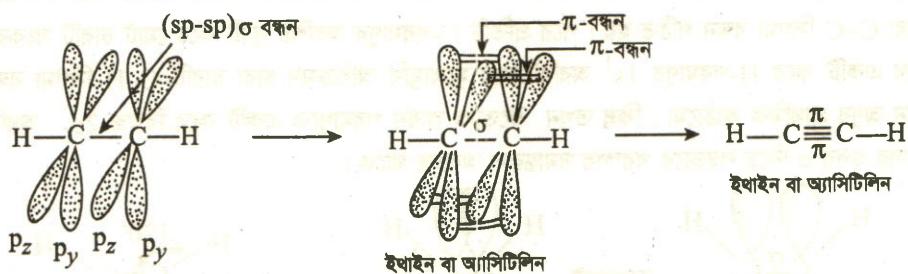
## ২.১.৭ কার্বনের sp সংকরণ ও ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর গঠনাকৃতি

### sp Hybridization of Carbon Atoms and Structure of Ethyne

ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ) মধ্যে দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পর ত্রিবন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এ ত্রিবন্ধনের মধ্যে একটি  $\sigma$  বন্ধন ও দুটি  $\pi$  বন্ধন থাকে। এক্ষেত্রে দুটি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে প্রথমে উদ্দীপিত অবস্থায় একটি 2s অরবিটাল ও একটি 2p অরবিটাল (যেমন,  $2p_x$ ) মিশ্রিত হয়ে  $sp$  সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল ( $2\psi_1^1$ ,  $2\psi_2^1$ ) সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি  $sp$  সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। এ দুটি সংকর অরবিটাল সমতলীয় এবং এক রেখায় অবস্থান করে।



$sp$  সংকরিত দুটি C-পরমাণুর ইথাইন অণু গঠন :  $sp$  সংকরিত C পরমাণুর দুটি করে সংকর অরবিটাল ( $2\psi_1^1$ ,  $2\psi_2^1$ ) থাকে। একপ দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রত্যেক C-পরমাণুর একটি সংকর অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা  $\sigma$  বন্ধন উৎপন্ন করে। এছাড়াও ঐ দুটি কার্বন পরমাণু তাদের দ্বিতীয় সংকর অরবিটাল দ্বারা পৃথকভাবে দুটি H পরমাণুর সাথে দুটি  $\sigma$  বন্ধন গঠন করে। কিন্তু অসংকরিত  $2p_y^1$  এবং  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। তখন উভয় কার্বন পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি অরবিটালের পাশাপাশি ও আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা দুটি  $\pi$  বন্ধন উৎপন্ন করে। অতএব ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর মধ্যে তিনটি  $\sigma$  বন্ধন (দুটি C—H ও একটি C—C সিগমা বন্ধন) এবং দু কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুটি  $\pi$  বন্ধন অবস্থান করে।  $\pi$  বন্ধনের ইলেক্ট্রনগুলো এ  $\sigma$  বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেষ্টন করে রাখে।



চিত্র-২.১০ :  $sp$ -সংকরিত দুটি কার্বনের মধ্যে একটি সিগমা ও দুটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে দুটি  $sp$  অরবিটাল সমতলীয় সরলরৈখিক এবং  $\text{H}-\text{C}-\text{C}$  কোণ  $180^\circ$  এবং কার্বন-কার্বন ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) ত্রিবন্ধন দূরত্ব হলো  $0.120 \text{ nm}$ ।

দ্রষ্টব্য : কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন দূরত্ব ( $0.120 \text{ nm}$ ) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দূরত্ব ( $0.134 \text{ nm}$ ) অপেক্ষা কম হয়।

এর কারণ ব্যাখ্যা : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনের বেলায়, দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা তিনটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p-চরিত্র থাকে। অপরদিকে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বেলায় দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে  $sp$  সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব  $sp$  সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। সুতরাং  $sp^2$  সংকরণে সৃষ্টি সংকর অরবিটালের তুলনায়  $sp$  সংকরণে সৃষ্টি সংকর অরবিটালে s-অরবিটালের চরিত্র বেশি হওয়ায় তাদের দ্বারা সৃষ্টি ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় কার্বন নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে দূরত্ব হ্রাস পায়। তাই কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন  $\text{C}\equiv\text{C}$  দূরত্ব ( $0.120 \text{ nm}$ ) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন  $\text{C}=\text{C}$  দূরত্ব ( $0.134 \text{ nm}$ ) অপেক্ষা কম হয়।

## ২.১.৮ ইথেন, ইথিন ও ইথাইন অণুর গঠন, বন্ধন কোণ ও বন্ধন দূরত্ব

### Geometric structure of $C_2H_6$ , $C_2H_4$ , $C_2H_2$ & their bond angle, bond length

ইথেন, ইথিন ও ইথাইন অণু গঠনে প্রত্যেকের বেলায় দুটি করে C পরমাণু যথাক্রমে  $sp^3$ ,  $sp^2$  ও  $sp$  সংকরিত অবস্থায় আছে। প্রতি ক্ষেত্রে সৃষ্টি সংকর অরবিটাল সমতুল্য; কিন্তু S ও P অরবিটাল থেকে ভিন্ন। কার্বন পরমাণুর সংকরণের ভিন্নতার ওপর নির্ভর করে সৃষ্টি সংকর অরবিটালে % S অরবিটাল বৈশিষ্ট্য এবং তাদের দ্বারা সৃষ্টি যৌগের অণুর জ্যামিতিক গঠন, বন্ধন কোণ, বন্ধন দূরত্বে পার্থক্য দেখা যায়। নিচের ২.৩ নং সারণিতে তা দেখানো হলো :

সারণি-২.৩ : ইথেন, ইথিন ও ইথাইন অণুতে C এর সংকৰণ ও বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য।



যৌগের নাম	C পরমাণুর সংকৰণ	Sংকর অরবিটালে % S-বৈশিষ্ট্য	যৌগের অণুতে বন্ধন কোণ	বিভিন্ন বন্ধন দূরত্ব (nm)	যৌগের জ্যামিতিক গঠন
ইথেন $H_3C-CH_3$	$sp^3$ সংকরণ ৪টি সংকর অরবিটাল	25% S-বৈশিষ্ট্য	109.5°	C—C = 0.154 nm C—H = 0.110 nm	চতুর্ভুক্তীয় উভয় C-পরমাণু ত-বন্ধন বরাবর আবর্তনশীল থাকে।
ইথিন $H_2C=CH_2$	$sp^2$ সংকরণ ৩টি সংকর অরবিটাল	33.3% S-বৈশিষ্ট্য	120°	C=C = 0.134 nm C—H = 0.109 nm	সমতলীয় ড্রাইগোনাল
ইথাইন $HC\equiv CH$	sp সংকরণ ২টি সংকর অরবিটাল	50% S-বৈশিষ্ট্য	180°	C≡C = 0.120 nm C—H = 0.106 nm	সরলরেখিক

শিক্ষার্থীর কাজ - ২.২ : জৈবযৌগে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণভিত্তিক :

সমস্যা-২.২ : (ক) ইথেন অণুতে C পরমাণুর কীরণ অরবিটাল সংকরণ ঘটেছে তা ব্যাখ্যা করো।

(খ) ইথিন অণুতে C-পরমাণুর কীরণ অরবিটাল সংকরণ ঘটেছে তা ব্যাখ্যা করো।

(গ) ইথাইন অণু গঠনে কার্বনের sp সংকরণ সচিত্র আলোচনা করো।

(ঘ) কার্বন-কার্বন বন্ধন দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন-হিবন্ধন দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম কেন, তা ব্যাখ্যা করো।

## ২.২ সমগোত্রীয় শ্রেণি

### Homologous Series

তোমরা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন শ্রেণির সদস্যরূপে মিথেন ( $CH_4$ ), ইথেন ( $C_2H_6$ ), প্রোপেন ( $C_3H_8$ ), বিউটেন ( $C_4H_{10}$ ) প্রভৃতি যৌগের ধর্ম সমন্বে জেনেছো। এদের সংকেতে একই মৌল C ও H এবং বন্ধন গঠনে কার্বন শিকলে সিগমা (σ) বন্ধন আছে। তাই এদের ধর্মে অনেক সাদৃশ্য আছে। লক্ষ্য কর, মিথেন ও ইথেনের সংকেতে  $-CH_2-$  (মিথিলিন) মূলক পার্থক্য আছে। একইভাবে  $C_3H_8$  ও  $C_4H_{10}$  এর মধ্যে  $-CH_2-$  মূলক পার্থক্য আছে।

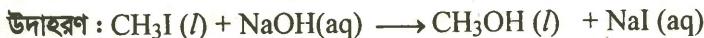
সংজ্ঞা : একই প্রকার মৌল সমন্বয়ে গঠিত সমধর্মী জৈবযৌগসমূহকে এদের আণবিক ভরের ক্রমবর্ধমান সংখ্যামানে অর্থাৎ অণুষ্ঠিত কার্বন পরমাণু সংখ্যার বৃদ্ধিক্রমে সারিবদ্ধ করে যদি প্রত্যেক পাশাপাশি দুটি যৌগের মধ্যে মিথিলিন ( $-CH_2-$ ) মূলকের পার্থক্য থাকে এবং ঐ যৌগসমূহের সংযুক্তিকে একটি সাধারণ সংকেতে দ্বারা প্রকাশ করা যায়, তবে ঐ সারিকে ঐসব যৌগের সমগোত্রীয় শ্রেণি বা হোমোলগাস সিরিজ বলে। এরপ শ্রেণির প্রত্যেক সদস্যকে সমগোত্রীক বা হোমোলগ রসায়ন-২য় (হাসান) -১১(ক)

*RMD RC*

(homologue) বলে। জৈবযৌগের রসায়ন বলতে জৈবযৌগের সমগোত্রীয় শ্রেণির রসায়নকে বোঝায়। অ্যালকেন একটি সমগোত্রীয় শ্রেণি; এ শ্রেণির সাধারণ সংকেত হলো  $C_nH_{2n+2}$  এবং  $n = 1, 2, 3$  ইত্যাদি বসিয়ে মিথেন ( $CH_4$ ), ইথেন ( $C_2H_6$ ), প্রোপেন ( $C_3H_8$ ) ইত্যাদির সংকেত পাওয়া যায়।

অনুরূপভাবে মিথানল ( $CH_3OH$ ), ইথানল ( $C_2H_5OH$ ), প্রোপানল ( $C_3H_7OH$ ) ইত্যাদি মিলে অ্যালকোহল সমগোত্রীয় শ্রেণি আছে। প্রত্যেক সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগসমূহের মধ্যে নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য থাকে:

- \* ১. এদেরকে একটি সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন,  $C_nH_{2n+1}OH$  হলো অ্যালকোহলের সাধারণ সংকেত। এখানে  $n = 1$  হলে মিথানল  $CH_3OH$ ,  $n = 2$  হলে ইথানল  $C_2H_5OH$  হয়।
- \* ২. পাশাপাশি দুই সমগোত্রের মধ্যে মিথিলিন মূলক (- $CH_2-$ ) এর পার্থক্য থাকে। যেমন, মিথানল ( $CH_3OH$ ) ও ইথানল ( $CH_3CH_2OH$ ) এদের মধ্যে পার্থক্য হলো  $-CH_2-$  মূলক।
- \* ৩. প্রত্যেক সমগোত্রীয় শ্রেণির একটি নির্দিষ্ট কার্যকরী মূলক থাকে। যেমন,  $-OH$  হলো অ্যালকোহলের কার্যকরী মূলক।
- \* ৪. প্রত্যেক সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগসমূহের কয়েকটি সাধারণ অন্তর্ভুক্ত পদ্ধতি থাকে। যেমন,



- \* ৫. এদের মধ্যে রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য থাকে। কিন্তু এদের আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে এদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, ঘনত্ব প্রভৃতির ক্রমপরিবর্তন ঘটে। যেমন, মিথানল ( $CH_3OH$ ) এর স্ফুটনাঙ্ক  $65^{\circ}C$ , ইথানল ( $C_2H_5OH$ ) এর স্ফুটনাঙ্ক  $78.3^{\circ}C$ । নিচে ২.৪ নং সারণিতে কয়েকটি সমগোত্রীয় শ্রেণির নাম, সাধারণ সংকেত ও শ্রেণির উদাহরণ দেওয়া হলো:

#### সারণি- ২.৪ : কয়েকটি সমগোত্রীয় শ্রেণি

সমগোত্রীয় শ্রেণি	সাধারণ সংকেত	সমগোত্রীয় শ্রেণির সদস্য বা হোমোলগ
১. অ্যালকেন	$C_nH_{2n+2}$	$CH_4$ (মিথেন), $C_2H_6$ (ইথেন), $C_3H_8$ (প্রোপেন)
২. অ্যালকিন	$C_nH_{2n}$	$C_2H_4$ (ইথিন), $C_3H_6$ (প্রোপিন), $C_4H_8$ (বিউটিন)
৩. অ্যালকাইন	$C_nH_{2n-2}$	$C_2H_2$ (ইথাইন), $C_3H_4$ (প্রোপাইন), $C_4H_6$ (বিউটাইন)
৪. অ্যালকোহল	$C_nH_{2n+1}OH$	$CH_3OH$ (মিথানল), $C_2H_5OH$ (ইথানল), $C_3H_7OH$ (প্রোপানল)
৫. অ্যালডিহাইড	$C_nH_{2n+1}CHO$	$CH_3CHO$ (ইথান্যাল), $C_2H_5CHO$ (প্রোপান্যাল),
৬. কার্বক্সিলিক এসিড	$C_nH_{2n+1}COOH$	$CH_3COOH$ (ইথানোয়িক এসিড), $C_2H_5COOH$ ,
৭. অ্যামিন	$C_nH_{2n+1}NH_2$	$CH_3NH_2$ (মিথাইল অ্যামিন), $C_2H_5NH_2$ (ইথাইল অ্যামিন)।

#### শিক্ষার্থীর কাজ - ২.৩ : সমগোত্রীয় শ্রেণিভিত্তিক :

সমস্যা-২.৩ : নিচের (ক) ও (খ) ছফ্পে উল্লেখিত সংকেতের জৈবযৌগসমূহকে এদের প্রযোজ্য সমগোত্রীয় শ্রেণিতে অন্তর্ভুক্ত করো এবং এরপে শ্রেণিভুক্ত করার পক্ষে যুক্তি দাও।

(ক)  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $CH_3OH$ ,  $CH_3CH_2CH_3$

(খ)  $CH_3CH=CH_2$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $C_4H_8$ ,  $CH_3CH_2CH_2OH$

#### ২.৩ কার্যকরী মূলক (Functional Groups)

জৈব রসায়নে সমগোত্রীয় শ্রেণির চিন্তা এসেছে যৌগসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য নিয়ে। সমগোত্রীয় শ্রেণির উল্লেখিত বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের মধ্যে তৃতীয় বৈশিষ্ট্যে 'কার্যকরী মূলক' রয়েছে। মূলত জৈব বিক্রিয়ার রসায়ন যৌগের কার্যকরী মূলকের ওপরই কেন্দ্রীভূত। কারণ—

- \* সংশ্লিষ্ট কার্যকরী মূলকে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব কীরণ আছে; এর ওপরই যৌগের সক্রিয়তা (reactivity) নির্ভর করে। যেমন, অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন ( $C=C$ ) দ্বিবন্ধনে এবং অ্যালকাইনের কার্বন-কার্বন ( $C\equiv C$ ) ত্রিবন্ধনে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেশি থাকে।
- \* আবার  $C-CI$  বন্ধনে ও  $C-O$  বন্ধনের বেলায় ডাইপোল সৃষ্টি হয়। এর ফলে অপর বিক্রিয়ক অণুতেও ডাইপোল সৃষ্টি করে।
- \* শেষে উভয় বিক্রিয়ক অণুর মধ্যে আকর্ষণ এবং নতুন বন্ধন গঠন ও পুরাতন বন্ধন ভাঙনের মাধ্যমে নতুন উৎপাদ সৃষ্টি হয়।

**সংজ্ঞা :** জৈবযৌগের কার্যকরী মূলক হলো ঐ যৌগের অণুষ্ঠিত বিশেষ পরমাণু বা মূলক, যা ঐ জৈবযৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে এবং সমগ্রোচ্চ শ্রেণির পরিচায়ক সব সমগ্রোচ্চকের বেলায় অনুরূপ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। যেমন—

(১) অ্যালকোহলসমূহের কার্যকরী মূলক হলো অ্যালকোহলিক হাইড্রক্সিল ( $-OH$ ) মূলক।

(২) অ্যালডিহাইডসমূহের কার্যকরী মূলক হলো অ্যালডিহাইড মূলক, ( $-CHO$ )।

পরবর্তী পৃষ্ঠায় ২.৫ নং সারণিতে জৈবযৌগের বিভিন্ন কার্যকরী মূলক দেখানো হলো :

জেনে রাখো : (i) কার্যকরী মূলকই কোনো সমগ্রোচ্চ শ্রেণির রাসায়নিক বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। তাই বিভিন্ন সমগ্রোচ্চকের কার্বন শিকলের দৈর্ঘ্য ও শাখা ভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও ঐ সব যৌগের রাসায়নিক ধর্মে কার্বন শিকল তেমন প্রভাব সৃষ্টি করে না। (ii) কার্যকরী মূলকে একক বন্ধন, দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন থাকলে তখন জৈবযৌগে নিম্নরূপ শ্রেণিগত বিক্রিয়া ঘটে :

\* একক বন্ধনযুক্ত কার্যকরী মূলকে প্রতিস্থাপন ও অপসারণ বিক্রিয়া ঘটে। যেমন, অ্যালকোহলের  $-O-H$  মূলকে।

\* দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্যকরী মূলকে সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে। যেমন,  $C=C$  বন্ধন ও  $C\equiv C$  বন্ধনে।

\* একক ও দ্বিবন্ধন উভয়ই কার্যকরী মূলকে থাকলে এতে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে। যেমন,  $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{C}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{H}$  মূলকে।

## ২.৪ কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈবযৌগের শ্রেণি চিহ্নিতকরণ

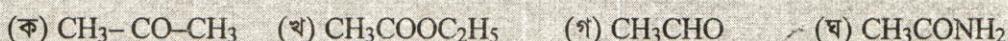
### To Identify Homologous Series Based on Functional Group

শিক্ষার্থীর কাজ - ২.৪ : কার্যকরী মূলকভিত্তিক সমগ্রোচ্চ শ্রেণি চিহ্নিতকরণ :

সমস্যা-২.৪ : নিচের কার্যকরী মূলকের নাম ও সমগ্রোচ্চ শ্রেণির সাধারণ সংকেত উদাহরণসহ লেখ।



সমস্যা-২.৫ : নিচের উদাহরণ থেকে কার্যকরী মূলক পৃথক করে কার্যকরী মূলকের নাম ও লুইস গঠন লেখ।



সমস্যা-২.৬ : নিচে দেয়া আণবিক সংকেত থেকে উল্লেখিত কার্যকরী মূলকসহকারে যৌগের গাঠনিক সংকেত লেখ :

(ক)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  যৌগে অ্যালডিহাইড মূলক আছে।

(খ)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$  যৌগে কার্বক্সিলিক মূলক আছে।

(গ)  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  যৌগে কিটোন মূলক আছে।

সমস্যা-২.৭ : নিচের আণবিক সংকেতযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে সম্ভাব্য একক বন্ধন, দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনসহকারে কার্যকরী মূলকসহ

গাঠনিক সংকেত লেখ এবং মূলকে বন্ধন সংখ্যা অনুসারে কোন শ্রেণির বিক্রিয়া ঘটা সম্ভব তা উল্লেখ করো।

(ক)  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

(খ)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

(গ)  $\text{C}_3\text{H}_4$

*(MAT-18-19  
MAT-11-12  
DAT-23-24)*

## সারণি-২.৫ : বিভিন্ন সমগোত্রীয় প্রেগির কার্যকরী মূলক

*\*\*\**

*Only 1st Column*

সমগোত্রীয় ঘোষণা	কার্যকরী মূলক ও গাঠনিক সংকেত	কার্যকরী মূলকের নাম	উদাহরণ		
			লুইস গঠন	বল ও স্টিক মডেল	IUPAC নাম (সাধারণ নাম)
১। অ্যালকিন $C_nH_{2n}$	$\text{>C=C<}$	কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$		ইথিন (ইথিলিন)
২। অ্যালকাইন $C_nH_{2n-2}$	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$		ইথাইন (অ্যাসিটিলিন)
৩। হ্যালোঅ্যালকেন $R-X$	$-\text{C}-\ddot{\text{X}}:$ X=halogen	হ্যালাইড মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\ddot{\text{Cl}}: \\   \\ \text{H} \end{array}$		ক্লোরোমিথেন (মিথাইল ক্লোরাইড)
৪। অ্যালকোহল $R-OH$	$-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$	অ্যালকোহল মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$		মিথানল (মিথাইল অ্যালকোহল)
৫। অ্যামিন $R-NH_2$	$-\text{C}-\ddot{\text{N}}-$	অ্যামিনো মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\ &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		ইথানামিন (ইথাইল অ্যামিন)
৬। অ্যালডিহাইড $R-CHO$	$:\ddot{\text{O}}:-\text{C}-\text{H}$	অ্যালডিহাইড মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}}: \\   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$		ইথান্যাল (অ্যাসিট্যালডিহাইড)
৭। কিটোন $R-CO-R$	$:\ddot{\text{O}}:-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$	কার্বনিল বা, কিটো-মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}}: \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		2- প্রোপানোন (অ্যাসিটোন)
৮। কার্বক্সিলিক এসিড $R-COOH$	$:\ddot{\text{O}}:-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$	কার্বক্সিল মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}}: \\   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$		ইথানোয়িক এসিড (অ্যাসিটিক এসিড)
৯। এস্টার $R-COOR$	$:\ddot{\text{O}}:-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{C}-$	এস্টার মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}}: & \text{H} \\   &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		মিথাইল ইথানোয়েট (বা অ্যাসিটেট)
১০। অ্যামাইড $R-CONH_2$	$:\ddot{\text{O}}:-\text{C}-\ddot{\text{N}}-$	অ্যামাইড মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{O}}: \\   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		ইথান্যামাইড (অ্যাসিট্যামাইড)
১১। নাইট্রাইল $R-CN$	$-\text{C}\equiv\ddot{\text{N}}$	নাইট্রাইল বা সায়ানাইড মূলক	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}: \\   \\ \text{H} \end{array}$		ইথেন নাইট্রাইল, (মিথাইল সায়ানাইড)

\* জেনে নাও : 'অ্যালকেন' যোগ অণুর কোনো বিশেষ 'কার্যকরী মূলক' নেই। কারণ 'অ্যালকেন' অণুসমূহে যেমন,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ ;  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  ইত্যাদিতে কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে ( $\text{C-C}$ ) ও কার্বন-হাইড্রোজেন ( $\text{C-H}$ ) সিগমা বন্ধনে 'ইলেক্ট্রন ঘনত্ব' সমান থাকে এবং অণুতে কোনো ডাইপোল বা পোলারিটি সৃষ্টি হয় না। তাই অ্যালকেন অণুর কোনো বিশেষ অংশ অ্যালকেনের ধর্মকে নিয়ন্ত্রণ করে না। কেবল সিগমা বন্ধনই অ্যালকেনের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণকারী; যা ঐ অণুর সব অংশে হতে পারে। জৈব বিক্রিয়ার নির্ভরশীলতা হলো কার্যকরী মূলকের ওপর; যা আবার নির্ভর করে দুটি ফ্যাক্টর যেমন 'কার্যকরী মূলকের বিশেষ 'ইলেক্ট্রন ঘনত্ব' ও 'পোলারিটির' ওপর। (অনুচ্ছেদ ২.৩ এর শর্ত দুটি দেখো।)

## ২.৫ জৈবযৌগের নামকরণ

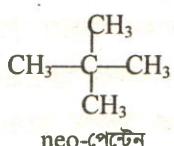
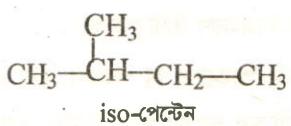
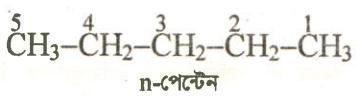
### Nomenclature of Organic Compounds

রসায়নবিদগণ এ যাবৎ নিম্নোক্ত তিনটি পদ্ধতিতে জৈবযৌগের নামকরণ করেছেন। যেমন, (১) সাধারণ বা প্রচলিত (Trivial) পদ্ধতি, (২) উদ্ভৃত বা জাতক (Derived) পদ্ধতি, (৩) জেনেভা বা IUPAC (ইউপ্যাক) পদ্ধতি। [IUPAC = International Union of Pure & Applied Chemistry]

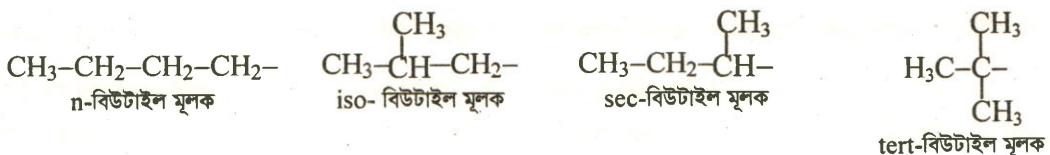
(১) সাধারণ পদ্ধতি থেকে জেনেভা পদ্ধতি : প্রাথমিক অবস্থায় জৈবযৌগের উৎস, ধর্ম, ব্যবহার ও আবিষ্কারকের ইচ্ছানুসারে আবিষ্কৃত যৌগের নামকরণ করা হতো। যেমন,  $\text{C}_2\text{H}_6$  গ্যাস সহজে জুলে (গ্রিক aithen) বলে এর নাম ইথেন; লাল পিংপড়া (formica) থেকে প্রাণু  $\text{HCOOH}$  এর নাম ফরমিক এসিড; প্রস্তাব (urine) থেকে প্রাণু  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$  এর নাম ইউরিয়া। তবে জেনেভা পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে Alkane (অ্যালকেন) বলা হয়। প্রথম চারটি অ্যালকেনের নাম এদের সমসংখ্যক C-পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকোহলের নাম থেকে উদ্ভৃত হয়েছে। যেমন মিথেন ( $\text{CH}_4$ ), ইথেন ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), প্রোপেন ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), বিউটেন ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )। পঞ্চম থেকে উচ্চতর অ্যালকেনের অণুষ্ঠিত C-পরমাণুর সংখ্যাসূচক গ্রিক শব্দের শেষে '-এন' (-ane) যোগ করে নামকরণ হয়েছে। যেমন,



অ্যালকেনের নামের পূর্বে পূর্বপদক্রমে n-, iso-, neo- ব্যবহার : অ্যালকেনের চেইন সমাগুগ্লোর ক্ষেত্রে প্রাথমিক জেনেভা পদ্ধতিতে সরল শিকল যৌগকে নরম্যাল (normal) যৌগক্রমে এর নামের পূর্বে *n*-যুক্ত করা হয়। যদি C-শিকলের এক প্রাণ্তে তিনিটি C-পরমাণুযুক্ত ( $\text{CH}_3)_2\text{CH}-$  মূলক যুক্ত শাখা (isomeric) থাকে, তখন ঐ যৌগকে 'আইসো যৌগ' রূপে নামের পূর্বে 'iso'-যুক্ত করা হয়। আর যদি কোনো C-শিকলে একটি চতুর্মাত্রিক (quartary) অর্থাৎ চারটি C-পরমাণু যুক্ত কোনো কার্বন পরমাণু (neomar) থাকে, তবে ঐ যৌগকে 'নিও-যৌগ' রূপে নামের পূর্বে 'neo'- যুক্ত করা হয়। যেমন,



**অ্যালকাইল মূলক :** অ্যালকেন অণু থেকে একটি H-পরমাণু অপসারিত করলে সৃষ্টি একযোজী মূলককে অ্যালকাইল মূলক (alkyl group) বলে। কোনো অ্যালকেনের অণু থেকে দু বা ততোধিক অ্যালকাইল মূলকের নামকরণ উপরোক্ত নিয়মে করা হয়। যেমন, মিথেন ( $\text{CH}_4$ ) থেকে কেবল মিথাইল মূলক ( $\text{CH}_3-$ ); ইথেন ( $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ) থেকে ইথাইল মূলক ( $\text{CH}_3\text{CH}_2-$ ) হয়। কিন্তু প্রোপেন ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) থেকে দুটি মূলক সম্ভব। যেমন, *n*-প্রোপাইল মূলক ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$ ) ও *iso*-প্রোপাইল মূলক।  $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$ । বিউটেন ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) থেকে চারটি মূলক সম্ভব। যেমন,



(২) উচ্চত পদ্ধতি : অ্যালকেন সদস্যগুলোকে মিথেন ( $\text{CH}_4$ ) এর জাতকরণে এবং  $\text{CH}_3\text{OH}$  কে কার্বিনল ধরে এর C-এর সাথে যুক্ত H পরমাণুর প্রতিস্থাপকের নাম যুক্ত করে কার্বিনলরূপে অ্যালকোহলের নামকরণ করা হয়।

যেমন,  $\text{CH}_3-\text{CH}_3$  কে মিথাইল মিথেন,  
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  কে ডাইমিথাইল মিথেন,  
 $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$  কে ট্রাইমিথাইল মিথেন ইত্যাদি।  
 আবার অ্যালকোহলের বেলায়—

$\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$  কে মিথাইল কার্বিনল,  
 $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$  কে ইথাইল কার্বিনল,  
 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$  কে ডাইমিথাইল কার্বিনল,  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$  কে ট্রাইমিথাইল কার্বিনল বলা হয়।

(৩) আধুনিক জেনেভা বা ইউপ্যাক (IUPAC) পদ্ধতি : সর্বপ্রথম 1892 সালে আন্তর্জাতিক খ্যাতিমান রসায়নবিদেরা সুইজারল্যান্ডের জেনেভা শহরে এক সম্মেলনে জৈবযৌগের C-শিকল ও কার্যকরী মূলকভিত্তিক নামকরণের যে কার্যকর বিধিমালা প্রণয়ন করেন, তাকে জেনেভা বা IUPAC পদ্ধতি বলে। বিভিন্ন সময়ে জেনেভা পদ্ধতিতে বিভিন্ন নিয়ম পরিবর্তন ও সংযোজন করা হয়। 1993 সালের জেনেভা পদ্ধতির সর্বশেষ সংস্করণ মতে অ্যালিফেটিক জৈবযৌগের নামকরণের সার সংক্ষেপ নিম্নরূপ :

অ্যালিফেটিক জৈবযৌগের নামকরণে প্রধানত তিনটি 'পদ' বা অংশ থাকে। যেমন,

(১) উপপদ (Prefix), (২) শব্দ মূল (Word root) ও পরপদ (Suffix)।

- \* (১) এ তিনটি পদের মধ্যে 'শব্দ মূল' প্রধান, যা নির্ধারিত 'দীর্ঘতম কার্বন-শিকল' এর মোট কার্বন পরমাণুর সংখ্যার ওপর নির্ভরশীল। দীর্ঘতম কার্বন শিকলের কার্বন পরমাণুর সংখ্যানুসারে যৌগের নামের 'শব্দ মূল' নির্ধারিত হয়, তা সারণি -২.৬ এ দেয়া হলো।
- \* (২) এ 'শব্দ মূল' পদের শেষে কার্বন শিকলের প্রকৃতি অনুসারে অথবা কার্যকরী মূলকের প্রকৃতি অনুসারে 'পর পদ' যোগ হয়। এরপে 'মূল জৈবযৌগের' নামকরণ ছিরীকৃত হয়।
- \* (৩) তারপর মূল জৈবযৌগের কার্বন শিকলের H পরমাণু অন্য কোনো মূলক বা পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে তাকে 'উপপদ' হিসেবে মূল জৈবযৌগের নামের পূর্বে কার্বন শিকলে তার অবস্থান নির্দেশক সংখ্যাসহ যোগ করা হয়।

১। হাইড্রোকার্বনের অগুতে কেবল কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধন ( $\text{C}-\text{C}$ ) থাকলে যৌগটিকে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ধরা হয়। এর নামকরণে 'শব্দ মূল' এর সাথে-'এন' (-ane) বসে। যুক্ত শিকল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে অ্যালকেন (Alkane) বলে। এর সংকেত ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) এবং তাকে মূল যৌগ শ্রেণি ধরা হয়। অ্যালকেন থেকে একটি H পরমাণু সরালে যে একযোজী মূলক পাওয়া যায়, তাকে অ্যালকাইল (Alkyl) মূলক বলে। এ মূলক 'পূর্ব-পদ' রূপে মূল যৌগের নামকরণে বসে।

MCQ-2.4: মিথাইল কার্বিনলের সংকেত কোনটি?	
[কু. বো. ২০১৬]	
(ক) $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}$	(খ) $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$
(গ) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	(ঘ) $\text{CH}_3-\text{OH}$

সারণি-২.৬ : কার্বন শিকলের পরমাণুর সংখ্যানুসারে জৈবযৌগের নামের 'শব্দ মূল', অ্যালকেনের নাম ও সংকেত এবং অ্যালকাইল মূলকের নাম ও সংকেত :

শিকলে C-পরমাণু	যৌগের 'শব্দ মূল'		অ্যালকেন ( $C_nH_{2n+2}$ ) এর সংকেত ও নাম	অ্যালকাইল মূলক (উপ-পদ)	
C <sub>1</sub>	মিথ	(Meth)	CH <sub>4</sub>	মিথেন Methane	মিথাইল -CH <sub>3</sub>
C <sub>2</sub>	ইথ	(Eth)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	ইথেন Ethane	ইথাইল CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -
C <sub>3</sub>	প্রোপ	(Prop)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	প্রোপেন Propane	প্রোপাইল CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>4</sub>	বিট	(But)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	বিটেন Butane	বিটাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>5</sub>	পেন্ট	(Pent)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	পেন্টেন Pentane	পেন্টাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>6</sub>	হেক্স	(Hex)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>	হেক্সেন Hexane	হেক্সাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>7</sub>	হেক্ট	(Hept)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	হেক্টেন Heptane	হেক্টাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>8</sub>	অক্ট	(Oct)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -CH <sub>3</sub>	অক্টেন Octane	অক্টাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>9</sub>	নন	(Non)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -CH <sub>3</sub>	ননেন Nonane	ননাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>10</sub>	ডেক	(Dec)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -CH <sub>3</sub>	ডেকেন Decane	ডেকাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>11</sub>	উনডেক	(Undec)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> -CH <sub>3</sub>	উনডেকেন Undecane	উনডেকাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>2</sub> -
C <sub>12</sub>	ডোডেক	(Dodec)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> -CH <sub>3</sub>	ডোডেকেন Dodecane	ডোডেকাইল CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>2</sub> -

### ২.৫.১ অ্যালকেন বা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণ (Naming of Alkane)

জেনেভা পদ্ধতিতে যৌগের কার্বন কাঠামোর দীর্ঘতম কার্বন শিকলের কার্বন পরমাণুর সংখ্যাকে প্রিক সংখ্যাবাচক শব্দের 'শের্ষে-এন' (-ane) বিভক্তি যোগ করে নামকরণ হয়।

যেমন,  $^1\text{CH}_3-\overset{2}{\text{CH}}_2-\overset{3}{\text{CH}}_2-\overset{4}{\text{CH}}_2-\overset{5}{\text{CH}}_2-\overset{6}{\text{CH}}_3$

এ হাইড্রোকার্বনের নাম হেক্সেন, কারণ ৬টি কার্বন পরমাণু এ যৌগের কার্বন শিকলে আছে। প্রিক ভাষায় ছয় শব্দের নাম 'Hex'; সূতরাং Hex + ane = Hexane. (হেক্সেন)।

২। শাখাযুক্ত অ্যালকেনের বেলায় দীর্ঘতম কার্বন-শিকল ঠিক করে শিকলটির বাম ও ডান উভয় দিক থেকে শেষ প্রান্ত পর্যন্ত 1, 2, 3, 4, ..... ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা শিকলের কার্বন পরমাণুগুলোকে চিহ্নিত করা হয়। পরে একাধিক পার্শ্বশিকলের অবস্থান-নির্দেশক সংখ্যার যোগফল ডান বা বাম যে দিক থেকে ক্ষুদ্রতর হয়, সে দিকের সংখ্যাই পার্শ্বশিকল বা মূলকের নামের পূর্বে লেখা হয়।

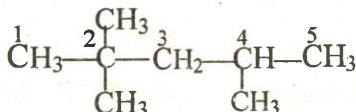
৩। যখন সমসংখ্যক C পরমাণু যুক্ত দুটি দীর্ঘতম কার্বন-শিকল সম্বন্ধ হয়, তখন অধিক শাখা বা মূলকযুক্ত কার্বন-শিকলকে মূল যৌগের জন্য বিবেচনা করা হয়।

৪। পার্শ্বশিকলের মূলকগুলোকে এদের ইংরেজি নামের প্রথম অক্ষরকে বর্ণ ক্রমানুসারে ধরে মূল অ্যালকেনের নামের পূর্বে একই মূলকটিকে স্ব-স্ব অবস্থানের সংখ্যা ও হাইফেন (-) সহ লেখা হয়। ভিন্ন মূলকটির অবস্থান সংখ্যার উভয় পার্শ্বে হাইফেন (-) বসে।

৫। একাধিক একই মূলক পার্শ্বশিকলরূপে থাকলে এদের অবস্থান নির্দেশক সংখ্যাকে 'কমা' চিহ্ন দ্বারা লিখে পরে ডাই, ট্রাই, টেট্রা ..... ইত্যাদি উপসর্গ ঐ মূলকের নামের পূর্বে লেখা হয়।

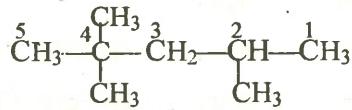
নিচের উদাহরণে বামদিক থেকে নামারিং শুরু কিন্তু ডানদিকের নামারিং ভুল হবে; কারণ  $\text{CH}_3$ -মূলকের জন্য বামদিক থেকে C পরমাণুগুলোর ওপর দেয়া নম্বরের যোগফল হলো  $(2 + 2 + 4) = 8$ ।

কিন্তু ডানদিক থেকে দেয়া নম্বরের যোগফল হলো  $(2 + 4 + 4) = 10$ ।



বামদিক থেকে নম্বর দিলে যোগাটির নাম

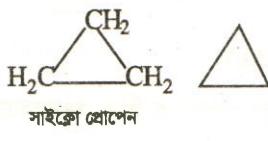
2,2,4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন। (ভুল নামকরণ)



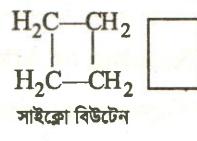
ডানদিক থেকে নম্বর দিলে যোগাটির নাম

2,4,4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন। (ভুল নামকরণ)

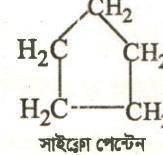
৬। সাইক্লো অ্যালকেনের বেলায় অ্যালকেনের চেয়ে দুটি H-পরমাণু কম থাকে। এদের সাধারণ সংকেত হলো  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ । সাইক্লো অ্যালকেনের কার্বন শিকলের C-পরমাণুসমূহের অবস্থানকে বিভিন্ন প্রকার জ্যামিতিক বন্ধ গঠনে বাস্তুসমূহের মিলিত কৌণিক বিন্দুসমূহ দ্বারা দেখিয়ে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়, এদেরকে সংশ্লিষ্ট যোগের কার্বন ক্ষেলেটন ফর্মুলা (Skeleton Formula) বলে। যেমন, C-পরমাণুর সংখ্যা 3, 4, 5, 6 হলে ত্রিভুজরূপে সাইক্লোপ্রোপেন, চতুর্ভুজরূপে সাইক্লোবিউটেন, পঞ্চভুজরূপে সাইক্লোপেন্টেন ও ষড়ভুজরূপে সাইক্লোহেক্সেন-এর গাঠনিক সংকেত লেখা হয়। এসব গাঠনিক সংকেতে প্রতিটি কোণায় C-পরমাণু আছে ধরা হয় এবং চতুর্ভোজী C-পরমাণুর বন্ধন সংখ্যা বাদে অবশিষ্ট H-পরমাণু আছে মনে রাখতে হয়। যেমন,



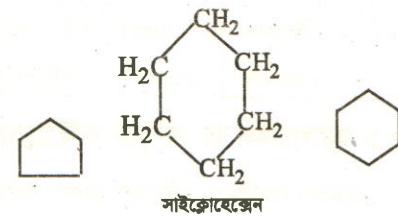
সাইক্লো প্রোপেন



সাইক্লো বিউটেন



সাইক্লো পেন্টেন

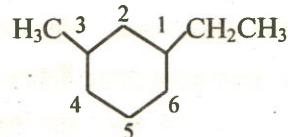


সাইক্লোহেক্সেন

প্রতিস্থাপিত সাইক্লো অ্যালকেনের বেলায়, দু বা ততোধিক প্রতিস্থাপক থাকলে এদের ইংরেজি নামের প্রথম অক্ষরের বর্ণ ক্রমানুসারে প্রথমটির অবস্থানকে 1 ধরে ডানে-বামে ক্ষুদ্রতর সংখ্যা নির্দেশক অবস্থান ধরে অন্যান্য প্রতিস্থাপকের অবস্থান নির্দেশ করা হয়। যেমন,

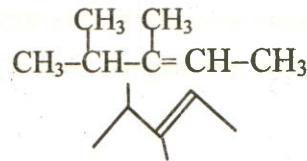


মিথাইল সাইক্লোহেক্সেন



1-ইথাইল - 3-মিথাইল  
সাইক্লোহেক্সেন

অনুরূপভাবে কার্বন ক্ষেলেটন ফর্মুলার সাহায্যে পেন্ট-2-ইন ও 3, 4-ডাইমিথাইল পেন্ট-2-ইন নিম্নরূপে দেখানো হয় : এক্ষেত্রে প্রতিটি রেখার মিলিত বিন্দুতে ও প্রান্তবিন্দুতে C পরমাণু আছে বোঝানো হয় এবং দ্বিবন্ধনকে জোড়া দ্বি-রেখা ও ত্রিবন্ধনকে জোড়া ত্রি-রেখা দ্বারা দেখানো হয়।



সারণি- ২.৭ : কার্বনী মূলকভিত্তিক অ্যালকেনের জাতকরণে সমগোত্রীয় যৌগের নামকরণের নিয়মাবলি :

উপস্থিতি কার্বনী মূলক	যৌগের নামের 'পর-পদ'	যৌগ প্রেরণ সাধারণ নাম	অ্যালকেনের জাতকরণে নামকরণে পরিবর্তন	উদাহরণ
১। কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ )	ইন (-ene)	অ্যালকিন (Alkene)	Alkane -ane + ene $\rightarrow$ Alkene	$H_2C=CH_2$ ইথিন
২। কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ( $C\equiv C$ )	আইন (-yne)	অ্যালকাইন (Alkyne)	Alkane -ane + yne $\rightarrow$ Alkyne	$HC\equiv CH$ ইথাইন
৩। অ্যালকোহল মূলক (-OH)	অল (-ol)	অ্যালকানল (Alkanol)	Alkane -e + ol $\rightarrow$ Alkanol	$CH_3CH_2OH$ ইথানল
৪। অ্যালডিহাইড মূলক (-CHO)	অ্যাল (-al)	অ্যালকান্যাল (Alkanal)	Alkane - e + al $\rightarrow$ Alkanal	$CH_3-CHO$ ইথান্যাল
৫। কিটোন মূলক (-CO-)	ওন (-one)	অ্যালকানোন (Alkanone)	Alkane -e + one $\rightarrow$ Alkanone	$CH_3COCH_3$ প্রোপানোন
৬। কার্বক্সিলিক মূলক (-COOH)	ওয়ার্ক এসিড (-oic acid)	অ্যালকানোয়িক এসিড (Alkanoic acid)	Alkane -e + oic acid $\rightarrow$ Alkanoic acid	$CH_3COOH$ ইথানোয়িক এসিড

## ২.৫.২ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণ

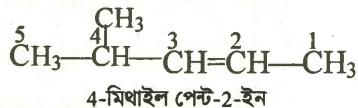
### Naming of Unsaturated Hydrocarbons

যেসব হাইড্রোকার্বনের কার্বন শিকলে এক বা একাধিক দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন থাকে, এদেরকে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে। কার্বন শিকলে একটি দ্বিবন্ধন থাকলে ঐ হাইড্রোকার্বনকে অ্যালকিন এবং একটি ত্রিবন্ধন থাকলে অ্যালকাইন বলে। সারণি ২.৭ মতে অ্যালকেনের জাতকরণে এদের নামকরণ নিম্নরূপ :

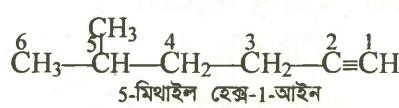
৭। অ্যালকিনে (Alkene) কার্বন শিকলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $>C=C<$ ) এবং অ্যালকাইনে (Alkyne) ত্রিবন্ধনের ( $-C\equiv C-$ ) অবস্থান বাম বা ডানদিক থেকে ক্ষুদ্রতর সংখ্যায় ছির করা হয়। ঐ সংখ্যাকে অ্যালকিনের বেলায় নামের মাঝখানে ‘-ইন’ এবং অ্যালকাইনের বেলায় নামের মাঝখানে ‘-আইন’ এর পূর্বে হাইফেন (-) সহ লেখা হয়। এরপর পাশ্বশিকল বা মূলকগুলোর অবস্থান নির্ণয় করে নামকরণ করা হয়। যেমন,



যেমন, পেন্ট-২-ইন



যেমন, পেন্ট-২-আইন



৮। কার্বন শিকলে দুটি বা তিনটি দ্বিবন্ধন থাকলে এদেরকে যথাক্রমে অ্যালকা-ডাইইন (Alka-diene) ও অ্যালকা-ট্রাইইন (Alka-triene) বলে। আবার কার্বন শিকলে দুটি বা তিনটি ত্রিবন্ধন থাকলে অ্যালকা-ডাইআইন (Alka-diyne) ও অ্যালকা-ট্রাইআইন বলে।

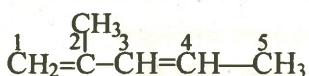


যেমন, পেন্টা-১, 3-ডাইইন



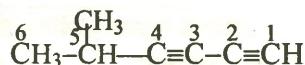
যেমন, হেক্সা-১, 3-ডাইআইন

### উদাহরণ



2-মিথাইল পেটা -1, 3-ডাইইন

[2- Methyl penta -1, 3- diene]



5 - মিথাইল হেক্সা -1, 3 - ডাইআইন

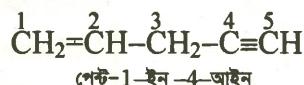
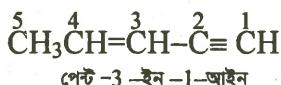
[5-Methyl hexa -1, 3- diyne]

কিন্তু শিকলে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন একত্রে থাকলে যথাক্রমে যোগাটি অ্যালকিনরপে গণ্য করে এরপর Alkene এর 'e' ছলে 'yne' বসায়ে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের অবস্থান নিম্নরূপে উল্লেখ করতে হয়। [1993 এর IUPAC সুপারিশ মতে]

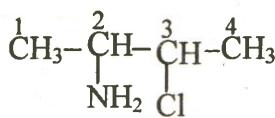
$$\text{Alkene} - e + yne = \text{Alkenyne}$$

\* যখন কার্বন শিকলে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন উভয়ই থাকে, তখন যোগাটি অ্যালকিনাইন (Alkenyne) হবে। মূল যোগাটি হবে অ্যালকিন, কিন্তু নামাবরিং-এর বেলায় দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের মধ্যে উভয় দিক থেকে নামাবরিং-এ যেটির অবস্থান ক্ষুদ্রতর সংখ্যায় থাকে সেটি অঙ্গগণ্য হবে।

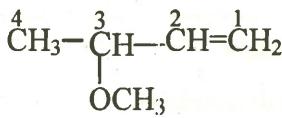
\* কিন্তু দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন শিকলের দুই প্রান্ত থেকে একই হলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান অঙ্গগণ্য ক্ষুদ্রতর সংখ্যায় হবে। যেমন,



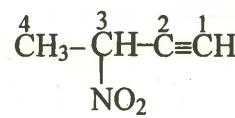
৯। কার্বন শিকলে -NH<sub>2</sub>, -OCH<sub>3</sub>, F, Cl, Br, I, -NO<sub>2</sub> ইত্যাদি পরমাণু বা মূলকসমূহকে যথাক্রমে অ্যামিনো, মিথোক্সি, ফ্লোরো, ক্লোরো, ব্রোমো, আয়োডো, নাইট্রো নামে প্রতিস্থাপিত মূলকরূপে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন,



2- অ্যামিনো-3- ক্লোরো বিউটেন



3- মিথোক্সি বিউট-1-ইন



3-নাইট্রো বিউট-1-আইন

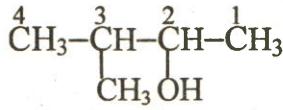
### ২.৫.৩ অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড-কিটোন ও কার্বক্সিলিক এসিডের নামকরণ

#### Naming of Alcohol, Aldehyde-Ketone & Carboxylic Acids

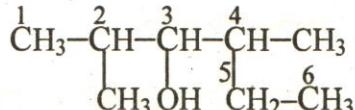
১০। জৈবযৌগের কার্বন শিকলে -OH মূলক থাকলে অ্যালকানল (Alkanol) বলে। দীর্ঘতম কার্বন শিকলের অ্যালকেন (Alkane) এর নামের শেষে 'e' এর ছলে 'ol' পরপর যোগ করা হয়। তখন অ্যালকোহল নামের পরপর (suffix) 'অল' ('ol') এর পূর্বে অবস্থান নির্দেশক সংখ্যাকে হাইফেন (-) সহ লিখতে হয়।

$$\text{Alkane} - e + ol = \text{Alkanol}; \text{ অ্যালকান } + (-\text{সংখ্যা-}) + \text{অল}$$

নামকরণে -OH এর অবস্থান সম্ভাব্য ক্ষুদ্রতর সংখ্যায় ছির করে এরপর পার্শ্বশিকলের অবস্থান ছির করা হয়।

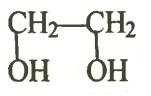


3-মিথাইল বিউটান-2-অল

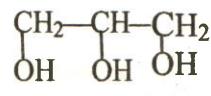


2,4- ডাইমিথাইল হেক্সান-3-অল

সম্পৃক্ত কার্বন শিকলে দুটি -OH মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যোগকে অ্যালকেন ডাইঅল এবং তিনটি -OH মূলক থাকলে অ্যালকেন ট্রাইঅল বলে।

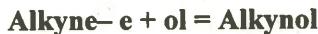


1,2-ইথান ডাইঅল

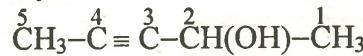


1,2,3-গ্রোপান ট্রাইঅল

১১। অ্যালকোহলের কার্বন শিকলে দ্বিবন্ধন থাকলে অ্যালকিন (Alkene) কে মূল যোগ ধরে alkene এর শেষের e বাদ দিয়ে ol (অল) পরিপদ যোগ করে অ্যালকিনল (Alkenol) নাম রাখা হয়। নামকরণে কার্বকরী মূলক -OH এর অবস্থানকে প্রথমে বিবেচনা করা হয়। অনুরূপভাবে দ্বিবন্ধনসহ -OH মূলক থাকলে অ্যালকাইনল (Alkynol) হবে।



পেন্ট-৩-ইন-১-অল (Pent-3-en-1-ol)

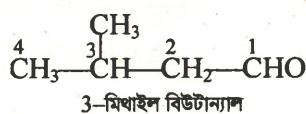


পেন্ট-৩-আইন-২-অল (Pent-3-yn-2-ol)

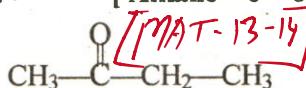
১২। অ্যালডিহাইড (-CHO), কিটোন (-CO-) ও কার্বক্সিলিক এসিড (-COOH) যোগের বেলায় -CHO এবং -COOH কার্বকরী মূলক শিকলের একপাশে থাকে বলে এদের অবস্থান নির্দেশক সংখ্যা (1) কে নামকরণে উল্লেখ করতে হয় না। কিন্তু কিটোন (-CO-) মূলকের অবস্থান সংখ্যা উল্লেখ করতে হয়। তখন কিটোনের নামের 'পরিপদ' Suffix 'ওন' এর পূর্বে অবস্থান নির্দেশক সংখ্যাকে হাইফেন (-) সহ লিখতে হয়।

অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক এসিডের নামকরণের জন্য অ্যালডিহাইড (-CHO) মূলকসহ সম্পৃক্ত দীর্ঘতম শিকলকে অ্যালকান্যাল, কিটোন (-CO-) মূলকসহ দীর্ঘতম শিকলকে অ্যালকানোন [অ্যালকান + (-সংখ্যা-) + ওন] এবং মনোকার্বক্সিলিক এসিডের বেলায় -COOH মূলকসহ সম্পৃক্ত দীর্ঘতম শিকলকে অ্যালকানোয়িক এসিড বলা হয়।

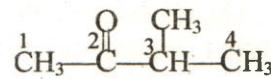
- (i) অ্যালডিহাইড (-CHO) মূলক থাকলে : [ Alkane - e + al ] = Alkanal ]
- (ii) কিটোন (-CO-) মূলক থাকলে : [ Alkane - e + one ] = Alkanone ]
- (iii) কার্বক্সিল (-COOH) মূলক থাকলে : [ Alkane - e + oic acid ] = Alkanoic acid ]



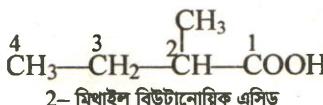
3-মিথাইল বিউটান্যাল



বিউটানোন



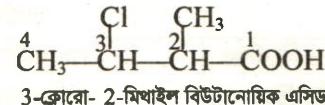
3-মিথাইল বিউটান-২-ওন



2-মিথাইল বিউটানোয়িক এসিড



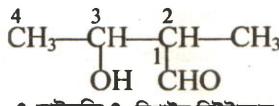
প্রোপেন ডাইওয়িক এসিড



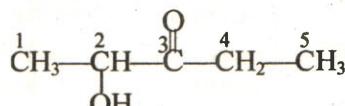
3-ক্লোরো-2-মিথাইল বিউটানোয়িক এসিড

শিকলে দুটি -COOH মূলক থাকলে যোগটি অ্যালকেন ডাইওয়িক এসিড হবে।

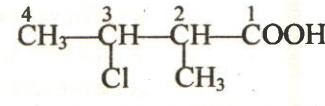
১৩। অ্যালডিহাইড, কিটোন ও এসিডের বেলায় Cl, -OH, -NH<sub>2</sub>, -O-R (অ্যালকোআইড), -NO<sub>2</sub> ইত্যাদি মূলক কার্বন শিকলে থাকলে, এদেরকে প্রতিশ্রূতি মূলকরণে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন,



3-হাইড্রো-2-মিথাইল বিউটান্যাল

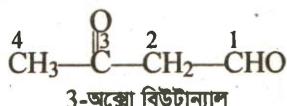


2-হাইড্রো পেন্টান-৩-ওন

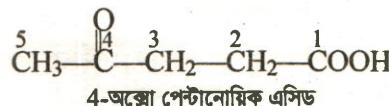


3-ক্লোরো-2-মিথাইল বিউটানোয়িক এসিড

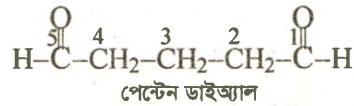
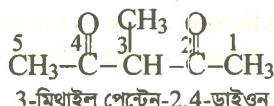
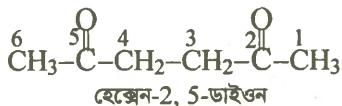
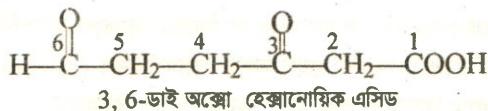
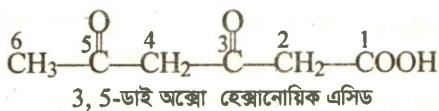
অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক এসিডের শিকলে দ্বিতীয় মূলকরণে -CO- মূলক থাকলে তখন -CO- মূলকটিকে যোগের নামের পূর্বে এর অবস্থান সংখ্যাসহ 'অঙ্গো' শব্দে লিখতে হয়। আবার একই সম্পৃক্ত কার্বন শিকলে দুটি (-CO-) মূলক থাকলে যোগটিকে অ্যালকেনডাইওন নামকরণ এবং (-CO-) মূলকের অবস্থানসূচক সংখ্যাকে 'ওন' এর পূর্বে হাইফেনসহ (-) লেখা হয়। দুটি -CHO মূলক থাকলে যোগটির তখন অ্যালকেন নামের পর ডাইঅ্যাল (dial) নামকরণ হয়।



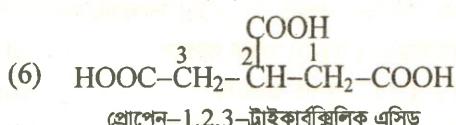
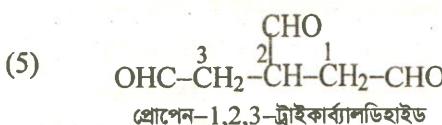
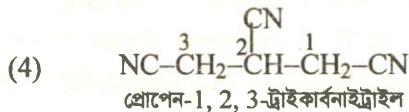
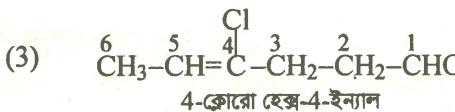
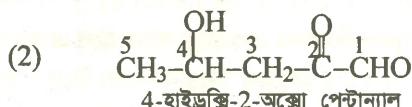
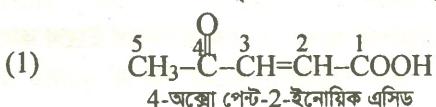
3-অঙ্গো বিউটান্যাল



4-অঙ্গো পেন্টানোয়িক এসিড



১৪। শিকলে একাধিক কার্যকরী মূলক থাকলে বিভিন্ন মূলকের অংশগত্য সারণিতে ক্রমিক সংখ্যা মতে কার্যকরী মূলকের মূল ঘোগ নিরূপণ করে অপর মূলককে প্রতিষ্ঠাপিত মূলক ধরা হয়। যেমন,



দ্রষ্টব্য : (4), (5) ও (6) নং উদাহরণে যথাক্রমে কার্যকরী মূলক -CN, -CHO, -COOH এর C-পরমাণুগুলোকে মূল কার্বন শিকলের C-পরমাণুর মোট সংখ্যা থেকে বাদ দেয়া হয়েছে। কারণ প্রতিটি ঘোগে C-পরমাণুকৃত তিনটি কার্যকরী মূলককে একই মূল কার্বন শিকলে নেয়া সম্ভব নয়। কিন্তু HOOC-CH<sub>2</sub>-COOH এর নামে সব -COOH মূলক গণনায় নিয়ে এর নাম প্রোপেন ডাইওনিক এসিড করা হয়েছে।

[DAT-১-১১]  
[DAT-৩৭-১০]

সারণি-২.৮ : কার্যকরী মূলকসমূহের অংশগত্য ক্রম

অংশগত নির্দেশক তার চিহ্ন	* * * সমগ্রোত্তীয় শ্রেণির নাম	কার্যকরী মূলক	Prefix, নামের পূর্ব পদ	Suffix, নামের পর পদ
	* ১। কার্বিলিক এসিড	-COOH	-	- ওয়িক এসিড
	২। সালফোনিক এসিড	-SO <sub>3</sub> H	-	- সালফোনিক এসিড
	৩। এসিড হ্যালাইড	-COX	-	- ওয়িল হ্যালাইড
	৪। এসিড অ্যামাইড	-CONH <sub>2</sub>	অ্যামিডো	- অ্যামাইড
	৫। নাইট্রাইল বা সায়ানাইড	-CN	সায়ানো	- নাইট্রাইল
	* ৬। অ্যালডিহাইড	-CHO	অ্যালকানোফিল	- আল
	* ৭। কিটোন	-CO-	অঙ্গো	- ওন
	* ৮। অ্যালকোহল	-OH	হাইড্রো	- অল
	৯। থায়োল	-SH	মার্ক্যাপটো	- থায়োল
	১০। অ্যামিন	-NH <sub>2</sub>	অ্যামিনো	- অ্যামিন
	* ১১। অ্যালকিন	>C=C<	-	- ইন
	* ১২। অ্যালকাইন	-C≡C-	-	- আইন
	১৩। অ্যালকেন	-C=C-	-	- এন

দ্রষ্টব্য : ওপরের তালিকায় তারকা (\*) চিহ্নিত কার্যকরী মূলকসমূহের ক্রম মনে রাখলে সাধারণ শিক্ষার্থীর জন্য মোটামুটিভাবে নামকরণ করার কাজ সহজ হবে। ]

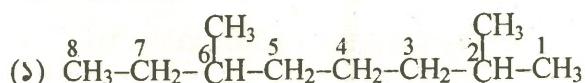
সমাধানকৃত সমস্যা -২.১ : জৈবযৌগের নামকরণ : কার্যকরী মূলকভিত্তিক :

IUPAC পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত যৌগের নাম লেখ :

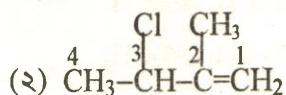
- |   |  |
|---|--|
| (১) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ | (২) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$            |
| (৩) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{C.C}(\text{CH}_3)_3$  | (৪) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ |
| (৫) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$  | (৬) $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  |
| (৭) $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{CH}_3$  |  |

দক্ষতা (Strategy) : প্রথমে C-পরমাণুক পার্শ্বশিকল ও প্রতিস্থাপকগুলোকে বিবরণী মুক্ত করো। কার্বন শিকলে প্রতিটি C পরমাণুর চতুর্যোজ্যতা গণনা করে কার্যকরী মূলকযুক্ত দীর্ঘতম কার্বন শিকল ঠিক করো। কার্যকরী মূলকের অবস্থান ক্ষুদ্রতম সংখ্যায় থাকে; এ মতো কার্বন শিকলে নাম্বারিং করো এবং জেনেভা নিয়ম অনুসরণ করো।

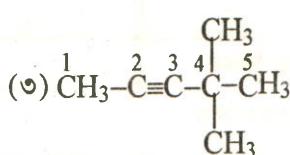
সমাধান (Solution) :



যৌগটির আটটি C পরমাণুক দীর্ঘতম শিকলে 2 ও 6 নং C পরমাণুতে দুটি  $-\text{CH}_3$  মূলক আছে। এটিতে কোনো কার্যকরী মূলক নেই। যৌগটি অ্যালকেন শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো 2, 6 - ডাইমিথাইল অকটেন।



যৌগটির চারটি C পরমাণুক দীর্ঘতম শিকলে 1 নং C পরমাণু থেকে দ্বিবন্ধন শুরু 2 নং C পরমাণুতে  $-\text{CH}_3$  মূলক ও 3 নং C পরমাণুতে প্রতিস্থাপক Cl পরমাণুক আছে। যৌগটি অ্যালকিন শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এর নাম হলো 3-ক্লো-2-মিথাইল বিউট-1-ইন।

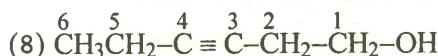


MCQ-2.5 : কোন যৌগে পাই ( $\pi$ )

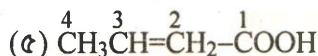
বিবরণ নেই?

- |                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| (ক) $\text{C}_2\text{H}_6$ | (খ) $\text{HCHO}$ |
| (গ) $\text{C}_2\text{H}_2$ | (ঘ) $\text{HCN}$  |

যৌগটির পাঁচটি C পরমাণুক দীর্ঘতম শিকলে 2 নং C পরমাণু থেকে দ্বিবন্ধন শুরু 4 নং C পরমাণুতে দুটি  $-\text{CH}_3$  মূলক পার্শ্বশিকলরূপে আছে। যৌগটি অ্যালকাইন শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো 4, 4-ডাইমিথাইল পেন্ট-2-আইন।



যৌগটির ছয়টি C-পরমাণুক দীর্ঘতম শিকলে 1 নং কার্বনে কার্যকরী মূলক  $-\text{OH}$  এবং 3 নং C পরমাণু থেকে দ্বিবন্ধন যুক্ত আছে। তাই যৌগটি অ্যালকাইনল শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো হেক্স-3-আইন-1-অল।



যৌগটির চারটি C-পরমাণু যুক্ত শিকলে 1 নং কার্বনটি কার্যকরী মূলক  $-\text{COOH}$  এবং 2 নং C পরমাণু থেকে দ্বিবন্ধন যুক্ত আছে। তাই যৌগটি অ্যালকিন-ওয়িক এসিড শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো বিউট-2- ইন ওয়িক এসিড।



যৌগটির তিনটি C-পরমাণুকে শিকলে কার্যকরী মূলকরণে দুটি -COOH মূলক আছে। তাই যৌগটি অ্যালকেন ডাই-ওয়িক এসিড শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো প্রোপেন ডাই-ওয়িক এসিড।



যৌগটির পাঁচটি C-পরমাণুকে শিকলে ডানে ও বামে উভয় দিকে 3 নং কার্বনে কার্যকরী মূলক -CO-থাকায় ত্রিবন্ধনের অবস্থান ২য় স্তরে গণ্য করার পরও 1 নং C পরমাণুতে ঠিক হয়েছে। তাই যৌগটি অ্যালকাইন-ওন শ্রেণিভুক্ত হওয়ায় এটির নাম হলো পেন্ট-1-আইন-3-ওন।

**শিক্ষার্থীর কাজ- ২.৫ : IUPAC পদ্ধতিতে জৈবযৌগের নামকরণ :**

- |   |  |
|---|--|
| (১) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{CH}_3)_3$                       | (২) $(\text{CH}_3)_4\text{C}$  |
| (৩) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ | (৪) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CCl}_2\text{CH}_3$ |
| (৫) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$                         | (৬) $\text{CH}_2=\text{CHBr}$  |
| (৭) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$   | (৮) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$                    |
| (৯) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{C.CH}(\text{CH}_3)_2$                                       | (১০) $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}\equiv\text{CH}$       |
| (১১) $(\text{CH}_3)_3\text{C-OH}$   | (১২) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$                    |
| (১৩) $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$                         | (১৪) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHO}$                                      |
| (১৫) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CHO}$  | (১৬) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$                       |
| (১৭) $(\text{CH}_3)_3\text{C}(\text{CH}_2)_2\text{CHCl-CHO}$                                    | (১৮) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$         |
| (১৯) $\text{HOOC-COOH}$   |  |

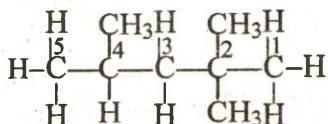
**সমাধানকৃত সমস্যা- ২.২ : জৈবযৌগের গাঠনিক সংকেত লিখন :**

IUPAC পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত যৌগের নাম থেকে গাঠনিক সংকেত লেখ :

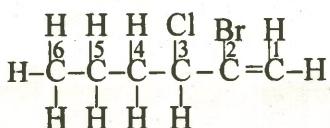
- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| (১) 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন | (২) 2-ক্রোমো-3-ক্লোরো হেক্স-1-ইন |
| (৩) ট্রাঙ্গুলিউট-2-ইন           | (৪) 4-মিথাইল পেন্ট-2-আইন         |
| (৫) বিটুট-2-আইন-1, 4-ডাই অল     | (৬) 4, 4-ডাইমিথাইল হেক্ট-2-ওন    |
| (৭) সাইক্লোহেক্সানোন            | (৮) সিস্ বিউটিন-ডাই-ওয়িক এসিড   |

**দক্ষতা (Strategy) :** প্রতিটি যৌগের নাম থেকে C-পরমাণু সংখ্যা জেনে মূল কার্বন শিকল অঙ্কন করো। শিকলে ডানদিক থেকে নাম্বারিং করো। প্রথমে কার্যকরী মূলক, প্রতিস্থাপক ও অ্যালকাইল মূলক পার্শ্বশিকল নাম্বার মতে C-পরমাণুতে যুক্ত করো। শেষে প্রতিটি C-পরমাণুর যোগনী 4 হিসেবে প্রয়োজনমতো H-পরমাণু যুক্ত করো।

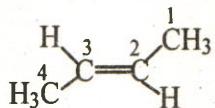
**সমাধান (Solution) :** (১) 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন; এ যৌগটিতে পেন্ট অর্থাৎ এর মূল শিকলে পাঁচটি C-পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকেন সদস্য। এ শিকলে 2, 2, 4 অবস্থানে তিনটি  $\text{CH}_3$ - মূলক পার্শ্ব শিকলরণে যুক্ত আছে। তাই এটির গাঠনিক সংকেত হলো নিম্নরূপ :



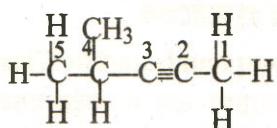
(২) 2-ক্রোমো-3-ক্লোরো হেক্স-1-ইন; এ যৌগটিতে 'হেক্স' অর্থাৎ এর মূল শিকলে ছয়টি C-পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকিন সদস্য। এ শিকলে 1 নং কার্বনে দ্বিবন্ধন, 2 নং কার্বনে Br ও 3 নং কার্বনে Cl পরমাণু যুক্ত আছে। তাই এটির গাঠনিক সংকেত নিচে দেয়া হলো :



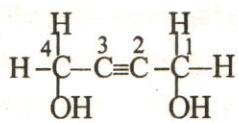
(৩) ট্রান্স বিউট-2-ইন; এ যৌগটিতে 'বিউট' অর্থাৎ এর মূল কার্বন শিকলে চারটি C পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকিন সদস্য। দ্বিবন্ধনের দু' পার্শ্বে দুটি CH<sub>3</sub>- মূলক কোনাকুনিভাবে (trans) বিপরীত দিকে রয়েছে। তাই এটির গাঠনিক সংকেত হলো নিম্নরূপ: [উল্লেখ্য সিস্ (cis) শব্দ দ্বারা দ্বিবন্ধনের একই দিকে দুটি একই মূলক-এর অবস্থান বোঝায়।]



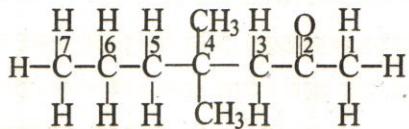
(৪) 4-মিথাইল পেন্ট-2-আইন; এ যৌগটিতে 'পেন্ট' অর্থাৎ এর মূল কার্বন শিকলে পাঁচটি C-পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকাইন সদস্য। এর 2 নং কার্বনে দ্বিবন্ধন শুরু এবং 4 নং কার্বন CH<sub>3</sub>- মূলক রয়েছে। তাই যৌগটির গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :



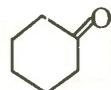
(৫) বিউট-2-আইন-1,4-ডাই অল; এ যৌগটিতে 'বিউট' অর্থাৎ এর মূল কার্বন শিকলে চারটি C-পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকোহল সদস্য। এর 1 নং ও 4 নং C-পরমাণুতে দুটি -OH মূলক (-অল) এবং 2 নং কার্বন থেকে দ্বিবন্ধন রয়েছে। তাই যৌগটির গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :



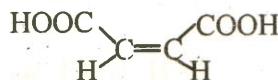
(৬) 4, 4- ডাইমিথাইল হেক্ট-2-ওন; এ যৌগটিতে 'হেক্ট' অর্থাৎ এর মূল কার্বন শিকলে সাতটি C-পরমাণু আছে এবং এটি অ্যালকানোন সদস্য। এর 2 নং C-পরমাণুটি -CO- মূলক (-ওন) রূপে ও 4 নং C-পরমাণুটি CH<sub>3</sub>- মূলক যুক্ত আছে। তাই যৌগটির গাঠনিক সংকেত নিচে দেয়া হলো :



(৭) সাইক্লো হেক্সানোন : এ যৌগটিতে 'হেক্স' অর্থাৎ এর মূল বন্ধ (সাইক্লো) শিকলে ছয়টি C পরমাণু আছে এবং একটি C পরমাণু কিটোমূলক -CO- রূপে আছে। এটি হলো সাইক্লো-কিটোন। তাই এ যৌগটির গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :



(৮) সিস্-বিউটিন ডাইক্রিলিক এসিড; এ যৌগটিতে 'বিউট' অর্থাৎ এর মূল কার্বন শিকলে চারটি C-পরমাণু আছে এবং এটি ডাইকার্বনিক এসিড (-ওয়িক) সদস্য। কার্বন শিকলের মাঝখানে দ্বিবন্ধন (-ইন) আছে এবং সিস (cis) শব্দ দ্বারা দু'পাত্রের -COOH মূলক দুটি দ্বিবন্ধনের এক পার্শ্বে আছে বোঝায়। এর গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :



শিক্ষার্থীর কাজ - ২.৬ : IUPAC পদ্ধতিভিত্তিক যৌগের গঠন সংকেত লিখন :

সমস্যা - ২.৯ : IUPAC পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত যৌগের গাঠনিক সংকেত লেখ।

- (১) 3, 4 - ডাইমিথাইল অক্টেটন
- (৩) 1-ইথাইল-3-মিথাইল সাইক্লোহেক্সেন
- (৫) 4-মিথাইল পেট্র-2-আইন
- (৭) পেট্র-3-ইন-1-অল
- (৯) হোপ-ইন-ওয়িক এসিড
- (১১) 4-ক্লোরো-পেট্র-3-ইন-2-ওন
- (১৩) বিউট-3-ইন-1-অল

- (২) 3-ইথাইল - 4, 4-ডাইমিথাইল হেপ্টেন
- (৪) cis-3-মিথাইল হেক্স-2-ইন
- (৬) 3-ক্লোরো বিউট-1-আইন
- (৮) 3-হাইড্রজেন বিউট-2-ওন
- (১০) পেট্র-1-আইন-3-ওন
- (১২) 6-মিথাইল -হেপ্ট-4-ইন-2 ওন
- (১৪) পেট্র-2-ইন-ওয়িক এসিড।

## ২.৬ জৈবযৌগের সমাগুতা ও এর প্রকারভেদ

### Isomerism in Organic Compounds and its Classes

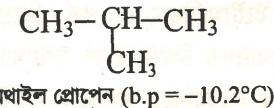
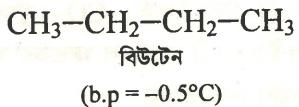
**সংজ্ঞা :** যেসব জৈবযৌগের আণবিক সংকেত এক ও অভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও এদের গাঠনিক সংকেতের ভিন্নতা এবং অণুষ্ঠিত পরমাণুসমূহের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের ভিন্নতার কারণে এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে অন্তত দু'-একটা পার্থক্য প্রকাশ পায়, সেসব জৈবযৌগকে পরস্পরের সমাগু বলে এবং যৌগের এরপ ধর্মকে সমাগুতা (Isomerism) বলা হয়। যেমন, ইথানল ( $\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$ ) ও ডাইমিথাইল ইথার ( $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ ) উভয় যৌগ পরস্পরের সমাগু। উভয় যৌগের একই আণবিক সংকেত হলো  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , কিন্তু গাঠনিক সংকেত ভিন্ন হওয়ায় এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য ঘটে।

**সমাগুতার শ্রেণিবিভাগ :** সমাগুতাকে প্রধানত দু' শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। যেমন,

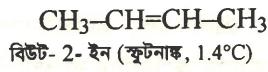
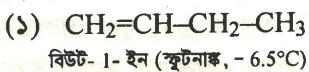
(ক) গাঠনিক সমাগুতা ও (খ) স্টেরিও বা ত্রিমাত্রিক সমাগুতা।

(ক) গাঠনিক সমাগুতা (Structural Isomerism) : যৌগের অণুষ্ঠিত বিভিন্ন পরমাণুর সম্ভাব্য একাধিক অবস্থান বিন্যাসের পার্থক্যহেতু গাঠনিক সমাগুতার উৎস ঘটে। গাঠনিক সমাগুতা পাঁচ প্রকার। যেমন, (১) চেইন সমাগুতা; (২) অবস্থান সমাগুতা; (৩) কার্যকরী মূলক সমাগুতা; (৪) মেটামারিজম ও (৫) টেটোমারিজম।

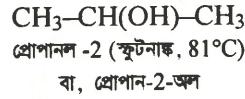
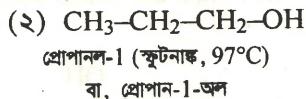
১। চেইন সমাগুতা : একই আণবিক সংকেতযুক্ত চেইন সমাগুগুলো একই সমগোত্রীয় শ্রেণির সদস্য এবং এসব সমাগুর কার্বন কাঠামো শাখাবিহীন ও শাখাযুক্ত হয়ে থাকে। ফলে এদের ধর্মে পার্থক্য দেখা যায়। শাখাযুক্ত অ্যালকেন যেমন আইসো অ্যালকেনের স্ফুটনাক্ষ  $n$ -অ্যালকেনের চেয়ে কম হয়। যেমন, বিউটেন ( $\text{স্ফুটনাক্ষ, } -0.50^{\circ}\text{C}$ ) এবং 2-মিথাইল প্রোপেন বা আইসো বিউটেন ( $\text{স্ফুটনাক্ষ, } -10.2^{\circ}\text{C}$ ) উভয় যৌগের আণবিক সংকেত হলো  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ; কিন্তু এদের কার্বন শিকলের ভিন্নতার গঠন নিম্নরূপ :



২। অবস্থান সমাগুতা : একই আণবিক সংকেতযুক্ত জৈবযৌগের কার্বন শিকলে দ্বিবন্ধন, ত্রিবন্ধন বা কার্যকরী মূলকের অবস্থানের পার্থক্যহেতু অবস্থান সমাগুতার উজ্জব ঘটে। এদের ভৌতধর্মে ও রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য দেখা যায়। এ প্রকার সমাগুগুলো একই সমগোত্রীয় শ্রেণির সদস্য হয়। যেমন,

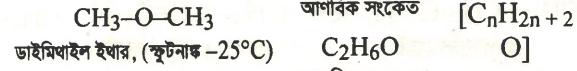
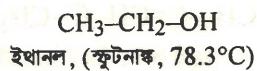


আণবিক সংকেত  
 $\text{C}_4\text{H}_8$

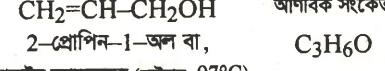
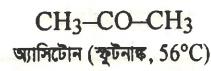
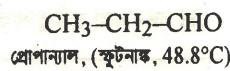


আণবিক সংকেত  
 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$   
আণবিক সংকেত  
 $[\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ , এখানে  $n=3$ ]

৩। কার্যকরী মূলক সমাগুতা : একই আণবিক সংকেতযুক্ত দুটি যৌগের অণুষ্ঠিত কার্যকরী মূলকের বিভিন্নতার কারণে উচ্চত সমাগুতাকে কার্যকরী মূলক সমাগুতা বলে। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য থাকে। যেমন, অ্যালকোহল ও ইথারের মধ্যে এবং অ্যালডিহাইড, অ্যালকিনল ও কিটোনের মধ্যে কার্যকরী মূলক সমাগুতা ঘটে।

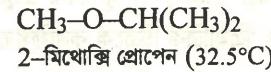
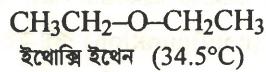
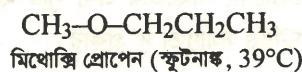


আণবিক সংকেত  
 $[\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}]$

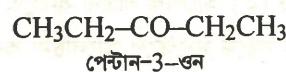
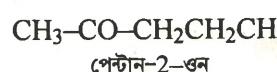


আণবিক সংকেত  
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$   
 $[\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}]$

৪। মেটামারিজম (Metamerism) : একই সমগোত্রীয় শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত সমাগুগুলোতে যখন কার্যকরী মূলকের উভয় পার্থক্য কার্বন পরমাণু সংখ্যার বা অ্যালকাইল মূলকের ভিন্নতা থাকে তখন এসব সমাগুকে মেটামার (metamers) বলে এবং তাদের দ্বারা প্রদর্শিত ধর্মের পার্থক্যকে মেটামারিজম বলে। দিয়োজী কার্যকরী মূলকযুক্ত ইথার, কিটোন ও সেকেন্ডারি অ্যামিনের ক্ষেত্রে মেটামারিজম ঘটে।  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  এর তিনটি ইথার মেটামার সমাগু ও চারটি অ্যালকোহল সমাগু আছে। যেমন,



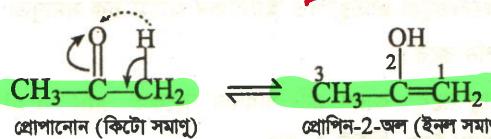
আণবিক সংকেত  
 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$



আণবিক সংকেত  
 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$

৫। টটোমারিজম (Tautomerism) : টটোমারিজম প্রক্রিয়ায় সমাগুগুলোতে যখন এক প্রকার কার্যকরী মূলক কাঠামো থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভিন্ন প্রকার কার্যকরী মূলকে রূপান্তরিত হয় এবং উভয় কাঠামো সাম্যাবস্থায় বিরাজ করে। এজন টটোমারিজমকে গতিশীল কার্যকরী মূলক সমাগুতা বলে।

প্রোপানোন স্বতঃস্ফূর্তভাবে স্বল্প পরিমাণে প্রোপিন-2-অল সৃষ্টি করে। তখন কিটো মূলকটি (-CO-) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ও অ্যালকোহল মূলক (-OH) অর্থাৎ 'ইন' ও 'অল' মূলকে রূপান্তরিত হয় এবং সাম্যাবস্থায় থাকে। প্রোপানোন ও প্রোপিন-2-অল পরস্পরের টটোমার সমাগু।

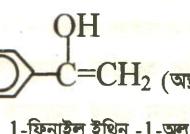
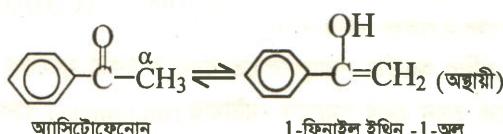
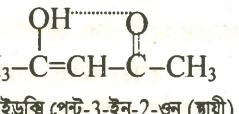
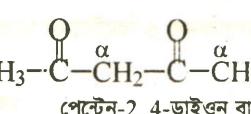
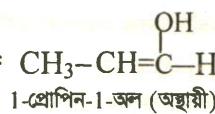
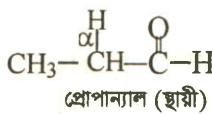
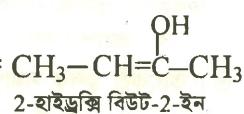
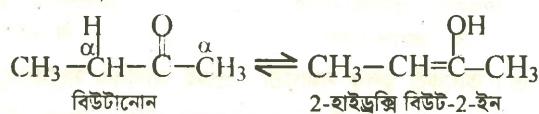
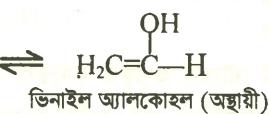
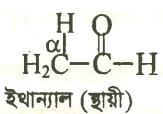


MCQ-2.6 : কোন সংকেতে মেটামার সমাগু সংরক্ষণ?	
(ক) $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}$	(খ) $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
(গ) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	(ঘ) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

[DAT- 23-24]

\* কিটো-ইনল টটোমারিজম-এর শর্ত : নিম্নোক্ত শর্তে যেমন, (১) প্রথমত, কার্বনিল মূলক ( $-CO-$ ) যুক্ত অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগ সাধারণত কিটো-ইনল টটোমারিজম প্রদর্শন করে। (২) দ্বিতীয়ত, ঐ কার্বনিল মূলকের সাথে যুক্ত  $sp^3$  সংকরিত বা সম্পৃক্ত C-পরমাণুতে কমপক্ষে একটি অনুরোধীয় আলফা ( $\alpha$ ) H-পরমাণু থাকতে হয়।

টটোমারিজম কালে এ  $\alpha$ -H পরমাণুটি প্রোটন ( $H^+$ ) রূপে নিকটস্থ তড়িৎ-ঝণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুতে স্থানান্তর এবং এ C-H বন্ধনের ইলেক্ট্রনদ্বয় কার্বনিল কার্বন ও  $\alpha$  কার্বনের মধ্যে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠন করে। যদু ক্ষার অথবা যদু এসিড দ্রবণ টটোমারিজমকে প্রভাবিত করে। স্থায়িত্বের বেলায়, সাধারণত কিটো-সমাণু অধিকতর স্থায়ী এবং ইনল-সমাণু অস্থায়ী হয়। যেমন- ১টি কার্বনে  $\alpha$ -H যুক্ত ইথান্যাল, প্রোপান্যাল, অ্যাসিটোফেনোন; ২টি কার্বনে  $\alpha$ -H যুক্ত প্রোপানোন, বিউটানোন এবং ৩টি কার্বনে  $\alpha$ -H পরমাণুযুক্ত অ্যাসিটো অ্যাসিটেন বা অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোন নামক ডাই কিটোন ইত্যাদি কিটো-ইনল টটোমারিজম প্রদর্শন করে। যেমন,



✓ কিন্তু বেনজ্যালডিহাইড ( $C_6\text{H}_5-\text{CHO}$ ) ও বেনজোফেনোন ( $C_6\text{H}_5-\text{CO-C}_6\text{H}_5$ ) এ  $\alpha$ -H নেই; তাই এরা টটোমারিজম প্রদর্শন করে না।

[দ্রষ্টব্য : 'অ্যালডিহাইড-ইনল' এর তুলনায় 'কিটো-ইনল' এর শতকরা পরিমাণ ও স্থায়িত্ব বেশি হয়।]

(খ) স্টেরিও সমাণুতা (stereo-Isomerism) : প্রিক স্টেরিও শব্দের অর্থ হলো 'ত্রিমাত্রিক স্থান'। স্টেরিও সমাণুতা সাধারণত অণুষ্ঠিত বিভিন্ন পরমাণু বা মূলকের চতুর্যোজী কার্বনের ত্রিমাত্রিক সজ্জা বা বিন্যাসের পার্থক্যের জন্য সৃষ্টি হয়ে থাকে। স্টেরিও সমাণুর ত্রিমাত্রিক চিত্রকে কন্ফিগুরেশন (configuration) বলা হয়। স্টেরিও সমাণুতা দু' প্রকার।

যেমন, (১) জ্যামিতিক সমাণুতা বা সিস-ট্রান্স সমাণুতা; ও (২) আলোক সক্রিয় সমাণুতা।

এখানে জ্যামিতিক সমাণুতা ও আলোক সমাণুতা স্বতন্ত্রে সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো :

### ২.৬.১ জ্যামিতিক সমাণুতা (Geometric isomerism)

সংজ্ঞা : যেসব জৈবযৌগের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের অক্ষ বরাবর মুক্ত আবর্তন সম্ভব না হওয়ায় ভিন্ন কনফিগুরেশন যুক্ত দু' ধরনের যৌগ অণু সৃষ্টি হয়; তাদেরকে জ্যামিতিক সমাণু এবং এরূপ যৌগের ধর্মকে জ্যামিতিক সমাণুতা বা সিস-ট্রান্স সমাণুতা বলে।

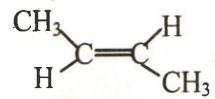
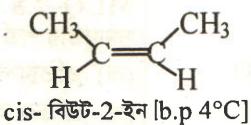
জ্যামিতিক সমাণুতার দুটি শর্ত :

[MAT-21-22] [DAT-23-24]

(১) সাধারণত  $abC = Cab$  অথবা  $abC = Cad$  সংকেতযুক্ত প্রতিটাপিত অ্যালকিন জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করে।

(২) চাক্রিক জৈবযৌগসমূহ জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করে।

উদাহরণ-১ : বিউট-২-ইন এর দুটি জ্যামিতিক সমাণু স্বতন্ত্র। কারণ এটি সাধারণ সংকেত  $abC=Cab$ -কে অনুসরণ করে। তাদের একটি হলো সিস- বিউট-২-ইন অপরটি হলো ট্রান্স- বিউট-২-ইন।

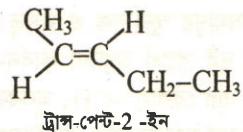
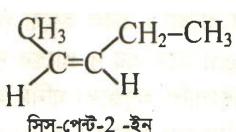


trans- বিউট-2-ইন [b.p 1°C]

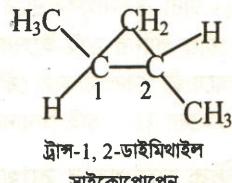
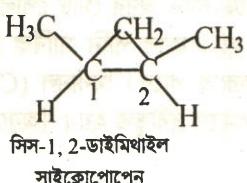
দুটি ক্রফগারেশনের মধ্যে সদৃশ পরমাণু বা মূলকদ্বয় যথন দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বনদ্বয়ের একই দিকে থাকে, তখন উক্ত সমাগুকে সিস্-সমাগু বলে (Lt. cis=same side)। অপরদিকে যথন দুটি একই মূলক বা পরমাণু দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বনদ্বয়ের দুদিকে বা বিপরীত দিকে থাকে, তখন উক্ত সমাগুকে ট্রান্স-সমাগু বলে (Lt. trans=across)। এজন্য জ্যামিতিক সমাগুতাকে সিস-ট্রান্স সমাগুতাও বলা হয়।

**[MAT- ৪-২২]**

উদাহরণ-২ : পেন্ট-2-ইন এর দুটি জ্যামিতিক সমাগু স্বত্ব। কারণ এটি সাধারণ সংকেত abC=Cad -কে অনুসরণ করে। তাদের একটি হলো সিস-পেন্ট-2-ইন এবং অপরটি হলো ট্রান্স- পেন্ট-2-ইন।

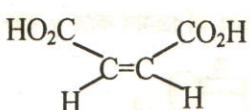


উদাহরণ-৩ : চাক্রিক জৈব অণুর ত্রিমাত্রিক কাঠামোতে অভিন্ন পরমাণু বা মূলকগুলো একপার্শ্বে থাকলে সিস্ এবং বিপরীত পার্শ্বে থাকলে ট্রান্স সমাগু সৃষ্টি হয়। যেমন, 1,2-ডাইমিথাইল সাইক্লোপ্রোপেনের নিম্নোক্ত দুটি জ্যামিতিক সমাগু স্বত্ব।

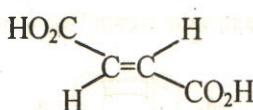


**\* \***

জ্যামিতিক সমাগুত্বের সাধারণ ধর্ম : (১) সাধারণত ট্রান্স-সমাগুর গলনাক্ত বেশি কিন্তু সিস্-সমাগুর গলনাক্ত কম হয়; কারণ ট্রান্স সমাগুর প্রতিসমতার কারণে কেলাস ল্যাটিসে অণুগুলো খুব নিকটে অধিক আকৃষ্ট থাকে; তাই এর সুস্থিতি অপেক্ষাকৃত বেশি। যেমন সিনামিক এসিড ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ ) এর সিস্ সমাগুর গলনাক্ত (m.p) হলো  $68^{\circ}\text{C}$  এবং ট্রান্স-সমাগুর গলনাক্ত হলো  $133^{\circ}\text{C}$ । (২) সিস্-সমাগুর সুস্থিতি কম (অভ্যন্তরীণ শক্তি বেশি), সেহেতু সিস্-সমাগুর দহন তাপ বেশি হয়। (৩) ট্রান্স-সমাগুর চেয়ে সিস্-সমাগুর ঘনত্ব, পানিতে দ্রাব্যতা, প্রতিসরাক্ত বেশি হয়। (৪) সিস-ট্রান্স সমাগুর একটি উদাহরণ হলো ম্যালেয়িক এসিড (সিস্-বিউটিন ডাইওয়িক এসিড) ও ফিউমারিক এসিড (ট্রান্স-বিউটিন ডাইওয়িক এসিড)।



সিস-বিউটিন ডাইওয়িক এসিড  
(ম্যালেয়িক এসিড)

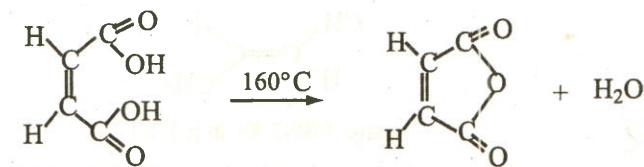


ট্রান্স-বিউটিন ডাইওয়িক এসিড  
(ফিউমারিক এসিড)

MCQ.-2.7 : নিচের কোন্ সংকেত টটোমার সমাগু তৈরি করে? :

- |                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| (ক) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$   | (খ) $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ |
| (গ) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ | (ঘ) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ |

তাদের গলনাক্ত ভিন্ন হয় (সিস্-সমাগু  $135^{\circ}\text{C}$  এবং ট্রান্স-সমাগু  $287^{\circ}\text{C}$  )। সিস্-সমাগু অর্থাৎ ম্যালেয়িক এসিডকে উত্পন্ন করলে অ্যান্থাইড্রাইড গঠন করে; কিন্তু ট্রান্স-সমাগু অর্থাৎ ফিউমারিক এসিড অ্যান্থাইড্রাইড গঠন করে না।



সিস-বিউটিন ডাইওয়াক এসিড  
(ম্যালেরিক এসিড)

সিস-বিউটিন ডাইওয়াক অ্যানহাইড্রাইড  
(ম্যালেরিক অ্যানহাইড্রাইড)

- MCQ-2.8 :** জ্যামিতিক সমান্তরাল শর্ত কোনটি?
- প্রতিচ্ছাপিত অ্যালকিন
  - চাক্রিক অ্যারিন
  - হেটারো যৌগ
  - অ্যালকানল

(৫) সিস্-সমান্তরাল পানিতে দ্রবণীয়তা ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল চেয়ে বেশি; এর ব্যাখ্যা : কঠিন অবস্থায় সিস্-সমান্তরাল কেলাসে অণুগুলো খুব সুষ্ঠুভাবে বিন্যস্ত থাকে না। ফলে সিস্-সমান্তরাল কেলাস ল্যাটিসে অণুগুলোর মধ্যে ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল তুলনায় ল্যাটিস-শক্তি কম থাকে। আবার অধিক পোলার-দ্রাবক পানির ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক ( $\epsilon$ , epsilon) এর মান বেশি; যেমন ৪০ (আশি) হয়। তাই কম ল্যাটিস শক্তিশূক্ত সিস্-সমান্তরাল পানি অণুর উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক এর অধিক আকর্ষণে সহজে বেশি পরিমাণে দ্রবণীভূত হয়। অর্থাৎ সিস্-সমান্তরাল পানিতে দ্রবণীয়তা ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল চেয়ে বেশি হয়।

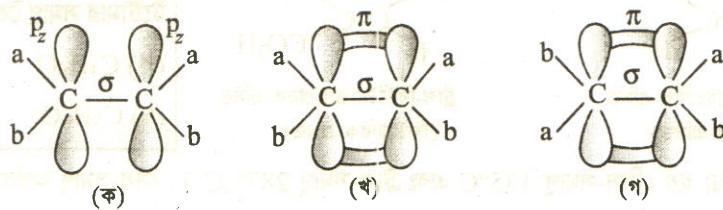
\* (৬) সিস্-সমান্তরাল স্ফুটনাক্ষ ও ঘনত্ব ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল চেয়ে বেশি হয়; এর ব্যাখ্যা : তরল অথবা গ্যাসীয় অবস্থায় সিস্-সমান্তরাল দিবঙ্গনের দুই পার্শ্বে অণুটির কার্বন-শিকল বেঁকে কম প্রসারিত বা bent হয়ে এর দু প্রান্তের দুটি মূলককে (যেমন cis- বিউট-২- ইন এর বেলায়  $-CH_3$  মূলককে) কাছে নিয়ে আসে। ফলে পাশাপাশি অণুগুলো ঘনিষ্ঠ হতে পারে এবং সিস্-সমান্তরাল মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল চেয়ে বেশি হয়। তাই সিস্-সমান্তরাল স্ফুটনাক্ষ ( $b.p$ ) ও ঘনত্ব ট্রাঙ্গ-সমান্তরাল চেয়ে বেশি হয়। যেমন cis-বিউট-২-ইন এর স্ফুটনাক্ষ ( $b.p$ ) হয় 4°C এবং ঘনত্ব হয় 0.621; অপরদিকে trans-বিউট-২-ইন এর স্ফুটনাক্ষ ( $b.p$ ) হয় 1°C এবং ঘনত্ব হয় 0.604।

ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক কী : কেনো তরল দ্রাবক দ্বারা কেলাসাকার দ্রবকে দ্রবণীভূত করার ক্ষমতাকে দ্রবকের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক ( $\epsilon$ ) দ্বারা তুলনামূলকভাবে বোঝানো হয়। H-বন্ধনযুক্ত গুচ্ছ-পানি অণুর মোট পোলারিটির মাত্রা (bulk polarity) বেশি হওয়ায় পানির ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক ( $\epsilon$ ) এর মান ৪০ হয়। ফলে পানি সার্বিক দ্রাবকরূপে প্রায় সব আয়নিক যৌগ ও সমযোজী কেলাসাকার যৌগকে সবচেয়ে বেশি দ্রবণীভূত করতে পারে। মিথানল ( $CH_3OH$ ) এর ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক ( $\epsilon$ ) হলো ৩০। তাই মিথানলে আয়নিক কেলাস খুব কম পরিমাণে দ্রবণীভূত হয়। [অনুচ্ছেদ-৪.২.১ দেখো]

## ২.৬.২ জ্যামিতিক সমান্তরাল ব্যাখ্যা

### Explanation of Geometric Isomerism

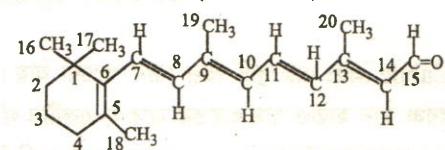
আধুনিক অরবিটাল সংকরণ মতবাদ : এ মতবাদ অনুসারে জ্যামিতিক সমান্তরাল জোরালো ব্যাখ্যা দেয়া যায়। কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনযুক্ত অণু যেমন, ইথিলিন অণু গঠনে দুটি কার্বন পরমাণু  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা একই সমতলীয়  $2s, 2p_x, 2p_y$  সংকর অরবিটাল গঠন করে। উভয় কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে তিনটি সংকর অরবিটাল দ্বারা দুটি ভিন্ন মূলক বা H পরমাণুর সাথে চিত্রে ২.১১ মতে ‘a’ ও ‘b’ এর সাথে এবং নিজেদের মধ্যে একটি সহ মোট তিনটি σ বন্ধন সৃষ্টি করে। এ বন্ধনের একই সমতলে থাকে। উভয় কার্বন-পরমাণুর অসংকরিত  $2p_z$  অরবিটাল দুটি ঐ সমতলের ওপর লম্বভাবে থাকে। প্রত্যেকটি  $2p_z$  অরবিটালের দুটি লোব (lobe) ঐ সমতলের ওপর ও নিচে অবস্থান করে। কার্বন পরমাণু দুটি σ বন্ধনে আবক্ষ অবস্থায় নিজেদের মধ্যবর্তী σ বন্ধনের অক্ষ বরাবর সহজে আবর্তন করতে পারে [চিত্র (ক)]। এ আবর্তিত অবস্থায় উভয় কার্বনের অসংকরিত  $2p_z$  অরবিটালের দুটি লোব ঘূর্ণন অবস্থায় ভিন্ন দু'প্রকারে পাশাপাশি অধিক্রমণ করে  $\pi$  বন্ধন



চিত্র-২.১১ :  $\pi$  বন্ধন গঠনকালে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগের a ও b সহ দুটি ভিন্ন গঠন।

করতে পারে [ চির খ ও গ]। ফলে উভয় কার্বন পরমাণু দ্বিবন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। তখন দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণুসমূহ তাদের অক্ষ বরাবর আবর্তন করতে পারে না। দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণুসমূহে একটি করে সদৃশ পরমাণু বা মূলক যুক্ত থেকে যেসব প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন (ab.C = C.ab) উৎপন্ন করে তাদের দুটি ভিন্ন ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক গঠন স্থিত হয়। এ কারণে প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনসমূহে জ্যামিতিক সমানুতা বা সিস্ট্রাঙ্গ সমানুতার উভয় ঘটে।

জেনে রাখো : আমাদের চোখের রেটিনার রড-সেলে (rhodopsin) ডিটাইন (A<sub>1</sub>) অ্যালকোহল বা রেটিনল (C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O) থেকে উৎপন্ন রেটিন্যাল থাকে। 20টি C এর রেটিন্যাল গঠনে 15 C এর একটি মূল শিকলে 5টি CH<sub>3</sub>-মূলক শাখা শিকলরূপে আছে। এ কার্বন শিকলে অঙ্গুরু রয়েছে 5টি C=C দ্বিবন্ধন, এক প্রাণ্তে C<sub>1</sub> এর সাথে C<sub>6</sub> সিগমা বন্ধনে যুক্ত হয়ে 6C এর একটি বলয় এবং অপর প্রাণ্তে C<sub>15</sub> হয়েছে -CHO মূলক। এর কেবল C-11 ও C-12 এর C=C এর দুটি H এর cis-কাঠামোটি আলোর ফোটন শক্তি (250 kJ/mol) এভাবে π বন্ধন ভেঙে অবশিষ্ট C-বন্ধন-অক্ষ আবর্তনে all trans-সমানু সৃষ্টি হয়। এতে আলোক শক্তি আবর্তনরূপে গতিশক্তি রূপ পায়। এ বন্ধন ভাঙনে 'রেটিন্যাল' রড সেলের প্রোটিন থেকে আলাদা হয় এবং প্রোটিন গঠনের বিকৃতি ঘটে। এর ফলে রেটিনা-কোষে আয়ন প্রবাহে অপটিক নার্তে তড়িৎ-স্পন্দন সঞ্চারিত হয়ে মন্তিষ্ঠে পৌছে। এর মধ্যে আলো-প্রত্বাবিত all trans-সমানু পূর্বের cis সমানুতে ফিরে প্রোটিনে যুক্ত হয়। এরপে 11-cis-retinal এর ফোটন শক্তি শোষণ দ্বারা পর্যায়ক্রমিক all trans retinal এ রূপান্তর প্রক্রিয়ায় রেটিনাতে দৃষ্টিশক্তি প্রকাশ পায়। তাহলে জানলে আজকের তোমার জ্যামিতিক সমানুতার ধারণা ভবিষ্যতে ফিজিজেজিসহ জৈবিক ক্রিয়া সম্বন্ধে গবেষণায় ভূমিকা রাখবে।



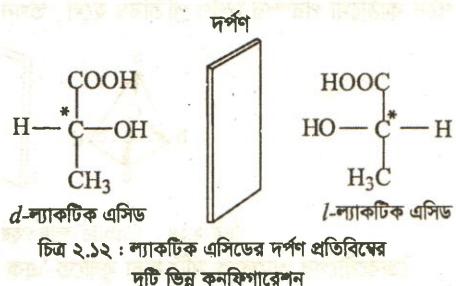
## ২.৬.৩ আলোক সক্রিয় সমানুতা (Optical isomerism)

যেসব জৈবযৌগের দু বা ততোধিক ভিন্ন কনফিগারেশনযুক্ত ভিন্ন সমানু 'এক-সমতলীয়' আলোর (plane-polarised light-এর) প্রতি ভিন্নরূপ আচরণ করে, ঐসব যৌগকে আলোক সক্রিয় সমানু (optically active isomers) বা আলোক সক্রিয় যৌগ বলে। 'এক-সমতলীয়' আলোর ক্ষেত্রে ঐসব যৌগের প্রতিক্রিয়াকে আলোক সমানুতা বলে।

আলোক সক্রিয় সমানুগুলোর নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন,

- \* (১) অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্র থাকে।
- \* (২) উভয় সমানুর কনফিগারেশন পরম্পরারের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।
- \* (৩) উভয় কনফিগারেশন পরম্পরারের অসমাপ্তিত হয়।

যেমন, **ল্যাকটিক এসিড** [CH<sub>3</sub>.CH.(OH).COOH] একটি



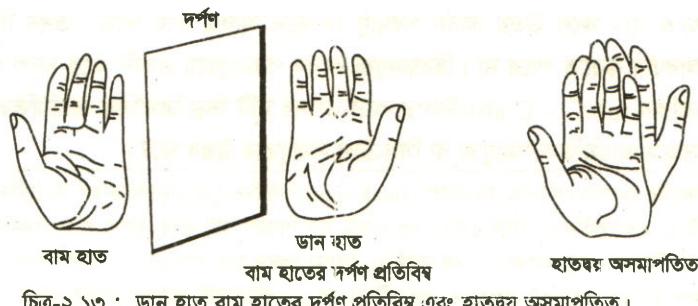
[M]T-23-24]

**আলোক সক্রিয় যৌগ।** এটির মাঝখানের তারকা (\*) চিহ্নিত C-পরমাণুটি যৌগের কাইরাল কেন্দ্র। তাই এর দুটি আলোক সক্রিয় সমানু আছে। এদের একটিকে d ল্যাকটিক এসিড ও অপরটিকে l-ল্যাকটিক এসিড বলে। তাদের দুটি ভিন্ন কনফিগারেশন দর্পণ প্রতিবিম্বের মতো হয়। [চির ২.১২]

## ২.৬.৪ আলোক সক্রিয়তার ব্যাখ্যা

### Explanation of Optical Activity

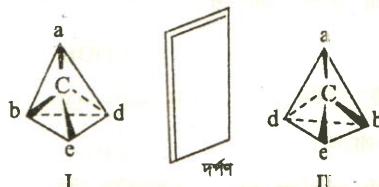
**অপ্রতিসম কার্বন যৌগের দর্পণ প্রতিবিম্ব :** ত্রিমাত্রিক চতুর্ভুক্তীয় কার্বন মতবাদ' অনুসারে, কার্বনের সুষম চতুর্ভুক্ত কাঠামোর চারটি কোণায় চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে, তখন কার্বন পরমাণুটির চারদিকে যুক্ত চারটি মূলক বা পরমাণুর দুটি ভিন্ন ছানিক বিন্যাস বা কনফিগারেশন (configuration) স্থিত। এ বিন্যাসদ্বয় আমাদের বাম হাত ও ডান হাতের বিন্যাস গঠনের মতো অর্থাৎ বাম হাত ও ডান হাতের আঙুলগুলো পরম্পরারের উপরিস্থাপনীয় হয় না অর্থাৎ অসমাপ্তিত হয়। কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত ভিন্ন পরমাণু বা মূলক চারটি যদি a, b, c, d হয়, তবে যৌগটির অণু হবে



চিত্র-২.১৩ : ডান হাত বাম হাতের দর্শণ প্রতিবিম্ব এবং হাতব্য অসমাপ্তিত।

Cabde এবং এর দুটি ভিন্ন গঠন পাওয়া যায়। এ গঠনদ্বয়ের একটির 'গঠন কাঠামো' অপরটির ওপর সমাপ্তিত হয় আ; বরঞ্চ ডান হাতও বাম হাতের মতোই একটির গঠন অপর গঠনের 'দর্শণ প্রতিবিম্ব' (mirror image) হয়। চিত্র নং ২.১৪-এ I ও II হলো যৌগ অণু Cabde এর 'দর্শণ প্রতিবিম্ব'।

**অপ্রতিসম কার্বন বা কাইরাল কেন্দ্র (Chiral Centre) :** একই কার্বন পরমাণুতে চারটি ভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যৌগ অণুকে অপ্রতিসম যৌগ এবং ঐ কার্বনকে 'অপ্রতিসম কার্বন' (asymmetrical carbon) বলে। অপ্রতিসম কার্বনকে যৌগের গাঠনিক সংকেতে তারকা (\*) চিহ্ন দ্বারা দেখানো হয়। অপ্রতিসম যৌগকে 'কাইরাল যৌগ' [Chiral compound, এখানে Chiral-এর উচ্চারণ Kiyral = handed)] এবং অপ্রতিসম কার্বনকে 'কাইরাল-কেন্দ্র' (chiral centre) ও বলা হয়। অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট কোনো জৈবযৌগের একাধিক ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামো পরম্পর দর্শণ প্রতিবিম্ব হলে, তখন ঐ ভিন্ন গঠনের সমানুভূতি আলোক সত্ত্বিত্ব হয়ে থাকে।



চিত্র-২.১৪ : Cabde অণুর চতুর্ভুজীয় গঠন ও এর দর্শণ প্রতিবিম্ব।

একটি কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট কাইরাল যৌগের সাধারণ সংকেত হলো Cabde.  
এক্ষেত্রে,

$$a \neq b \neq d \neq e$$

জৈবযৌগের আলোক সত্ত্বিত্ব বুঝতে 'এক সমতলীয় আলো' সমূজে জ্ঞান থাকা দরকার। তাই নিচে তা আলোচনা করা হলো :

**একসমতলীয় আলো (Plane-polarised light) :** অসংখ্য সমতলে লম্বভাবে স্পন্দিত সাধারণ আলোক রশ্মিকে উপযুক্ত ছাঁকনি বা ফিল্টার এর ভেতর দিয়ে প্রতিসরিত হতে দিলে শুধুমাত্র এক সমতলে লম্বভাবে স্পন্দিত আলোক রশ্মি বের হয়ে আসে। এরূপ এক সমতলে স্পন্দিত আলোকে 'একসমতলীয় আলো' (plane-polarised light) বলে। এক্ষেত্রে পোলারাইজিং ফিল্টারকে 'তরল স্ফটিক' পদার্থ পোলারিমিটারে ব্যবহৃত হয় (পুরু রোদে ব্যবহৃত sunglasses এর মতো)। ২.১৫ নং চিত্রে পোলারিমিটারের প্রধান অংশ দেখানো হলো :



চিত্র-২.১৫ : পোলারিমিটার ও আলোক সত্ত্বিত্ব পরীক্ষা।

পোলারিমিটারের চিউবে কাইরাল ঘোগের দ্রবণ রাখা হয়। একসমতলীয় আলো ঐ দ্রবণের ভেতর দিয়ে চলার সময় ঐ আলোক সক্রিয় ঘোগটি একসমতলীয় আলোর তলকে ডানে (clockwise) অথবা বামে (anticlockwise) আবর্তন করে বা ঘূরিয়ে দেয়। প্রথম সমাগুটি আলোর তলকে যে দিকে ঘোরায় অপর সমাগুটি আলোর তলকে এর বিপরীত দিকে সমপরিমাণে ঘূরিয়ে থাকে। আলোক তলের আবর্তনের পরিমাণ অ্যানালাইজিং ফিল্টারের আবর্তন কোণ থেকে জানা যায়। যেমন, d ল্যাকটিক এসিডের আপেক্ষিক আবর্তন হলো  $+2.24$  (উষ্ণতা  $25^{\circ}\text{C}$ ) এবং l ল্যাকটিক এসিডের আপেক্ষিক আবর্তন হলো  $-2.24$  (উষ্ণতা  $25^{\circ}\text{C}$ )। অর্থাৎ উভয়ের ক্ষেত্রে আবর্তন মাত্রা সমান; কিন্তু আবর্তনের দিক বিপরীত মাত্র।

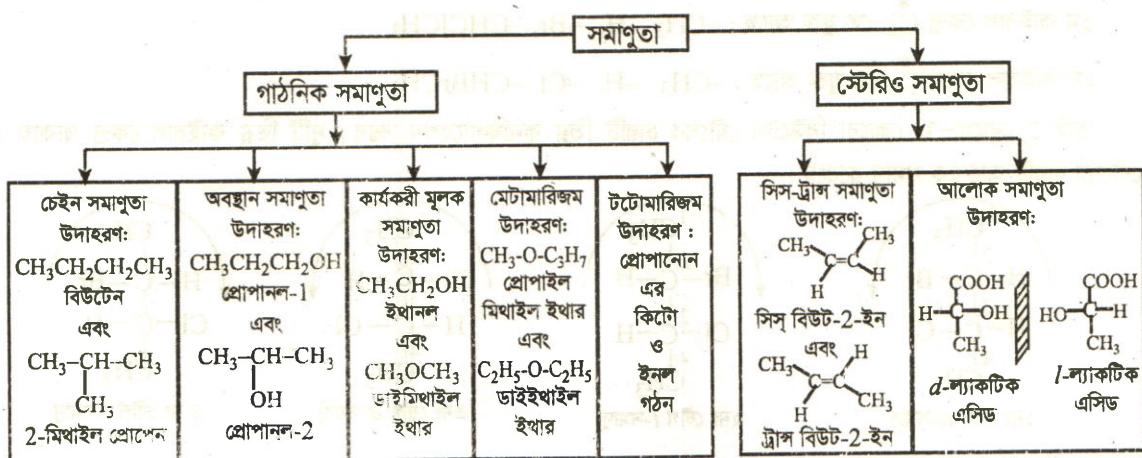
## ২.৬.৫ আলোক সক্রিয় সমাগুর ধর্ম

### Properties of Optical Isomers

(১) এনানসিওমারিজম (Enantiomerism) : একই ঘোগের আলোক সক্রিয় দু সমাগুকে পরস্পরের এনানসিওমর্ফ (enantiomorphs) বা এনানসিওমারস (enantiomers) বলা হয়। এদেরকে অ্যান্টিপড (antipodes) বা অ্যান্টিমার (antimers)ও বলা হয়। এ প্রকার আলোক সক্রিয়তাকে এনানসিওমারিজম বলা হয়। দুটি এনানসিওমার সমাগুর ভৌতধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম একই থাকে। তবে এক-সমতলীয় আলোতে আলোক সক্রিয়তা মাত্রায় সমান আবর্তন প্রদর্শন করলেও আবর্তনের দিক ভিন্ন হয়। আলোক সক্রিয়তায় একটি হয় দক্ষিণাবর্ত (d) এবং অপরটি হয় বামাবর্ত (l)। যেমন, d ল্যাকটিক এসিড ও l ল্যাকটিক এসিড হলো পরস্পরের দুটি এনানসিওমার। [d = dextro (ডান), l = laevo (বাম)]

(২) রেসিমিক মিশ্রণ (Racemic mixture) : দুটি এনানসিওমার যেমন, d ল্যাকটিক এসিড ও l ল্যাকটিক এসিড উভয়েই একসমতলীয় আলোর তলকে সমান কৌণিক পরিমাণে বিপরীত দিকে ঘূরায়; তাই d সমাগু ও l সমাগুর এ সমতুল মিশ্রণ আলোক নিষ্কায় হয়; দুটি এনানসিওমারের এরপ সমতুল মিশ্রণকে রেসিমিক মিশ্রণ বা dl মিশ্রণ বলে এবং প্রক্রিয়াটিকে রেসিমিকরণ (racemisation) বলে। রেসিমিক মিশ্রণকে রেসেম-অ্যাটেস (racemates, উচ্চারণ ressem-ates) বলা হয়। যেমন, d ল্যাকটিক ও l ল্যাকটিক এসিড উভয়েই আলোক সক্রিয় এবং এদের আপেক্ষিক আবর্তন হলো যথাক্রমে  $+2.24^{\circ}$  এবং  $-2.24^{\circ}$  (তাপমাত্রা  $25^{\circ}\text{C}$ ); কিন্তু dl ল্যাকটিক এসিড আলোক নিষ্কায় হয়।

পরীক্ষাগারে dl ল্যাকটিক এসিড সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় তৈরি করা যায়। অপরদিকে d ল্যাকটিক এসিড মাংসপেশি থেকে পাওয়া যায় এবং l ল্যাকটিক এসিড টক দধি থেকে পৃথক করা হয়। রেসিমিক মিশ্রণের উপাদান d সমাগু ও l সমাগুকে পৃথক করা সম্ভব এবং রেসিমিক মিশ্রণকে পৃথকীকরণের কয়েকটি উন্নয়ন্ত্রণ পদ্ধতি আছে। (এ সব পৃথকীকরণ পদ্ধতি স্থানক শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকে আলোচিত।)



\*\* জেনে রাখো : উজ্জিদ ও প্রাণিকোষে আলোক সমাগৃহলো শুরুত্তপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। প্রায় সব কার্বোহাইড্রেট ও অ্যামাইনো এসিডগুলো আলোক সক্রিয়। কিন্তু এদের মধ্যে কেবল একটি সমাগৃ জৈবিক ক্রিয়ায় ব্যবহারযোগ্য। যেমন *d*-গুকোজ জৈব বিপাকীয় ক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্ন করে; কিন্তু *L*-গুকোজ প্রস্তাবরূপে মুক্ত হয়। আবার *L*-অ্যালানিন প্রোটিন সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়; কিন্তু *d*-অ্যালানিন বাদ পড়ে। নির্দিষ্ট গঠনের কাইরাল যৌগকে কোষের এনজাইম এর সক্রিয় স্থানে আবদ্ধ করে জৈব বিপাকীয় ক্রিয়া সম্পন্ন করে।

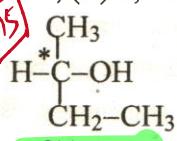
## ২.৬.৬ অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সংখ্যাভিত্তিক আলোক সমাগুর সংখ্যা

### Total Number of Optical Isomers of Different Chiral Centres

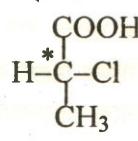
(১) একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুসহ : জৈবযৌগের অগুতে একটি মাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্র থাকলে দুটি আলোক সক্রিয় সমাগু সম্ভব। এ দুটি আলোক সমাগুকে *d*-সমাগু ও *L*-সমাগু বলে। এদের আলোক সক্রিয়তার আবর্তন মাত্রার মান সমান কিন্তু দিক ভিন্ন থাকে। *d*-সমাগুর আবর্তন ডানদিকে বা দক্ষিণাবর্ত এবং *L*-সমাগুর আবর্তন বাম-দিকে বা বামাবর্ত হয়। এরূপ উভয় সমাগুকে পরম্পরের এনানসিওমার বলে। যেমন, *d*-ল্যাকটিক এসিড ও *L*-ল্যাকটিক এসিড। এছাড়া একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা একটি কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট কিছু যৌগের উদাহরণ নিচে দেয়া হলো। যেমন,

[MAT-23-২৪]

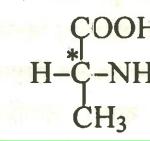
(১) বিউটানল-২, (২) ২-ক্লোরো প্রোপানোয়িক এসিড, (৩) ২-অ্যামিনো প্রোপানোয়িক এসিড, (৪) ২-হাইড্রোক্লোরিক প্রোপান্যাল, (৫) ১, 1-ক্লোরো ব্রোমো ইথেন ইত্যাদি। এদের গাঠনিক সংকেত নিম্নরূপ :



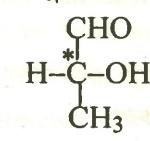
বিউটানল-২



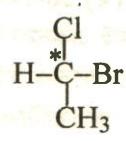
২-ক্লোরো প্রোপানোয়িক  
এসিড



২-অ্যামিনো প্রোপানোয়িক  
এসিড

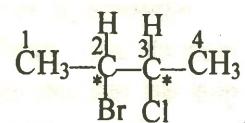


২-হাইড্রোক্লোরিক প্রোপান্যাল



১, 1-ক্লোরো ব্রোমো  
ইথেন

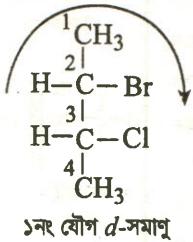
(২) দুটি ভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুসহ : জৈবযৌগের অগুতে দুটি ভিন্ন প্রকার অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু থাকলে তখন ঐ জৈবযৌগের চারটি আলোক সক্রিয় সমাগু সম্ভব হয়। যেমন, ২-ব্রোমো-৩-ক্লোরো বিউটেন যৌগের অগুতে দুটি ভিন্ন কাইরাল কেন্দ্র বা দুটি অপ্রতিসম *C*-পরমাণু আছে। এক্ষেত্রে তারকা চিহ্নিত ২ নং ও ৩ নং *C*-পরমাণু দুটিতে ভিন্ন ভিন্ন পরমাণু ও মূলক যুক্ত থাকায় এই দুটি *C*-পরমাণু ভিন্ন প্রকার কাইরাল কেন্দ্র হয়েছে। তাই এরা পরম্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয় না। যেমন,



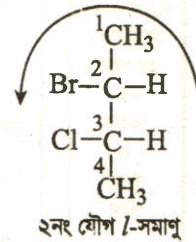
১য় কাইরাল কেন্দ্র  $\overset{*}{\text{C}}_2$  তে যুক্ত আছে :  $-\text{CH}_3, -\text{H}, -\text{Br}, -\text{CHClCH}_3$

২য় কাইরাল কেন্দ্র  $\overset{*}{\text{C}}_3$  তে যুক্ত আছে :  $-\text{CH}_3, -\text{H}, -\text{Cl}, -\text{CHBrCH}_3$

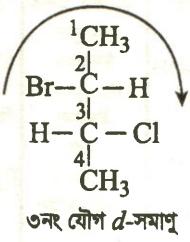
তাই ২-ব্রোমো-৩-ক্লোরো বিউটেন যৌগের চারটি ভিন্ন কনফিগারেশন সম্ভব। দুটি ভিন্ন কাইরাল কেন্দ্র থাকায় এ যৌগের চারটি আলোক সমাগু রয়েছে।



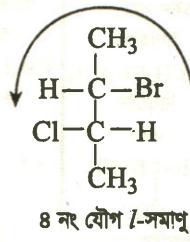
১নং যৌগ *d*-সমাগু



২নং যৌগ *L*-সমাগু



৩নং যৌগ *d*-সমাগু

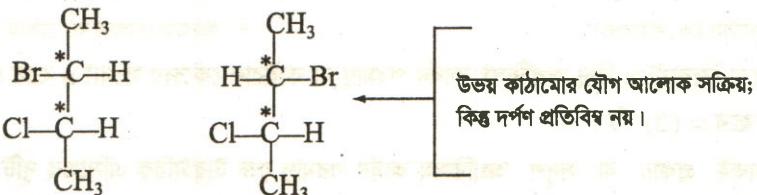


৪নং যৌগ *L*-সমাগু

এক্ষেত্রে কনফিগারেশন ১নং ও ২নং হলো-পরম্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব এবং পরম্পরের ওপর অসমাপ্তিত থাকে। তাই ১নং ও ২নং ভিন্ন কনফিগারেশন যুক্ত যৌগ হলো আলোক-সমাপ্ত ও পরম্পরের এনানসিওমার। একইভাবে ৩নং ও ৪নং যৌগ হলো আলোক-সমাপ্ত ও এনানসিওমার অর্থাৎ উভয়ের আলোকে সক্রিয়তায় আবর্তন মান সমান ও বিপরীত হয়। ল্যাকটিক এসিডের মতো ১নং ও ২নং যৌগ সমমোলার মিশ্রণে একটি রেসিমিক মিশ্রণ তৈরি করে এবং ৩নং ও ৪নং যৌগ সমমোলার মিশ্রণে ২য় রেসিমিক মিশ্রণ তৈরি করে থাকে।

অপরদিকে, ১নং যৌগ ও ৩নং যৌগ আলোক সক্রিয় বটে, কিন্তু এরা পরম্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব না হলে, এদেরকে ডাইস্টেরিওআইসোমার নয়। একইভাবে ২নং ও ৪নং যৌগ আলোক সক্রিয় বটে, কিন্তু পরম্পরের এনানসিওমার নয়; এদেরকে ডাইস্টেরিও আইসোমার বলে।

**ডাইস্টেরিওআইসোমারস (Diastereoisomers) :** দুটি অসদৃশ কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট একই আণবিক সংকেতযুক্ত জৈবযৌগের ভিন্ন কনফিগারেশনযুক্ত দুটি আলোক সমাপ্ত পরম্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব না হলে, এদেরকে ডাইস্টেরিওআইসোমারস বা ডাইস্টেরিওমারস (diastereomers) বলে। এদের আপেক্ষিক আবর্তন মান ভিন্ন হয়, তবে আবর্তনের দিক একই বা ভিন্নও হতে পারে। যেমন,



ডাইস্টেরিওমারসম্বয়ের ভৌতিক পরম্পরের গুণাবলী, স্ফুটনাক্ষ, দ্রাব্যতা, ঘনত্ব ইত্যাদিতে পার্থক্য থাকে।

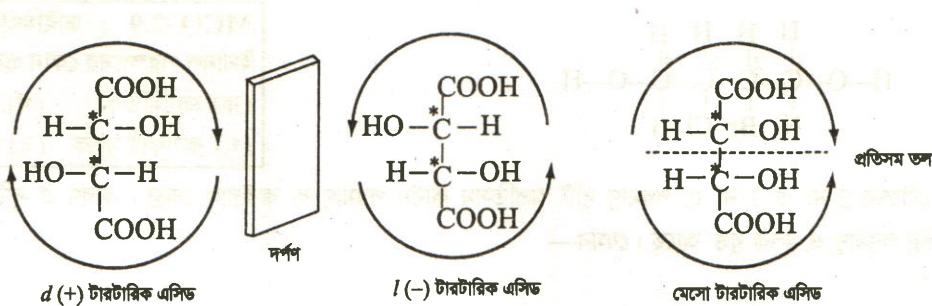
(৩) দুটি সদৃশ অপ্রতিসম কার্বন পরমাপুসূহ : জৈবযৌগের অণুতে দুটি একই প্রকার বা সদৃশ অপ্রতিসম কার্বন পরমাপুসূহ থাকলে তখন ঐ জৈবযৌগের তিনটি ভিন্ন কনফিগারেশনযুক্ত তিনটি সমাপ্ত সম্ভব হয়। এদের দুটি কনফিগারেশন পরম্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব হওয়ায় একটি সমাপ্ত d-সমাপ্ত ও অপরটি l-সমাপ্ত হয়। এরা আলোক সক্রিয়।

কিন্তু ৩য় কনফিগারেশনযুক্ত সমাপ্তির গঠনে দুটি কাইরাল কেন্দ্রকে পৃথক করার একটি প্রতিসম তল থাকে। এ প্রতিসম তলের উপরি অর্ধাংশের কাইরাল কেন্দ্রের আপেক্ষিক আবর্তনের মান নিচের অর্ধাংশের কাইরাল কেন্দ্রের আপেক্ষিক আবর্তনের মানের সমান কিন্তু বিপরীত দিকের হয়। ফলে অণুটির আলোক সক্রিয়তার সামগ্রিক আবর্তন মান শূন্য হয়। একে অণুর internal compensation বা অভ্যন্তরীণ সমতা সাধন বলা হয়। তখন এরূপ সমাপ্তকে আলোক নিত্রিয় মেসো (meso) সমাপ্ত বলা হয়। দুটি সদৃশ কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট যৌগের সাধারণ সংকেত হলো abdC-Cabd এবং এর তিনটি ত্রিমাত্রিক গঠন বা কনফিগারেশন হলো নিম্নরূপ:

(i) দুটি কনফিগারেশন পরম্পরার দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়। এরা হলো d-সমাপ্ত ও l-সমাপ্ত।

(ii) তৃতীয় কনফিগারেশনটি প্রতিসম তল দ্বারা বিভক্ত থাকে। এটি হলো মেসো-সমাপ্ত।

দুটি সদৃশ কাইরাল কেন্দ্রবিশিষ্ট জৈবযৌগের প্রকৃষ্ট উদাহরণ হলো টারটারিক এসিড। টারটারিক এসিডের দুটি সদৃশ কাইরাল কেন্দ্রের সাথে যুক্ত পরমাপুসূহ বা মূলক a = -COOH, b = -OH, d = -H হয়। যেমন,



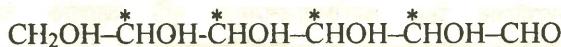
এক্ষেত্রে তারকা চিহ্নিত 2 নং ও 3 নং C-পরমাণু দুটিতে চারটি একই প্রকার পরমাণু ও মূলক যুক্ত থাকায় ঐ দুটি C-পরমাণু সদৃশ কাইরাল কেন্দ্র বা অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু হয়েছে।

আলোক সমাণুর সংখ্যা নির্ধারণ : উপরোক্ত আলোচনা থেকে জানা গেল একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুযুক্ত ল্যাকটিক এসিডের দুটি আলোক সমাণু আছে। দুটি ভিন্ন বা অসদৃশ অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু যুক্ত 2-ব্রামো-3-ক্লোরো বিউটেনের চারটি ( $2^2$ ) আলোক সমাণু আছে। একই নিয়মে আলোচনা থেকে জানা যায়, তিনটি ভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু যুক্ত যৌগ যেমন অ্যালডো পেন্টোজ বা 2, 3, 4, 5- টেট্রাহাইড্রো পেন্টান্যালের আটটি ( $2^3$ ) আলোক সমাণু আছে। অনুরপভাবে চারটি ভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুযুক্ত গুকোজ বা 2, 3, 4, 5, 6-পেন্টা হাইড্রো হেক্সান্যাল (সরল শিকল গঠন) এর ঘোলটি আলোক সমাণু আছে অর্থাৎ  $2^4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$  টি সমাণু সম্ভব।



2, 3, 4, 5- টেট্রাহাইড্রো পেন্টান্যাল

বা অ্যালডো পেন্টোজ (বা, রাইবোজ)



2, 3, 4, 5, 6- পেন্টাহাইড্রো হেক্সান্যাল

বা, অ্যালডো হেক্সোজ বা, থকোজ

\* সুতরাং কোনো জৈবযৌগে ভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্রের সংখ্যা  $n$  হলে যৌগটির মোট আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা হবে  $= (2)^n$  টি।

আবার দুটি একই প্রকার বা সদৃশ অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু যুক্ত টারটারিক এসিডের দুটি আলোক সক্রিয় সমাণু (*d*-সমাণু ও *l*-সমাণু) এবং একটি আলোক নিত্রিয় মেসো-সমাণু আছে। সুতরাং ' $n$ ' সংখ্যক সদৃশ অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুযুক্ত জৈবযৌগের বেলায়—

\* (i) সম্ভাব্য আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যার ফর্মুলা হলো  $= (2)^{n-1}$ ; এক্ষেত্রে 'n' হলো জোড় বা যুগ্ম সংখ্যা 2, 4 ইত্যাদি।

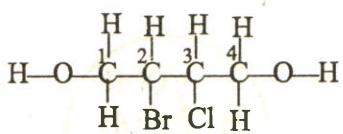
\* (ii) সম্ভাব্য মেসো-সমাণু সংখ্যার ফর্মুলা হলো  $= (2)^{(n-2)/2}$ ; এক্ষেত্রে  $n = 2, 4$  যুগ্ম সংখ্যা। যেমন, টারটারিক এসিডে  $n = 2$  হয়েছে। তাই টারটারিক এসিডের আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা হলো  $2^{2-1} = 2^1 = 2$ টি; একটি *d*-সমাণু এবং অপরটি *l*-সমাণু। আবার টারটারিক এসিডের মেসো-সমাণুর সংখ্যা  $= (2)^{(2-2)/2} = 2^0 = 1$  টি।

### সমাধানকৃত সমস্যা-২.৩ : আলোক সমাণুভিত্তিক :

2-ব্রামো-3-ক্লোরো বিউট-1, 4-ডাই অল ( $\text{HOCH}_2-\text{CHBr}-\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{OH}$ ); এ যৌগটিতে কয়টি অপ্রতিসম C-পরমাণু আছে এবং এ সংকেতযুক্ত কয়টি আলোক সমাণু সম্ভব তা সংশ্লিষ্ট ফর্মুলাসহ ব্যাখ্যা করো।

দক্ষতা : প্রথমে কাইরালকেন্দ্র নির্দিষ্ট করতে হবে। পরে একাধিক কাইরালকেন্দ্রের বেলায় সদৃশ কাইরালকেন্দ্র ও অসদৃশ কাইরালকেন্দ্রভিত্তিক ফর্মুলা ব্যবহার করে সমাণু সংখ্যা গণনা করা যাবে।

সমাধান : প্রদত্ত যৌগটির গাঠনিক সংকেত হলো নিম্নরূপ :



**MCQ-2.9 :** ডাইমিথাইল ইথার ও ইথানল পরম্পরারের কোন প্রকার সমাণু?  
 (ক) জ্যামিতিক (খ) টটোমার  
 (গ) কার্যকরী মূলক (ঘ) অবস্থান সমাণু

এ যৌগের 2 নং ও 3 নং C পরমাণু দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্র। কারণ ঐ দুটি C-পরমাণুতে চারটি ভিন্ন পরমাণু ও মূলক যুক্ত আছে। যেমন—

$C_2$  এর সাথে যুক্ত পরমাণু ও মূলক হলো : H, Br,  $-CH_2OH$ ,  $-CHClCH_2OH$

$C_3$  এর সাথে যুক্ত পরমাণু ও মূলক হলো : H, Cl,  $-CH_2OH$ ,  $-CHBr-CH_2OH$

যেহেতু দুটি অপ্রতিসম  $C$ -পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু ও মূলকসমূহ ভিন্ন; সুতরাং  $C_2$  এবং  $C_3$  কাইরালকেন্দ্র দুটি ভিন্ন বা অসদৃশ। তাই  $(2)^n$  ফর্মুলা মতে, এক্ষেত্রে  $n = 2$  হওয়ায়, আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা হবে  $(2)^2 = 4$ টি এবং ডাইস্টেরিওমার হবে 2 টি। এক্ষেত্রে যৌগটির দুটি অসদৃশ কাইরাল কেন্দ্র হওয়ায় মেসো-সমাণু সম্ভব নয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-২.৪ : আলোক সমাণু সংখ্যা নির্ধারণভিত্তিক :

২.৩-ডাইব্রামো বিউটেন ( $CH_3CHBrCHBrCH_3$ ); এ যৌগটিতে কয়টি অপ্রতিসম  $C$ -পরমাণু আছে এবং এ সংকেতযুক্ত কয়টি কী প্রকারের সমাণু সম্ভব তা সংশ্লিষ্ট ফর্মুলাসহ ব্যাখ্যা করো।

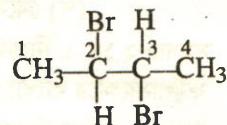
দক্ষতা : প্রথমে কাইরালকেন্দ্র নির্দিষ্ট করতে হবে। পরে একাধিক কাইরালকেন্দ্রের বেলায় সদৃশ কাইরাল কেন্দ্র ও অসদৃশ কাইরালকেন্দ্রভিত্তিক ফর্মুলা দ্বারা সমাণু সংখ্যা গণনা করা যাবে।

সমাধান : প্রদত্ত যৌগটির গাঠনিক সংকেত হলো নিম্নরূপ :

এ যৌগের 2 নং ও 3 নং  $C$ -পরমাণু দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্র। কারণ ঐ দুটি  $C$ -পরমাণুতে চারটি ভিন্ন পরমাণু ও মূলকযুক্ত আছে। যেমন,

$C_2$  এর সাথে যুক্ত পরমাণু ও মূলক হলো : H, Br,  $-CH_3$ ,  $-CHBrCH_3$

$C_3$  এর সাথে যুক্ত পরমাণু ও মূলক হলো : H,  $-Br - CH_3$ ,  $-CHBrCH_3$



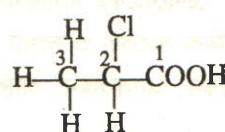
যেহেতু  $C_2$  ও  $C_3$  পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু ও মূলকসমূহ সদৃশ; সুতরাং  $C_2$  ও  $C_3$  কাইরালকেন্দ্র দুটি হলো একই প্রকার বা সদৃশ। তাই  $(2)^{n-1}$  ফর্মুলা মতে, এক্ষেত্রে  $n = 2$  হওয়ায়, আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা হবে  $(2)^{2-1} = 2$ টি; একটি  $d$ -সমাণু অপরটি  $l$ -সমাণু। এক্ষেত্রে সদৃশ কাইরালকেন্দ্র থাকায় আলোক নিয়ন্ত্রিয় মেসো-সমাণু সংখ্যা হবে  $= (2)^{(2-2)/2} = 2^0 = 1$  টি।

সমাধানকৃত সমস্যা - ২.৫ : আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা নির্ধারণভিত্তিক :

২- ক্লোরো প্রোপানোয়িক এসিড ( $CH_3-CHCl-COOH$ ) এর কয়টি অপ্রতিসম  $C$ -পরমাণু আছে এবং এর কয়টি কী প্রকারের সমাণু সম্ভব তা সংশ্লিষ্ট ফর্মুলাসহ ব্যাখ্যা করো।

দক্ষতা : প্রথমে কাইরালকেন্দ্র নির্দিষ্ট করতে হবে। পরে এক বা একাধিক কাইরালকেন্দ্রভিত্তিক ফর্মুলা দ্বারা সমাণু সংখ্যা গণনা করা যাবে।

সমাধান : প্রদত্ত যৌগটির গাঠনিক সংকেত হলো নিম্নরূপ :



MCQ-2.10 : কোন যৌগে দুটি কাইরালকেন্দ্র আছে?

- (ক) 2-হাইড্রোক্সি প্রোপানোয়িক এসিড
- (খ) বিউটেন-২, ৩-ডাইঅল
- (গ) 2-মিথাইল প্রোপান-২ অল
- (ঘ) বিউটান-২-অল

এ যৌগে 2 নং  $C$  পরমাণুটি একটি কাইরাল কেন্দ্র। কারণ এটিতে চারটি ভিন্ন পরমাণু ও মূলক যেমন H, Cl,  $-CH_3$ ,  $-COOH$  যুক্ত আছে। তাই  $(2)^n$  ফর্মুলা মতে এক্ষেত্রে  $n = 1$  হওয়ায় আলোক সক্রিয় সমাণু সংখ্যা  $= (2)^1 = 2$ টি; একটি হলো  $d$ -সমাণু, অপরটি  $l$ -সমাণু।

**শিক্ষার্থীর কাজ-২.৭ :** জৈবযৌগে সমাগুতাৰ প্ৰকাৰভেদ নিৰ্ণয়াতিকি :

সমস্যা-২.১০ : নিচেৰ সংকেতযুক্ত যৌগসমূহ কোনু প্ৰকাৰ সমাগুতা প্ৰদৰ্শন কৰবে তা প্ৰয়োজনীয় শৰ্ত উল্লেখ কৰে যথৰ্থতা ব্যাখ্যা কৰো :

- |  |   |
|--|---|
| (ক) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ ,   | (খ) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCOOH}$ , |
| (গ) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , | (ঘ) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$    |

সমস্যা-২.১১ : নিম্নোক্ত কোনু যৌগ সিস-ট্ৰান্স সমাগুতা প্ৰদৰ্শন কৰবে তা ব্যাখ্যা কৰো :

- |              |              |                        |
|--------------|--------------|------------------------|
| (ক) পেট-১-ইন | (খ) পেট-২-ইন | (গ) 2-মিথাইল পেট-২-ইন। |
|--------------|--------------|------------------------|

সমস্যা - ২.১২ : নিম্নোক্ত পদ বা বিষয়েৰ ব্যাখ্যা কৰো :

- |                 |                    |                         |
|-----------------|--------------------|-------------------------|
| (ক) টেটোমারিজম  | (খ) টেটোমারিজম     | (গ) সিস-ট্ৰান্স সমাগুতা |
| (ঘ) এনানসিওমারস | (ঙ) ডাইস্টেরিওমারস | (চ) মেসো যৌগ            |

সমস্যা-২.১৩ (ক) প্ৰোপানোন টেটোমারিজম প্ৰদৰ্শন কৰে; ব্যাখ্যা কৰো :

- (খ) এনানসিওমারস ও ডাইস্টেরিওমারস-এৰ মধ্যে পাৰ্থক্য কী?  
 (গ) মেসো সমাগু আলোক সক্রিয় নয় কেন, ব্যাখ্যা কৰো।

সমস্যা-২.১৪ : নিচেৰ কোনু যৌগেৰ কয়টি আলোক সক্রিয় সমাগু ও আলোক নিউক্লিয় সমাগু আছে তা সংশ্লিষ্ট ফৰ্মুলাসহকাৰে ব্যাখ্যা কৰো :

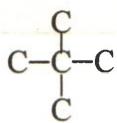
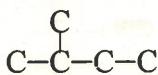
- |  |   |
|--|---|
| (ক) 2-ক্রামো-প্ৰোপানোয়িক এসিড               | $(\text{CH}_3\text{CHBr}-\text{COOH})$                                  |
| (খ) 2-হাইড্ৰক্সি প্ৰোপান্যাল                 | $(\text{CH}_3\text{CHOH}-\text{CHO})$                                   |
| (গ) 2, 3- ডাইহাইড্ৰক্সি প্ৰোপান্যাল          | $(\text{CH}_2\text{OHCHOH}-\text{CHO})$                                 |
| (ঘ) বিউটান-2, 3- ডাইঅল                       | $(\text{CH}_3\text{CHOHCHOH}-\text{CH}_3)$                              |
| (ঙ) 2, 3- ডাইহাইড্ৰক্সি বিউটেন ডাইওয়িক এসিড | $(\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH})$                     |
| (চ) 2, 3- ডাই অ্যামিনো বিউটানোয়িক এসিড      | $(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH})$ |
| (ছ) 2, 3- ডাইক্লোৱো বিউটানোয়িক এসিড         | $(\text{CH}_3\text{CHClCHCl}-\text{COOH})$                              |
| (জ) 2-ক্রামো -3- ক্লোৱো-বিউটান্যাল           | $(\text{CH}_3\text{CHClCHBr}-\text{CHO})$                               |
| (ঝ) 2 -ক্রামো-3- ক্লোৱো-বিউটেন               | $(\text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CHCl}-\text{CH}_3)$                     |
| (ঞ) 2- অ্যামিনো-3- ক্লোৱো বিউটেন             | $[\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CHCl}-\text{CH}_3]$           |

## ২.৭ জৈবযৌগেৰ সংকেত থেকে গাঠনিক সমাগু সংখ্যা নিৰ্ণয়

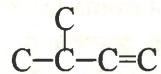
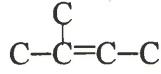
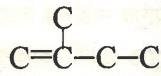
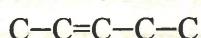
### To determine Structural Isomers' Number from Compound's Formula

আগেৰ অনুচ্ছেদেৰ আলোচনাতিকি আমৰা এখানে বোনো জৈবযৌগেৰ রাসায়নিক সংকেত থেকে এৰ সম্ভাৱ্য সমাগুগুলোৰ মধ্যে চেইন সমাগু ও কাৰ্যকৱী মূলক সমাগুগুলোৰ গাঠনিক সংকেত ও সংখ্যা নিৰ্ণয় কৰবো। চেইন সমাগুতা অ্যালকেন, সাইক্লো অ্যালকেন এবং কাৰ্যকৱী মূলক সমাগুতা অ্যালকিন, অ্যালকাইন, অ্যালকোহল-ইথার, অ্যালডিহাইড-কিটোনভিত্তিক সম্ভাৱ্যতা দেখা হবে।

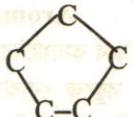
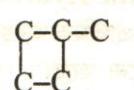
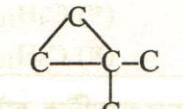
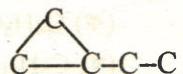
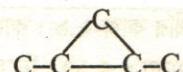
\* জৈবযৌগে C-পৰমাণু সংখ্যা বৃদ্ধিৰ সাথে চেইনেৰ গঠনবিন্যাস সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। যেমন 4 টি C-এৰ বেলায় 2 টি চেইন বিন্যাস, 5টি C-এৰ বেলায় 3টি চেইন বিন্যাস, 6টি C-এৰ বেলায় 5টি বিন্যাস, 7C-এৰ বেলায় 7টি বিন্যাস, 10 C এৰ চেইনেৰ 75টি বিন্যাস সম্ভব। যদি চেইনে একটি C=C দ্বিবন্ধন থাকে অৰ্থাৎ অ্যালকিনেৰ বেলায় এবং C-পৰমাণুৰ বলয় সংখ্যা অন্তৰ্ভুক্ত কৰা হয়, তবে সমাগু সংখ্যা আৱো বৃদ্ধি পায়। যেমন, নিচে 5টি C-পৰমাণু দ্বাৱা (ক) একক সিগমা বন্ধন সহযোগে, (খ) একক দ্বিবন্ধন সহযোগে এবং (গ) সম্পৃক্ত সাইফিক কাৰ্বন কাঠামো দেখানো হলো।

(ক)  $C-C-C-C-C$ 

(খ)

 $C=C-C-C-C$ 

(গ)



\* শিকলে প্রতিটি C-পরমাণুর মোজনী 4 সঠিকভাবে গণনা করে দেখতে হবে। প্রতি C পরমাণুতে 4টি একক বন্ধন অথবা একটি দ্বিবন্ধন ও দুটি একক বন্ধন অথবা একটি ত্রিবন্ধন ও একটি একক বন্ধন থাকা সম্ভব।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-২.৮ : হাইড্রোকার্বনের সমান্তর সংখ্যা নির্ণয় :

সমস্যা-২.১৫ : নিচে দেয়া শর্ত মতে হাইড্রোকার্বনের সমান্তর গঠন ও সংখ্যা নির্ণয় করো :

(ক) হাইড্রোকার্বনে ৬টি C-পরমাণু আছে; কোনো দ্বিবন্ধন, ত্রিবন্ধন বা বলয় নেই;

(খ) হাইড্রোকার্বনে ৪টি C-পরমাণু আছে; এতে একটি দ্বিবন্ধন আছে, কোনো বলয় নেই।

(গ) হাইড্রোকার্বনে ৪টি C-পরমাণু আছে; এতে বলয় আছে; দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন নেই।

সমস্যা - ২.১৬ :  $C_5H_{12}$  ও  $C_4H_8$  সংকেতযুক্ত সমান্তর সমান্তর গাঠনিক সংকেত লেখ।

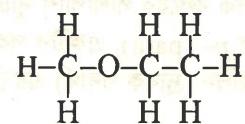
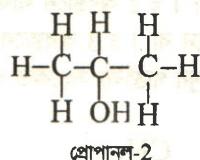
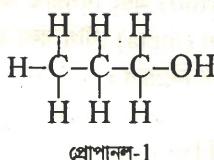
#### সমাধানকৃত সমস্যা -২.৬ : অ্যালকোহল-ইথার ও অ্যালডিহাইড-কিটোন সমান্তর গাঠনিক সংকেত লেখ :

(ক)  $C_3H_8O$  সংকেতযুক্ত সমান্তর সমান্তর গাঠনিক সংকেত লেখ।

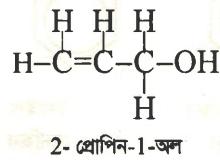
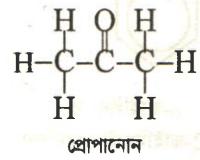
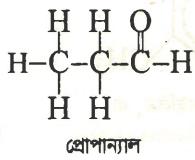
(খ)  $C_3H_6O$  সংকেতযুক্ত সমান্তর সমান্তর গাঠনিক সংকেত লেখ।

দক্ষতা (Strategy) : প্রদত্ত রাসায়নিক সংকেত  $C_3H_8O$  এর শ্রেণিগত সাধারণ সংকেত হলো  $C_nH_{2n+2}O$ , যা হলো অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেত। আবার  $C_3H_6O$  এর শ্রেণিগত সাধারণ সংকেত হলো  $C_nH_{2n}O$ , যা অ্যালডিহাইড কিটোন ও অ্যালকিন-এর সাধারণ সংকেত।

সমাধান (Solution) : (ক)  $C_3H_8O$  এর বেলায়, নিম্নোক্ত অ্যালকোহল ও ইথার সমান্তর সম্ভব।



(খ)  $C_3H_6O$  এর বেলায়, নিম্নোক্ত অ্যালডিহাইড, কিটোন ও অ্যালকিন সমান্তর সম্ভব।



শিক্ষার্থীর কাজ-২.৯ : কার্যকরী মূলকভিত্তিক ট্রিমোল যৌগের সমাপ্ত :

সমস্যা - ২.১৭ : নিচে দেয়া শর্ত মতে, সম্ভাব্য সমাধুগুলোর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

(ক)  $C_4H_8O$  এর সম্পৃক্ত কার্বন শিকলের সমাধুগুলোর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

(খ)  $C_5H_{10}O$  এর কিটোন সমাধুগুলোর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

(গ)  $C_4H_{10}O$  এর সম্ভাব্য সব সমাধুর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

(ঘ)  $C_5H_{10}O_2$  এর গঠনের সমাধুতে একটি কার্বক্সিল মূলক আছে ।

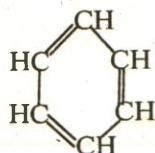
সি. বো. ২০২২।

## ২.৮ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন

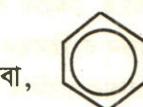
### Aromatic Hydrocarbons

জৈব রসায়নের প্রাথমিক অবস্থায় অ্যারোমেটিক (aromatic) যৌগ বলতে ফল, মূল ও বিভিন্ন উভিদের কাণ থেকে প্রাপ্ত সুগন্ধ বস্তুকে বোঝানো হতো । পরে রসায়নবিদেরা জানলেন যে, অ্যারোমেটিক যৌগগুলো অন্য সব জৈবযৌগ থেকে রাসায়নিক ধর্মে বিশেষ পার্থক্য প্রকাশ করে । অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের আণবিক গঠন সমতলীয় এবং সাইক্লিক কিন্তু সাইক্লো অ্যালকেন থেকে ভিন্ন । অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের আণবিক গঠনে ছয়  $C$ -পরমাণুযুক্ত এক বা একাধিক বলয় থাকে; এসব বলয়ে কার্বন-কার্বন একক বন্ধন ( $C-C$ ) ও কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ ) একস্তরভাবে কাঠামোতে দেখানো হয় । বেনজিন ( $C_6H_6$ ) কে অ্যারোমেটিক যৌগ শ্রেণির মূল যৌগ ধরা হয় ।

অ্যারোমেটিক যৌগের সংজ্ঞা : বেনজিন, বেনজিন জাতক ও বেনজিনের মতো অসম্প্রস্তুত যুক্ত এবং হাকেল (Huckel) নিয়মভিত্তিক  $(4n+2)$  সংখ্যক সংক্ষণশীল ইলেকট্রন সমন্বিত বলয়াকার জৈবযৌগকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলে ।



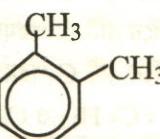
বেনজিন



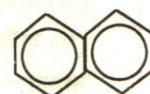
বা, বেনজিন



টুলুইন



অর্থোজাইলিন



ন্যাফথ্যালিন

1, 2-ডাইমিথাইল বেনজিন

অ্যারিন (Arene) : অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনকে অ্যারিন বলে । এদের গঠনে ছয়  $C$  পরমাণুবিশিষ্ট বেনজিনয়েড বলয় থাকে । যেমন বেনজিন, বেনজিনের জাতক, ন্যাফথ্যালিন ।

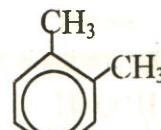
বেনজিন সমগোত্রক : বেনজিনের এক বা একাধিক  $H$  পরমাণু সমসংখ্যক অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে উৎপন্ন বেনজিনের অ্যালকাইল জাতককে বেনজিন সমগোত্রক বলে । যেমন, মিথাইল বেনজিন বা টুলুইন, ইথাইল বেনজিন । দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিনের বেলায় একটি প্রতিস্থাপকের অবস্থানকে  $C-1$  ধরে নামারিং করে অপরাটির অবস্থান ঠিক করা হয় । যেমন, ডাইমিথাইল বেনজিনের বেলায়  $CH_3-$  মূলকের অবস্থানকে একপে নামারিং করা হয় । আবার সাধারণ নামকরণের বেলায়, দুটি মূলক বলয়ের পাশাপাশি দুটি কার্বনে বা  $1:2$  অবস্থানে থাকলে *o* (ortho) এবং বিপরীত অবস্থানে বা  $1:4$  অবস্থানে থাকলে *p*- (para), একটির পর তার কার্বনে বা  $1:3$  অবস্থানে থাকলে *m* (meta) যৌগ বলা হয় । ডাইমিথাইল বেনজিন বা জাইলিন (দ্রাবক পদার্থ) এর তিনটি সমাধুর গাঠনিক সংকেত ও নাম হলো নিম্নরূপ :



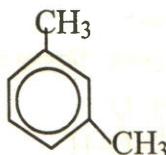
মিথাইল বেনজিন  
বা, টুলুইন



ইথাইল  
বেনজিন



*o*-জাইলিন, বা  
1,2-ডাইমিথাইল বেনজিন



*m*-জাইলিন, বা  
1,3-ডাইমিথাইল বেনজিন



*p*-জাইলিন, বা  
1,4-ডাইমিথাইল  
বেনজিন

**অ্যারোমেটিক যৌগের উৎস :** কোল ও পেট্রোলিয়াম হলো অ্যারোমেটিক যৌগের প্রধান উৎস। কয়লার বিধ্বংসী পাতন যেমন  $10\% - 12\%$  জলীয়বাস্প মিশ্রিত বিটুমিনাস কয়লাকে  $900^{\circ} - 1100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আবদ্ধপাত্রে পাতন করে প্রাপ্ত কোলটার বা আলকাতরা থেকে এসব যৌগ পৃথক করা হয়। আলকাতরার মধ্যে অস্ত্রীয়, ক্ষারকীয় ও নিরপেক্ষ- অ্যারোমেটিক যৌগ থাকে। আলকাতরাকে লোহ নির্মিত রিটটে নিয়ে 'অংশ-কলাম' ব্যবহার করে ধীরে ধীরে  $400^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা পর্যন্ত আংশিক পাতন করলে নিম্নোক্ত পাতিত তরল পাওয়া যায়।

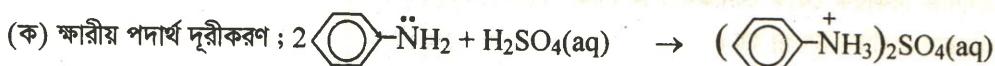
**সারণি - ২.৯ : আলকাতরার আংশিক পাতনে ধ্রুতি বিভিন্ন পাতিত অংশ ও উপাদান [DAT-09-10]**

পাতিত অংশের নাম	পাতন তাপমাত্রা	% পরিমাণ	পাতিত তরলে প্রধান উপাদানসমূহ
১। লঘু তেল (আ.গ. = 0.97)	$170^{\circ}\text{C}$ পর্যন্ত	5%	বেনজিন, টলুইন, জাইলিন, পিরিডিন, থায়োফিন, অ্যানিলিন, ফেনল।
২। মধ্যম তেল (আ. গ. = 1.005)	$171^{\circ} - 230^{\circ}\text{C}$	7.5%	ফেনল, ক্রিসল, ন্যাফথ্যালিন ইত্যাদি।
৩। ভারী তেল (আ. গ. = 1.03)	$231^{\circ} - 270^{\circ}\text{C}$	10%	ক্রিসল, ন্যাফথ্যালিন, কুইনোলিন।
৪। সবুজ তেল (আ. গ. = 1.09)	$271^{\circ} - 400^{\circ}\text{C}$	20%	অ্যানথ্রাসিন, ফিনান্থ্রিন ইত্যাদি
৫। পিচ (Pitch)	রিটটে অবশেষ থাকে।	57.5%	কোক-কার্বন।

### ২.৮.১ আলকাতরা অথবা লঘু তেল থেকে বেনজিন ও টলুইন পৃথকীকরণ

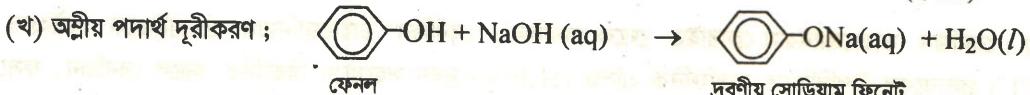
#### Separation of Benzene & Toluene From Light Oil

আলকাতরাকে  $170^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আংশিক পাতন করে প্রাপ্ত লঘু তেলের মধ্যে প্রধানত (ক) নিরপেক্ষ জাতীয় বেনজিন, টলুইন, জাইলিন প্রভৃতি হাইড্রোকার্বন; (খ) ক্ষারজাতীয় অ্যানিলিন, পিরিডিন, থায়োফিন এবং (গ) অম্লজাতীয় পদার্থ ফেনল থাকে। লঘু তেলকে প্রথমে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ও পরে  $10\%$   $\text{NaOH}$  দ্রবণ দ্বারা ধোত করে যথাক্রমে ক্ষার জাতীয় ও অম্লজাতীয় পদার্থ দূর করা হয়।



অ্যানিলিন

অ্যানিলিনিয়াম সালফেট (দ্রবণীয়)



ফেনল

দ্রবণীয় সোডিয়াম ফিনেট

পরে এ তেলকে বার বার পানি দ্বারা ধোত করলে অব্যবহৃত  $\text{NaOH}$  দূরীভূত হয়। শেষে এ লঘু তেলকে আংশিক পাতন করে  $70^{\circ} - 110^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে সংগ্রহ করা হয়। এ অংশকে  $90\%$  বেনজিল (benzol) বলা হয়। এ  $90\%$  বেনজলে প্রধানত  $84\%$  বেনজিন,  $13\%$  টলুইন এবং  $3\%$  জাইলিন থাকে।  $90\%$  বেনজলকে আংশিক পাতন করে  $80^{\circ} - 82^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় পাতিত তরল পদার্থকে সংগ্রহ করলে মোটামুটি  $99\%$  বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়।

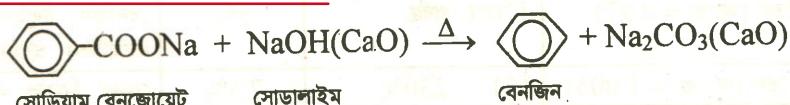
**বিশেষণ :** লঘু তেলের আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথকীভৃত এ বেনজিনে টলুইন, থায়োফিন প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। বিশেষনের জন্য এ বেনজিনকে হিম-মিশ্রণ  $[\text{NaCl} \text{ ও বরফ পানি } (1 : 3) = -22^{\circ}\text{C}]$  দ্বারা শীতল করলে  $5.4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বেনজিনের কঠিন কেলাস পাওয়া যায়। এ কেলাসগুলোকে পৃথক করলে মোটামুটি অপদ্রব্য মুক্ত বেনজিন পাওয়া যায়; কিন্তু তবুও এ বেনজিনে সামান্য পরিমাণ থায়োফিন ( $0.5\%$ ) থাকে। থায়োফিন মিশ্রিত ঐ বেনজিনকে শীতল গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর সাথে মিশিয়ে বার বার ঝাঁকালে থায়োফিন দূর হয়। অতঃপর এ বেনজিন স্তরকে পৃথক করে ও অনার্টি  $\text{CaCl}_2$  (নিরুদক) দ্বারা শুক করার পর  $80.4^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় পাতন করলে রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়। লঘু তেলের  $110^{\circ} - 140^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে  $50\%$  বেনজিল ( $50\%$  benzol) বলে।  $50\%$  বেনজলে বেনজিন ( $46\%$ ), টলুইন ও সামান্য জাইলিন থাকে।  $90\%$  বেনজিল ও  $50\%$  বেনজলকে  $108^{\circ} - 110^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় আংশিক পাতন করলে মোটামুটি বিশুদ্ধ টলুইন পাওয়া যায়।

## ২.৮.২ বেনজিন ও টলুইন এর বিভিন্ন পদ্ধতি Preparations of Benzene and Toluene

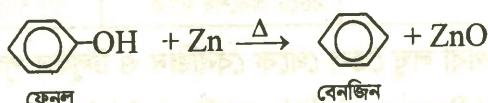
FM DAC

### (ক) বেনজিন পদ্ধতিসমূহ :

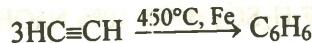
- ১। বেনজোয়ারিক এসিডের লবণ ও সোডালাইমের মিশ্রণ থেকে : সোডিয়াম বেনজোয়েট লবণ ও সোডালাইমের মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে বেনজিনের বাস্প (ক্ষুটনাক ৪০.৪°C) উৎপন্ন হয়। এই বাস্পকে শীতল করলে তরল বেনজিন পাওয়া যায়। জৈব কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ ও সোডালাইমের বিক্রিয়ায় CO<sub>2</sub> অপসারণ ও হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হওয়ার এরপে বিক্রিয়াকে ডিকার্বক্সিলেশন (decarboxylation) বলা হয়।



- ২। ফেনল ও জিঙ্ক গুঁড়ার মিশ্রণ থেকে বেনজিন : ফেনল ও জিঙ্ক গুঁড়ার মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে ফেনল বিজ্ঞারিত হয়ে বেনজিন-বাস্প উৎপন্ন হয়। এই বেনজিন-বাস্পকে শীতল করলে তরল বেনজিন পাওয়া যায়।



- ৩। আসিটিলিন থেকে বেনজিন : বেনজিন হলো অ্যাসিটিলিনের পলিমার। অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে 450°C তাপমাত্রায় উত্পন্ন লোহ নলের মধ্যে চালনা করলে তিন অণু অ্যাসিটিলিনের পলিমারকরণের ফলে বেনজিন উৎপন্ন হয়।

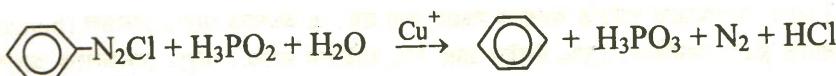


(MAT-20-2)

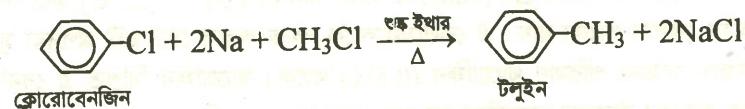
- ৪। গ্রিনার্ড বিকারক থেকে বেনজিন : গ্রিনার্ড বিকারক যেমন ফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও পানির আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় বেনজিন উৎপন্ন হয়।



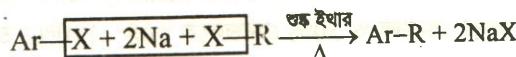
- ৫। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড থেকে বেনজিন : বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে কিউপ্রাস আয়ন (Cu<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>) প্রভাবকের উপচ্ছিতিতে ফসফিনিক এসিড (H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>) দ্রবণ সহযোগে বিজ্ঞারিত করলে বেনজিন, ফসফোনিক এসিড, N<sub>2</sub> ও HCl এসিড উৎপন্ন হয়।



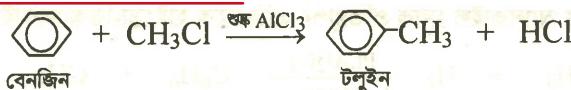
- (খ) টলুইন পদ্ধতি : ১। শুক্র ইথারে দ্রবীভূত সোডিয়াম ধাতু, ক্লোরোবেনজিন ও মিথাইল ক্লোরাইডের মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে টলুইন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে উটজ-ফিটিগ বিক্রিয়া বলে।



- অনুরূপভাবে শুক্র ইথারে সোডিয়াম ধাতু, যেকোনো অ্যারাইল হ্যালাইড (ArX) ও অ্যালকাইল হ্যালাইড (RX) সহকারে উটজ-ফিটিগ বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকাইল বেনজিন (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-R) বা অ্যালকাইল অ্যারিন (Ar-R) পদ্ধতি করা যায়।



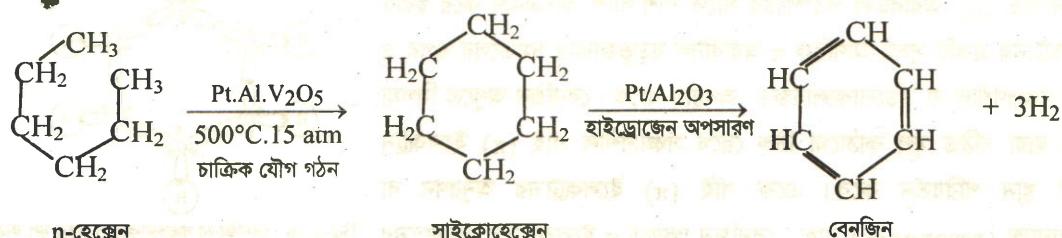
২। বেনজিন থেকে টলুইন : শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  এর উপস্থিতিতে বেনজিন ও মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় টলুইন উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বলে।



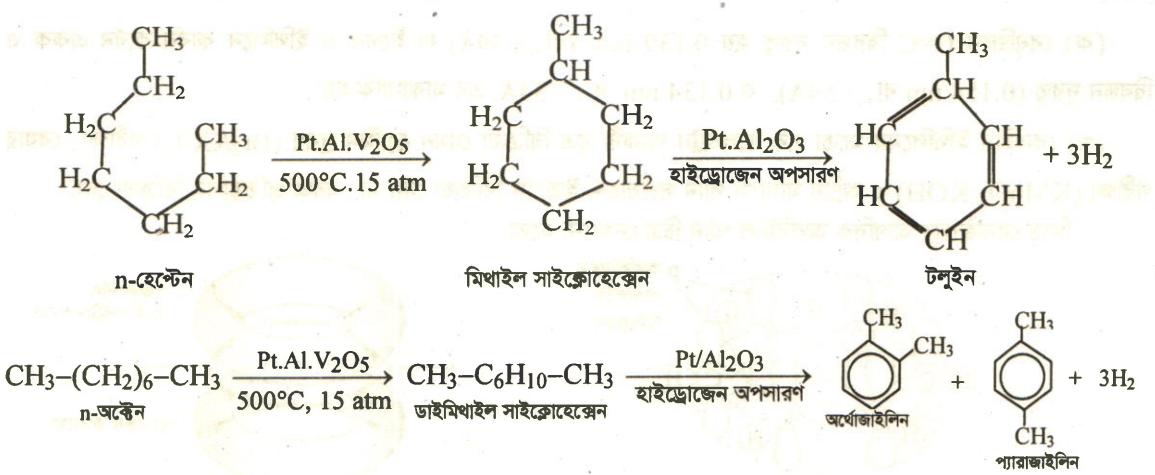
### (গ) পেট্রোলিয়াম থেকে বেনজিন ও টলুইনের উৎপাদন

**অ্যারোমেটিকরণ (aromatization)** বা **রিফরমিং পদ্ধতি** : পেট্রোলিয়াম তেলকে আংশিক পাতন করলে  $35^\circ - 175^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় প্রাণ্য পাতিত তরলকে পেট্রোল বা গ্যাসোলিন বলে। পেট্রোল বা গ্যাসোলিনে  $n$ -হেক্সেন,  $n$ -হেপ্টেন,  $n$ -অক্টেন প্রভৃতি সরল শিকল অ্যালকেন থাকে। এ মিশ্রণকে  $\text{Pt}, \text{Al}$  গুঁড়া মিশ্রিত ক্রেমিয়াম অক্সাইড বা ভ্যানাডিয়াম অক্সাইডের উপস্থিতিতে  $10 - 20 \text{ atm}$  চাপে প্রায়  $500^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করা হয়। একই সঙ্গে চাক্রিক যৌগ গঠন প্রক্রিয়া (cyclisation), হাইড্রোজেন অপসারণ (dehydrogenation) ও সমাগুকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে বেনজিন, টলুইন, জাইলিন প্রভৃতি অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। আংশিক পাতন বা বিশেষ দ্রাবকের সাহায্যে এ মিশ্রণের উপাদানগুলো পৃথক করা হয়। **বর্তমানে ৯০%** বাণিজ্যিক বেনজিন পেট্রোলিয়াম থেকে উৎপাদন করা হয়।

**উদাহরণ-১**।  $n$ -হেক্সেন থেকে বেনজিন :  $n$ -হেক্সেনকে  $\text{Pt}, \text{At}$  গুঁড়া মিশ্রিত ভ্যানাডিয়াম অক্সাইডের উপস্থিতিতে  $15 \text{ atm}$  চাপে প্রায়  $500^\circ\text{C}$  এ উত্পন্ন করা হয়। প্রথমে চাক্রিক প্রক্রিয়ায় সাইক্লোহেক্সেন এবং পরে হাইড্রোজেন অপসারণ প্রক্রিয়ায় বেনজিন উৎপন্ন হয়।

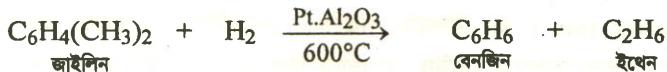
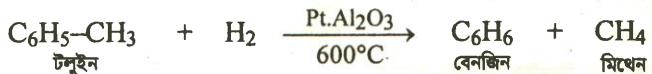


**উদাহরণ-২**। অনুরূপভাবে  $n$ -হেপ্টেন থেকে টলুইন এবং  $n$ -অক্টেন থেকে জাইলিন পাওয়া যায়।



প্রভাবকের উপস্থিতিতে মুক্ত শিকল হাইড্রোকার্বন থেকে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন প্রস্তুতির এ প্রক্রিয়াকে অ্যারোমেটিকরণ বা রিফরমিং প্রক্রিয়া (reforming) বলা হয়।

৩। টলুইন ও জাইলিন থেকে বেনজিন : পেট্রোলিয়াম থেকে অধিক পরিমাণ টলুইন ও কিছু জাইলিন পাওয়া যায়। তাই টলুইন ও জাইলিনকে Pt গুঁড়া ও  $Al_2O_3$  এর উপস্থিতিতে উচ্চচাপে হাইড্রোজেনসহ বিক্রিয়া বেনজিনে পরিণত করা হয়। এরপে হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা অ্যালকাইল মূলক প্রতিজ্ঞাপন প্রক্রিয়াকে হাইড্রো-ডিঅ্যালকাইলেশন বলে।

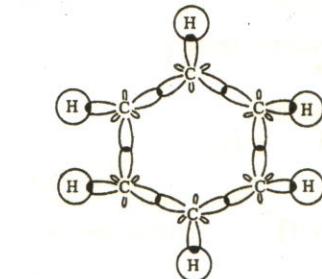


### ২.৮.৩ বেনজিনের আণবিক অরবিটাল গঠন

#### Molecular Orbital Structure of Benzene

[MAT-২২-৩৩]

বেনজিনের ষড়ভূজ কাঠামোর প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধন ( $C-C$ ) দূরত্ব সমান এবং তা হলো  $0.139\text{ nm}$ , যা একক বন্ধন ও দ্বিবন্ধন ( $0.154\text{ nm}$  ও  $0.134\text{ nm}$ ) এর মাঝামাঝি। ছয়টি  $sp^2$  সংকরিত  $C$ -পরমাণু প্রত্যেকের দুটি সংকর অরবিটাল দ্বারা পরস্পরের মধ্যে বলয়াকারে ছয়টি  $\sigma$  বন্ধন গঠনের পরে প্রত্যেক  $C$ -পরমাণুর অবশিষ্ট  $sp^2$  সংকর অরবিটাল  $H$  পরমাণুর সাথে  $sp^2-s$  অরবিটাল অধিক্রমণে  $C-H$  সিগ্মা ( $\sigma$ ) বন্ধন গঠন করে। এভাবে বেনজিনের ষড়ভূজাকার সমতলীয়  $\sigma$ -বন্ধন কাঠামোটি গঠিত হয়। পরে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর অসংকরিত  $2p_z^1$  অরবিটাল পরস্পরের সাথে পাশাপাশি অধিক্রমণ করে ছয়টি ইলেক্ট্রনের একটি সুষম আণবিক  $\pi$  অরবিটাল ষড়ভূজাকার সমতলের ওপর ও নিচে সঞ্চরণশীল বা ডিলোকালাইজড অবস্থায় থাকে। বেনজিন অণুতে সিগ্মা বন্ধন দ্বারা গঠিত মূল কাঠামো ঠিক রেখে সঞ্চরণশীল পাই ( $\pi$ ) ইলেক্ট্রন সর্বদা ছান পরিবর্তন করে। একে পাই ( $\pi$ ) ইলেক্ট্রনের অনুরঞ্জন বা রেজোন্যান্স (resonance) বলে। বেনজিন অণুতে  $\pi$  ইলেক্ট্রনের অনুরঞ্জনের ফলে,

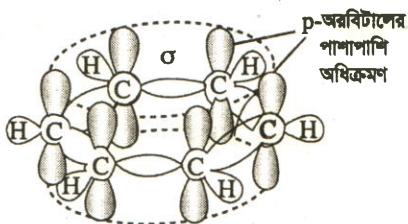


চিত্র-২.১৬ : বেনজিনের ষড়ভূজাকার  $\sigma$  বন্ধন মূল কাঠামো।

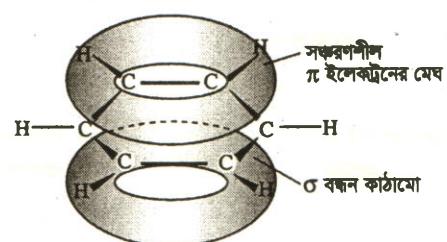
(ক) বেনজিনে  $C=C$  দ্বিবন্ধন দূরত্ব হয়  $0.139\text{ nm}$ , (বা,  $1.39\text{\AA}$ ) যা ইথেন ও ইথিলিনে কার্বন-কার্বন একক ও দ্বিবন্ধন দূরত্ব ( $0.154\text{ nm}$  বা,  $1.54\text{\AA}$ ), ও  $0.134\text{ nm}$  বা,  $1.34\text{\AA}$ , এর মাঝামাঝি হয়।

(খ) বেনজিন ইথিলিনের মতো সব ইলেক্ট্রন আকর্ষী যুক্ত বিক্রিয়া যেমন ব্রোমিন দ্রবণ ( $Br_2/CCl_4$ ) পরীক্ষা, বেয়ার পরীক্ষা ( $KMnO_4/KOH$ ) ও অশীয় মাধ্যমে পানি সংযোজন ইত্যাদি বিক্রিয়া দেয় না, বরঞ্চ প্রতিজ্ঞাপন বিক্রিয়া দেয়।

নিচে বেনজিনের আণবিক অরবিটাল গঠন তিত্র দেখানো হলো :



চিত্র- ২.১৭(ক) : মাঝখানের ছয় C এর ষড়ভূজাকার সমতলটি  $\sigma$  বন্ধন দ্বারা সৃষ্টি। ওপরে ও নিচে p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ।

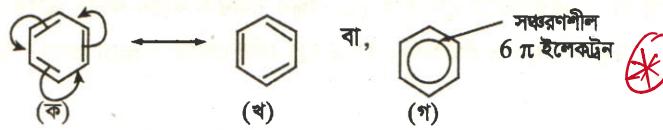


চিত্র-২.১৭(খ) : ছয় C এর ষড়ভূজাকার সমতলের ওপর ও নিচে বৃত্তাকারে সঞ্চরণশীল  $\pi$  ইলেক্ট্রনের মেঘ।

## ২.৮.৪ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের বিক্রিয়া

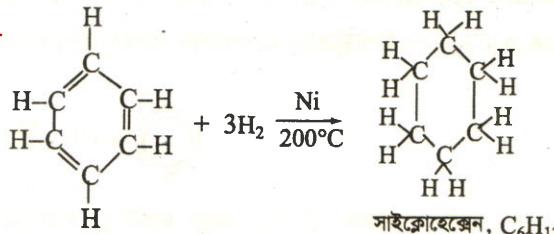
### Reactions of Aromatic Hydrocarbons

বেনজিনের বিক্রিয়াকালে আক্রমণকারী ইলেকট্রোফাইল  $\pi$  ইলেকট্রনের মেঘকে প্রথমে আক্রমণ করে বিক্রিয়া শুরু করে। বেনজিন সত্ত্বিকার অর্থে একদিকে অসম্পৃক্ত যৌগের মতো সংযোজন বিক্রিয়া এবং অপরদিকে সম্পৃক্ত যৌগের মতো প্রতিজ্ঞাপন বিক্রিয়া দেয়। বেনজিন অঙ্গুতে তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ ) এর ছয়টি পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রন নির্দিষ্ট কার্বন পরমাণুতে আবদ্ধ থাকে না। ঐ ছয়টি  $C$  পরমাণুর অসংকরিত  $2p_z^1$  ইলেকট্রন সম্বরণশীল অবস্থায় থাকে। একে  $\pi$  ইলেকট্রনের অনুরণন বলে। বেনজিনের দুটি প্রাণীয় অনুরণন কাঠামো (ক) ও (খ) এর মধ্যবর্তী অনুরণন সংকর কাঠামো (গ) দ্বারা দেখানো হয়। এ অনুরণন সংকর কাঠামোর সঠিক চিত্র অঙ্কন করা সম্ভব নয়। তবে সাধারণত ষড়ভুজের মধ্যে বৃত্ত দিয়ে এ কাঠামো দেখানো হয়।



ইথেনে  $C-C$  বন্ধন দূরত্ব =  $0.154\text{ nm}$   
ইথিলিনে  $C-C$  বন্ধন দূরত্ব =  $0.134\text{ nm}$   
বেনজিনে  $C-C$  বন্ধন দূরত্ব =  $0.139\text{ nm}$

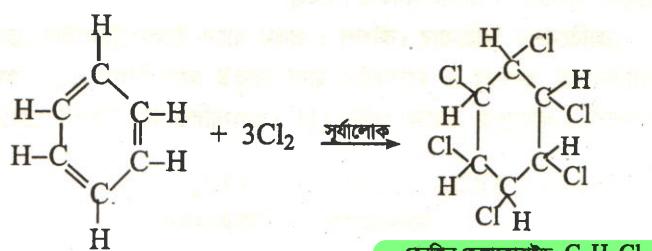
হাইড্রোজেন সংযোজন : নিকেল চূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে  $200^\circ C$  তাপমাত্রায় বেনজিন-বাষ্প ও  $H_2$  সংযুক্ত হয়ে সাইক্লোহেক্সেন গঠন করে। প্রতি অণু বেনজিনে তিনি অণু  $H_2$  যুক্ত হয়ে থাকে।



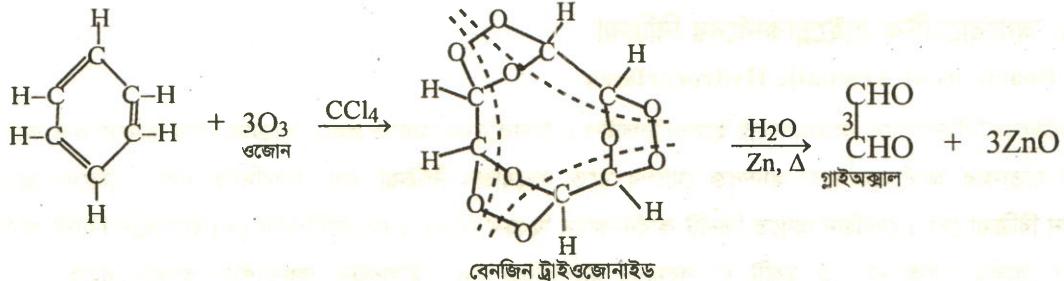
হ্যালোজেন সংযোজন : উজ্জ্বল সূর্যালোক বা অতিবেগেনি রশ্মির উপস্থিতিতে এক অণু বেনজিন তিন অণু ক্লোরিনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ায় জীবাণুনাশক বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড বা গ্যামেক্সিন পাউডার (gammexane) বা লিনডেন উৎপন্ন করে।

[DAT-08-09]

উপরোক্ত  $H_2$  সংযোজন ও  $Cl_2$  সংযোজন বিক্রিয়ায় এক মোল বেনজিন তিন মোল  $H_2$  ও তিন মোল  $Cl_2$  এর সাথে বিক্রিয়া করেছে। এতে প্রমাণিত হয় বেনজিন অঙ্গুতে তিনটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন আছে অর্থাৎ বেনজিন হলো অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন।



ওজোন সংযোজন : সাধারণ তাপমাত্রায় নিত্রিয়  $CCl_4$  দ্রাবকে দ্রবীভূত বেনজিন ওজোনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ায় বেনজিন ট্রাইওজোনাইড গঠন করে। ঐ ওজোনাইডকে  $Zn$  গুঢ়া ও পানিসহ উত্তপ্ত করলে আর্দ্র বিশ্রেষ্ণণে গ্লাইঅক্সাল উৎপন্ন হয়।



**দ্রষ্টব্য :** অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাথে O<sub>3</sub> এর সংযোজন বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠন এবং উৎপাদ ঘোগকে উত্তপ্ত পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষণ-এ উভয় বিক্রিয়াকে একত্রে ওজোনোলাইসিস (ozonolysis) বলে। এ উভয় বিক্রিয়া দ্বারা জৈবযৌগে ঢ্রি-বন্ধন ও ত্রিবন্ধনের অবস্থান নির্ণয় করা যায়; কিন্তু ( $\pi$ ) বন্ধনের সংখ্যা নির্ণয় করা যায় না। কারণ একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সমন্বিত কার্বন-কার্বন ঢ্রি-বন্ধনে 1 mol ওজোন যুক্ত হয়। অনুরূপভাবে দুটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সমন্বিত কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনে- ও 1 mol ওজোন যুক্ত হয়ে থাকে। যেমন, ইথিন (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>) ও ইথাইন (CH≡CH) প্রতি ক্ষেত্রে 1 mol ওজোন যুক্ত হয়ে ওজোনাইড গঠন করে।

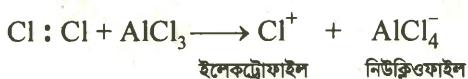
### (খ) বেনজিনে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (Electrophilic Substitution)

**হ্যালোজেনেশন (Halogenation) :** হ্যালোজেন বাহক যেমন শুষ্ক AlCl<sub>3</sub>, FeBr<sub>3</sub> এর উপস্থিতিতে Cl<sub>2</sub> ও Br<sub>2</sub> বেনজিনে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন দ্বারা হ্যালোবেনজিন উৎপন্ন করে। বেনজিন বলয়স্থিত H-পরমাণুকে হ্যালোজেনেশন বাহক (শুষ্ক AlCl<sub>3</sub>) এর উপস্থিতিতে হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনকে হ্যালোজেনেশন বলে। (অনুচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য)



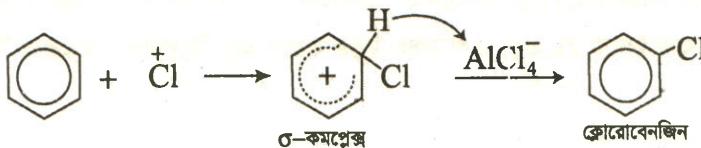
\* এরূপে বেনজিন (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) অণুর ছয়টি H পরমাণুকে ছয়টি Cl পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনে হেক্সাক্লোরো বেনজিন (C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>) উৎপন্ন হয়। এটির অণুতে কোনো H পরমাণু নেই। C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub> পশুর ও মানুষের লিভার, কিডনির ক্ষতি করে এবং ক্যাপ্সার সৃষ্টি করে। এজন্য fungicide বা, ছত্রাক বিনাশক রূপে 1945 থেকে 1966 পর্যন্ত এটি ব্যবহৃত হলেও বর্তমানে পরিবেশ দূষকরণে এটির ব্যবহার নিষিদ্ধ।

**ক্লোরিনেশন বিক্রিয়ার কৌশল :** প্রথম ধাপে ইলেক্ট্রোফাইল ক্লোরোনিয়াম আয়ন (Cl<sup>+</sup>) উৎপন্ন হয়; যা ২য় ধাপে বেনজিনয়ে এবং ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগ্মা (σ) কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইলের সংস্পর্শে σ-কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন (H<sup>+</sup>) অপসারিত হয়ে উৎপাদ ক্লোরোবেনজিন সৃষ্টি হয়।



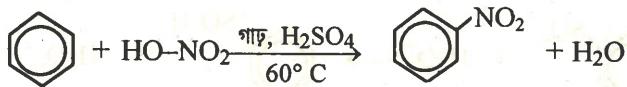
**MCQ-2.11 :** বেনজিনের গঠনে কার্বন-কার্বন বন্ধন দূরত্ব কত?

- (ক) 1.30 Å        (খ) 1.34 Å  
 (গ) 1.39 Å        (ঘ) 1.54 Å



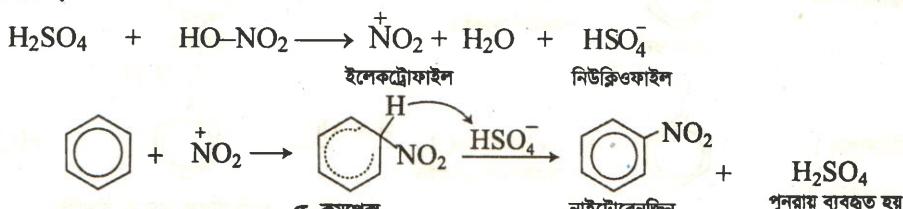
+ HCl + AlCl<sub>3</sub>  
পুনরায় ব্যবহৃত হয়

**নাইট্রেশন (Nitration) :** প্রায়  $60^{\circ}\text{C}$ -এ গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ও গাঢ়  $\text{HNO}_3$  এর মিশ্রণ ও বেনজিনের বিক্রিয়ায় নাইট্রো বেনজিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম ( $\text{NO}_2$ ) আয়ন দ্বারা ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ঘটে। এক্ষেত্রে  $100^{\circ}\text{C}$ -এ মেটা ডাইনাইট্রো বেনজিন উৎপন্ন হয়। বেনজিন বলয়স্থিত  $\text{H}$ -পরমাণুকে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ও গাঢ়  $\text{HNO}_3$  এসিড মিশ্রণ থেকে সৃষ্টি নাইট্রোমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনকে নাইট্রেশন বলে। (অনুচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য।)

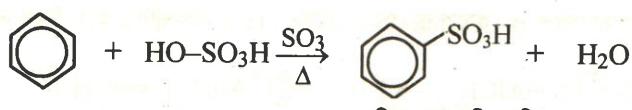


নাইট্রোবেনজিন

**নাইট্রেশন বিক্রিয়ার কৌশল :** নাইট্রেশন বিক্রিয়াটি হলো ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। তাই প্রথম ধাপে ইলেক্ট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম আয়ন ( $\text{NO}_2$ ) গাঢ়  $\text{HNO}_3$  থেকে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর প্রভাবে উৎপন্ন হয়; যা ২য় ধাপে বেনজিনয়েড বলয়ের  $\pi$  ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা ( $\sigma$ ) কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট আয়ন ( $\text{HSO}_4^-$ ) এর সংস্পর্শে  $\sigma$ -কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) অপসারিত হয়ে উৎপাদ নাইট্রোবেনজিন সৃষ্টি হয়। যেমন,



**সালফোনেশন (Sulphonation) :** সালফার ট্রাইঅক্সাইড ( $\text{SO}_3$ ) মিশ্রিত ধূমায়িত  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ও বেনজিনের বিক্রিয়া বেনজিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল পোলার  $\text{SO}_3$  দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে। ধূমায়িত সালফিটেরিক এসিডের সাথে উত্পন্ন করে বেনজিন বলয়ের  $\text{H}$ -পরমাণুকে সালফোনিক এসিড মূলক ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) দ্বারা প্রতিস্থাপনকে সালফোনেশন বলে। (অনুচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য।)



বেনজিন সালফোনিক এসিড

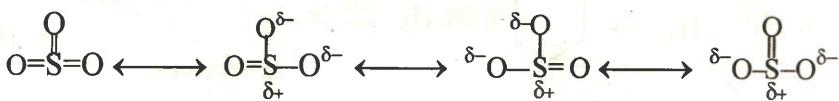
**$\text{SO}_3$  এর ভূমিকা :** এ সালফোনেশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) কে  $\text{SO}_3$  শোষণ করে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিডে পরিণত করে এবং বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ হতে সাহায্য করে।  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

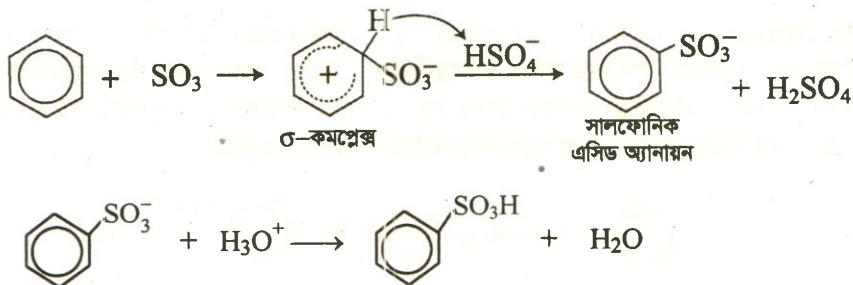
**সালফোনেশন বিক্রিয়ার কৌশল :** প্রথম ধাপে, উত্পন্ন অগ্নি গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর মধ্যে বিক্রিয়ায় পোলার ইলেক্ট্রোফাইল  $\text{SO}_3$  উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় ধাপে, বেনজিন বলয়ে পাই ( $\pi$ ) ইলেক্ট্রন দ্বারা ইলেক্ট্রোফাইল  $\text{SO}_3$  আকৃষ্ট হয়ে সিগমা ( $\sigma$ ) কমপ্লেক্স গঠিত হয়। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট ( $\text{HSO}_4^-$ ) আয়নের সংস্পর্শে সিগমা ( $\sigma$ ) কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) নিউক্লিওফাইল  $\text{HSO}_4^-$  আয়ন গ্রহণ করে। ফলে বেনজিন সালফোনিক এসিড অ্যানায়ন গঠিত হয়, যা পরে বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে একটি প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) গ্রহণ করে সুস্থিত উৎপাদ বেনজিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন করে।



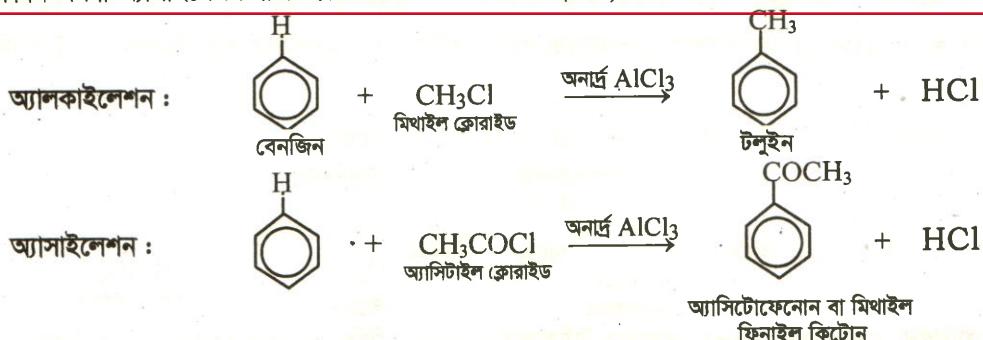
নিউক্লিওফাইল

ইলেক্ট্রোফাইল

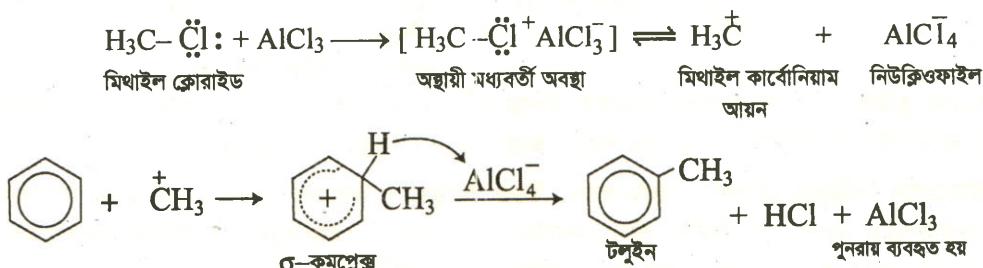




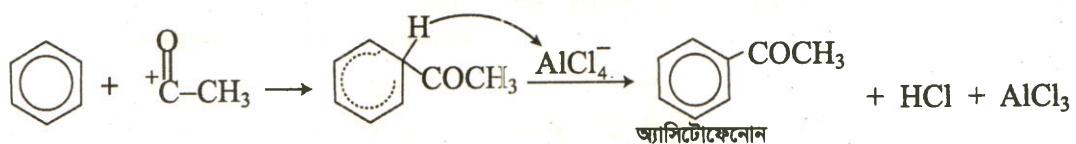
**ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়া (Friedel-Craft's Reaction) :** অনর্দ্ব  $\text{AlCl}_3$  এর উপস্থিতিতে, বেনজিনের সাথে অ্যালকাইল হ্যালাইড ( $\text{R}-\text{X}$ ) অথবা অ্যাসাইল হ্যালাইড ( $\text{RCO}-\text{X}$ ) এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইলেশন দ্বারা অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন অথবা অ্যাসাইলেশন দ্বারা অ্যারোমেটিক কিটোন উৎপন্ন হয়, এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া বলে।



**অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়ার কৌশল :** এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটে। তাই প্রথমে অনর্দ্ব  $\text{AlCl}_3$  (লুইস এসিড) দ্বারা  $\text{CH}_3\text{Cl}$  থেকে নিম্নরূপে মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়। পরে মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন ( $\text{H}_3\text{C}^+$ ) বেনজিনয়েড বলয়ের  $\pi$  ইলেক্ট্রন দ্বারা আক্রষণ হয়ে সিগ্মা ৩-কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল  $\text{AlCl}_4^-$  এর সংস্পর্শে ৩-কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) অপসারিত হয়ে উৎপাদ ট্যুলুইন উৎপন্ন হয়।



**অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়ার কৌশল :** এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল অ্যাসাইল ক্যাটায়ন ( $\text{R}-\overset{+}{\text{C}}=\text{O}$ ) নিম্নরূপে তৈরি হয়:



❖ জেনে নাও : ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়ায় ও হ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় অনর্ট্রি  $\text{AlCl}_3$  ব্যবহৃত হয় কেন?

[চ. বো. ২০১৯]

ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া ও হ্যালোজেনেশন হলো আ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন যেমন বেনজিনে সংঘটিত ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিচ্ছাপন বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় আক্রমণকারী বিকারক হলো 'ইলেক্ট্রোফাইল'। তাই মূল বিকারক অণু ভেঙ্গে 'ইলেক্ট্রোফাইল' তৈরির জন্য প্রভাবকরূপে লুইস এসিড অনর্ট্রি  $\text{AlCl}_3$  ব্যবহৃত হয়। অনর্ট্রি  $\text{AlCl}_3$  এর অণুতে তিন জোড়া বন্ধন ইলেক্ট্রন-যুগল থাকায় এতে অটক অপূর্ণ অর্থাৎ ইলেক্ট্রন ঘাটতি রয়েছে। তাই মূল বিকারক অ্যালকাইল হ্যালাইড ( $R-X$ ), অ্যাসাইল হ্যালাইড ( $R-COX$ ) ও হ্যালোজেন ( $X_2$ ) অণুর সমযোজী বন্ধনের অসম ভাঙ্গন প্রক্রিয়ায় প্রভাবকরূপে অনর্ট্রি  $\text{AlCl}_3$  ব্যবহার করে অন্তর্ভুক্ত  $\text{AlCl}_3X^-$  আয়ন ও ইলেক্ট্রোফাইল (যেমন,  $R^+$ ,  $\text{RCO}$ ,  $X^+$ ) তৈরি করা হয়। যেমন,



এক্ষেত্রে লুইস এসিডরূপে অনর্ট্রি  $\text{AlCl}_3$ , অনর্ট্রি  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$  ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। শুধু বা অনর্ট্রি অবস্থায়  $\text{AlCl}_3$  ব্যবহার করতে হয়। জলীয়বাস্পের সংস্পর্শে  $\text{AlCl}_3$  আর্ট্রি-বিশ্বেষিত হয়। যেমন,



তখন  $\text{AlCl}_3$  বা যেকোনো লুইস এসিড প্রভাবকরূপে ইলেক্ট্রোফাইল তৈরিতে ভূমিকা রাখতে পারে না।

বেনজিন ও আ্যারোমেটিক যৌগের বেনজিনয়েড বলয়ের অধিকতর ছায়িত্ব এবং এদের বিশেষ বিক্রিয়া যেমন সংযোজন ও প্রতিচ্ছাপন ইত্যাদিকে আ্যারোমেটিক যৌগের ধর্ম বা আ্যারোমেটিসিটি বলে।

## ২.৮.৫ আ্যারোমেটিসিটি

### Aromaticity

রসায়নবিদ হাকেল (Eric Hückel, 1931) আ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ ধর্ম বা আ্যারোমেটিসিটি প্রকাশের শর্তরূপে সঞ্চরণশীল  $\pi$  ইলেক্ট্রন সহযোগে আণবিক অরবিটাল গঠন তত্ত্ব উপস্থাপন করেন; একে হাকেল তত্ত্ব বলে। এ তত্ত্বে এক বা একাধিক কার্বোসাইক্লিক যৌগ, হেটারোসাইক্লিক যৌগ ও সাইক্লিক আয়নের আ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যা করা সম্ভব। হাকেল প্রস্তাবিত আ্যারোমেটিসিটি প্রকাশের প্রয়োজনীয় শর্তগুলোকে হাকেল নিয়ম (Hückel rules) বলে। হাকেল নিয়মগুলো নিম্নরূপ:

\* (১) জৈবযৌগটির গঠন চেপ্টা সমতলীয় চাক্রিক হতে হবে। চক্র বা বলয় গঠনকারী পরমাণুর সংখ্যা 5 অথবা 6টি হতে হবে। এই বলয় সিস্টেমে সব অরবিটাল দ্বারা বন্ধন গঠন পূর্ণ থাকে।

\* (২) বলয় বা চক্র গঠনকারী প্রতিটি পরমাণুতে  $p$ -অরবিটাল থাকতে হবে। এসব  $p$ -অরবিটাল মূল বলয়ের তলের ওপর ও নিচের দিকে পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা সঞ্চরণশীল অবস্থায় চক্রাকারে আণবিক অরবিটাল গঠন করবে। এ আণবিক অরবিটালে সঞ্চরণশীল  $\pi$  ইলেক্ট্রন সংখ্যা অবশ্যই  $(4n + 2)$  দ্বারা নির্ধারিত হবে। এখানে  $n$  দ্বারা সূম পঞ্চভুজ অথবা ষড়ভুজ বলয় বা চক্রের সংখ্যা বোঝানো হয়।  $n = 0, 1, 2, 3$  ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা হবে। যেমন,

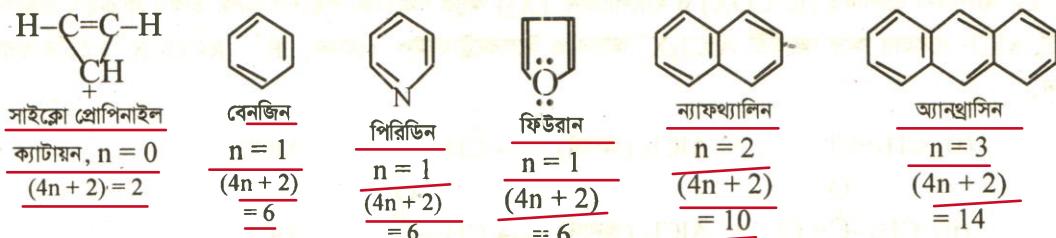
(i)  $n = 0$  হলে, সঞ্চরণশীল  $\pi$  ইলেক্ট্রন  $(4n + 2) = (4 \times 0 + 2) = 2$ টি হয়। এটি ত্রিভুজাকার সাইক্লোপিনাইল ক্যাটায়নকে বোঝায়। পঞ্চভুজের কম হওয়ায়  $n = 0$  হয়েছে।

(ii)  $n = 1$  হলে সঞ্চরণশীল  $\pi$  ইলেকট্রন সংখ্যা  $= (4n + 2) = (4 \times 1 + 2) = 6$ টি হয়। তখন ষড়ভুজাকার বেনজিন অথবা পঞ্চভুজাকার বা ষড়ভুজাকার হেটারোসাইক্লিক যৌগ ফিউরান, থায়োফিন, পাইরোল ও পিরিডিন ইত্যাদি হয়।

(iii)  $n = 2$  হলে ন্যাফ্থ্যালিন,  $n = 3$  হলে আনন্দ্রাসিন ইত্যাদি হয়।

\* (৩) হেটারোসাইক্লিক পঞ্চভুজাকার যৌগের হেটারো পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ( $p$ - অরবিটালের)  $\pi$  ইলেকট্রন সিস্টেমে অংশ নিয়ে  $(4n + 2)$  সংখ্যক  $\pi$  ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ করে।

এ হাকেল সংখ্যক  $\pi$  ইলেকট্রন বলয়কার জৈব অণুতে থাকলে বলয়টি সুষ্ঠিত লাভ করে এবং বৈশিষ্ট্যপূর্ণ প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়া দেয়। এরূপ কিছু যৌগের গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :



**জেনে নাও :** ১। পঞ্চভুজাকার হেটারোসাইক্লিক ফিউরান, থায়োফিন ও পাইরোল এর গাঠনিক সংকেতে দুটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন অর্থাৎ চারটি  $\pi$  ইলেকট্রন দেখানো হয়। কিন্তু হেটারো পরমাণু N, O, S এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ( $p$  অরবিটালের) ঐ চারটি  $\pi$  ইলেকট্রনসহ সিস্টেমে অংশ নিয়ে মোট ছয়টি সঞ্চরণশীল ইলেকট্রনরূপে হাকেল সংখ্যা  $(4n + 2) = 6$  সংখ্যা পূর্ণ করে থাকে। তাই পাইরোল  NH, ফিউরান  O ও থায়োফিন  S প্রত্যেকই একটি অ্যারোমেটিক যৌগ।

২। ন্যাফ্থ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ কেন?

সমাধান : ন্যাফ্থ্যালিন ( $C_{10}H_8$ ) এর গাঠনিক সংকেতে দুটি বেনজিন বলয় রয়েছে। এ দুটি বেনজিন বলয়ে ( $n = 2$ ) পাঁচটি দ্বিবন্ধনে দশটি সঞ্চরণশীল পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রন আছে; যা হাকেল সংখ্যা  $(4n + 2) = (4 \times 2 + 2) = 10$  কে সমর্থন করে। তাই আধুনিক হাকেল নিয়ম মতে, ন্যাফ্থ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। ন্যাফ্থ্যালিনের গাঠনিক সংকেত দেখানো হলো :

[চ. বো. ২০১৭]



## ২.৯ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য

### Differences between Aliphatic and Aromatic Compounds

আমরা এর মধ্যে জৈবযৌগের শ্রেণিবিভাগ করতে মুক্ত শিবল ও বন্ধশিকল জৈবযৌগের ব্যাপারে জেনেছি। আবার বন্ধশিকল জৈবযৌগের মধ্যে অ্যালিসাইক্লিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের গঠনগত পরিচয় জেনেছি। সব অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনে বেনজিন বলয় থাকে। বেনজিন বলয়ে প্রতিটি C-পরমাণু  $sp^2$  সংকরিত অবস্থায় থাকে এবং বলয়স্থিত ছয়টি C-পরমাণুর অসংকরিত  $2p_z^1$  ইলেকট্রন ষড়ভুজ বলয়ে সঞ্চরণশীল অবস্থায় আণবিক অরবিটাল গঠন করে।

অ্যালিফেটিক অ্যালিকিনের বেলায়ও দ্বিবন্ধনযুক্ত দুটি C পরমাণু  $sp^2$  সংকরিত অবস্থায় থাকে। অ্যালিকিনের বেলায় সৃষ্টি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ ) এর পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রন সংশ্লিষ্ট দুই C-পরমাণুতে আবন্ধ থাকে এবং বন্ধন দূরত্ব হ্যাঁ 0.134 nm। কিন্তু বেনজিন অণুতে ছয়টি C-পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন দ্বারা গঠিত মূল কাঠামো ঠিক রেখে ছয় C-পরমাণুর ছয়টি  $\pi$  ইলেকট্রন সঞ্চরণশীল ধাকায় বন্ধন দূরত্ব অ্যালিকিনের দ্বিবন্ধন দূরত্ব 0.134 nm থেকে বৃদ্ধি পেয়ে বেনজিনে 0.139 nm হয়েছে। ফলে বেনজিন কাঠামোর স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পেয়েছে।

**অনুরণন (Resonance) :** জৈবযৌগে অণুর সিগমা বন্ধন দ্বারা গঠিত মূল কাঠামো ঠিক রেখে সঞ্চরণশীল পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রনসমূহ দ্বারা দু বা ততোধিক পরমাণুর মধ্যে সর্বদা স্থান পরিবর্তনকে অনুরণন বা রেজোন্যাল (resonance) বলে। এরপ অনুরণনজনিত বেনজিন বলয়ের অধিক ছায়িত্বের কারণে অ্যারোমেটিক যৌগের ধর্ম ও অ্যালিফেটিক যৌগের ধর্মের মধ্যে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পার্থক্য সৃষ্টি হয়েছে। অ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ বৈশিষ্ট্যসমূহকে অ্যারোমেটিসিটি বলে।

**অ্যারোমেটিসিটি :** (i) অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ কাঠামোতে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন থাকা সত্ত্বেও বলয়স্থিত পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রনের সঞ্চরণশীল থাকা বা অনুরণনজনিত অধিক ছায়িত্ব এবং

(ii) বেনজিন বলয়ে বা বেনজিনয়েড (Benzeneoid) বলয়ে কার্বন-কার্বন বন্ধন দ্বারা অ্যালকেনের কার্বন-কার্বন একক বন্ধন (C-C) এবং অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের (C=C) মাঝামাঝি হওয়ায় অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন সম্পৃক্ত অ্যালকেনের মতো প্রতিহাপন বিক্রিয়া ( $Cl_2$  সহ) দেয়।

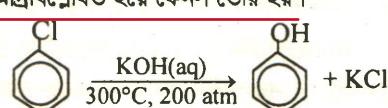
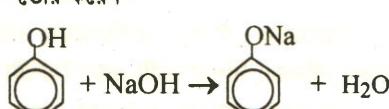
(iii) বিক্রিয়া পরিবেশের অবস্থাভোগে অসম্পৃক্ত অ্যালকিনের মতো সংযোজন বিক্রিয়া ( $Cl_2$  সহ) ঘটে।

অ্যারোমেটিক যৌগের বেনজিনয়েড কাঠামোর অধিক ছায়িত্বজনিত একদিকে প্রতিহাপন বিক্রিয়া এবং অপরদিকে সংযোজন বিক্রিয়া, বিপরীতধর্মী এরপ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্মসমূহকে একত্রে অ্যারোমেটিসিটি (aromaticity) বলে।

বেনজিনয়েড বলয়স্থুক হাইড্রোকার্বনসহ হেটোরো পরমাণুস্থুক সমতলীয় বন্ধনশিকল যৌগের অ্যারোমেটিসিটি প্রকাশের ব্যাখ্যার জন্য 'হাকেল তত্ত্ব' সফল। এ হাকেল তত্ত্ব দ্বারা অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ ও অ্যালিফেটিক যৌগসমূহের মধ্যে সুস্পষ্ট পার্থক্যের সীমানা রচিত হয়েছে।

নিচের তালিকায় অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্যসমূহ দেখানো হচ্ছে। ✓ \*

পার্থক্যসূচক	অ্যালিফেটিক যৌগ	অ্যারোমেটিক যৌগ
১। গঠন প্রকৃতি :	১। অ্যালিফেটিক যৌগসমূহ প্রধানত মুক্ত কার্বন শিকল যৌগ। তবে অনুরূপধর্মী কিছু চার্কিক যৌগ যেমন সাইক্লোহেক্সেন ( $C_6H_{12}$ ) আছে।	১। অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ বন্ধ শিকল, সমতলীয়। এদের আপবিক গঠনে সঞ্চরণশীল ( $4n + 2$ ) সংখ্যক $\pi$ -ইলেকট্রন থাকে। ফলে আপবিক গঠন সৃষ্টি হয়।
২। কার্বনের % হার :	২। অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন এক C-পরমাণুর হতে পারে এবং এতে কার্বনের শতকরা পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম হয়। যেমন $CH_4$ যৌগে C = 75%, H = 25%।	২। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন কমপক্ষে ছয় C-পরমাণুস্থুক হয় এবং এতে কার্বনের শতকরা পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশ থাকে। যেমন— ( $C_6H_6$ ) যৌগে C = 92.3%, H = 7.7%।
৩। কার্বন শিকলে সম্পৃক্ততা ও অসম্পৃক্ততা :	৩। অ্যালিফেটিক যৌগের কার্বন শিকল সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হতে পারে। যেমন, $CH_3-CH_3$ , $CH_2=CH_2$ ইথেন ইথিন	৩। অ্যারোমেটিক যৌগের বলয়ে সঞ্চরণশীল ( $4n + 2$ ) সংখ্যক $\pi$ ইলেকট্রন থাকায় এরা বিশেষ ছায়িত্বস্থুক অসম্পৃক্ত যৌগ হয়।
৪। ব্রোমিন দ্রবণ ও বেয়ারের ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ পরীক্ষা :	৪। অ্যালিফেটিক দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনস্থুক অসম্পৃক্ত যৌগ $CCl_4$ দ্রাবকে $Br_2$ সহ যুক্ত বিক্রিয়ায় লাল বর্ণ দ্বার করে। ক্ষারীয় $KMnO_4$ এর বেগুনি দ্রবণকে বর্ণহীন করে। যেমন, $CH_2=CH_2 + Br_2 \xrightarrow{\text{CCl}_4} CH_2-CH_2$ ইথিন Br Br $CH \equiv CH + 4[O] \xrightarrow[\text{KOH}]{KMnO_4} COOH$ ইথাইন COOH অক্সালিক এসিড	৪। বেনজিন ও $H_2$ এর সংযোজন বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ে তিনটি দ্বিবন্ধন আছে প্রমাণিত হয়। তা সত্ত্বেও বেনজিন বলয়স্থুক অ্যারোমেটিক যৌগ ব্রোমিন দ্রবণের লাল বর্ণ ও $KMnO_4$ দ্রবণের বেগুনি বর্ণ দ্বার করে না। এতে প্রমাণিত হয় বেনজিন বলয়ের $\pi$ বন্ধন বিশেষ প্রকৃতির ও ছায়িত্ব বেশি।

পার্থক্যসূচক	অ্যালিফেটিক যোগ	অ্যারোমেটিক যোগ
৫। হালাইড যোগের সক্রিয়তা:	৫। অ্যালিফেটিক হালাইড ( $R-X$ ) অধিক সক্রিয় হওয়ায় জলীয় $KOH$ দ্রবণে সহজেই আর্দ্ধবিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল তৈরি করে। $CH_3Cl + KOH(aq) \rightarrow CH_3OH + KCl$	৫। অ্যারোমেটিক হালাইড ( $ArX$ ) কম সক্রিয় হওয়ায় উচ্চতাপমাত্রায় ও উচ্চচাপে ক্ষারীয় আর্দ্ধবিশ্লেষিত হয়ে ফেনল তৈরি হয়। 
৬। হাইড্রক্সি যোগের প্রকৃতি:	৬। অ্যালিফেটিক হাইড্রক্সি যোগকে অ্যালকোহল বলে। অ্যালকোহল হলো লিটমাস নিরপেক্ষ। তাই পানির মতো অ্যালকোহল $Na$ ধাতুর সাথে বিক্রিয়ায় $H_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে। $2CH_3OH + 2Na \rightarrow 2CH_3ONa + H_2$	৬। অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি যোগকে ফেনল বলে। ফেনল অমুদ্রমী হওয়ায় নীল লিটমাসকে লাল, $NaOH$ সহ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফিনেট লবণ তৈরি করে। 
৭. জৈবযোগে সংযোজন, প্রতিছাপন ও অপসারণ বিক্রিয়া বিক্রিয়া (অনুচ্ছেদ-২.১০ দ্রষ্টব্য)	৭. সংযোজন : অ্যালকিন ও অ্যালকাইনে ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন এবং কার্বনিল ( $>C=O$ ) যোগে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে। প্রতিছাপন : $R-X$ যোগে নিউক্লিওফিলিক প্রতিছাপন ঘটে। অপসারণ: $R-OH$ থেকে গাঢ় $H_2SO_4$ নিরুদকসহ $H_2O$ অপসারণে অ্যালকিন এবং $R-X$ থেকে $KOH$ (alc.) সহ $HX$ অপসারণে অ্যালকিন উৎপন্ন করে।	৭. সংযোজন : বেনজিনে $H_2$ ও $Cl_2$ সংযোজন ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজমে ঘটে। প্রতিছাপন : বেনজিন বলয়ে সঞ্চরণশীল $\pi$ ইলেক্ট্রন থাকায় ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিছাপন যেমন হ্যালোজেনেশন, নাইট্রেশন, সালফোনেশন ও ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া ঘটে। অপসারণ : ফেনল ( $C_6H_5OH$ ) ও $ArX$ থেকে কোনো অপসারণ বিক্রিয়া ঘটে না।

### শিক্ষার্থীর কাজ-২-১০ : বাড়ির কাজ :

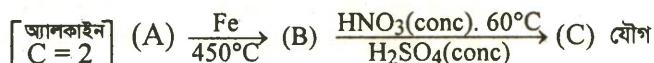
এ অনুচ্ছেদের পাঠশ্রেষ্ঠ তোমরা প্রত্যেকে নেট খাতায় নিম্নোক্ত পার্থক্য সূচকসহ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যোগের পার্থক্য তালিকা তৈরি করো। শ্রেণিকক্ষে শিক্ষকের কাছে নেট খাতা জমা করো এবং মতামত নাও।

পার্থক্যসূচক হলো : (১) কার্বন শিকল; (২) C পরমাণুর সংখ্যা; (৩) ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন; (৪) ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিছাপন; (৫) কার্বন-কার্বন বন্ধন দূরত্ব; (৬) কাঠামো ছায়াড়; (৭) হাকেল নিয়ম।

### সমাধানকৃত সমস্যা-২.৭ : অ্যালকাইন ও বেনজিন সংশ্লিষ্ট রসায়ন :

নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট সমস্যার সমাধান করো :

[দি. বো. ২০১৬]

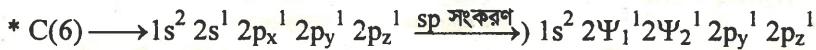


(ক) উদ্দীপকের A যোগে কার্বন পরমাণুর sp সংকরণ কীরণে ঘটে তা ব্যাখ্যা করো।

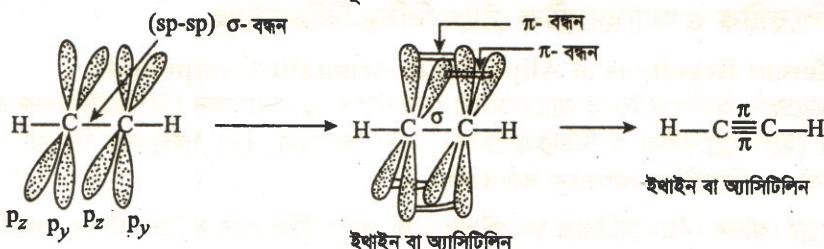
(খ) উদ্দীপকের B যোগ থেকে C যোগ প্রস্তুতি ও বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম বিশ্লেষণ করো।

সমাধান-২.৭ (ক) : উদ্দীপক মতে, A যোগটি হলো দুটি C-পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকাইন, যা হলো অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন। ইথাইনের গাঠনিক সংকেতে ( $H-C\equiv C-H$ ) দুটি C- পরমাণু পরম্পর ত্রিভঙ্গে আবদ্ধ থাকে। এ ত্রিভঙ্গের মধ্যে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও দুটি পাই (π) বন্ধন থাকে। এ ক্ষেত্রে দুটি C পরমাণু প্রত্যেকে উদ্দীপিত অবস্থায় এর একটি  $2s$

অরবিটালের সাথে একটি  $2p$  অরবিটাল যেমন  $2p_x$  অরবিটাল মিশে গিয়ে  $sp$  সংকরণের মাধ্যমে দুটি সমশক্তির সংকরণ অরবিটাল ( $2\Psi_1^1, 2\Psi_2^1$ ) সৃষ্টি করে। এ দুটি সংকরণ অরবিটাল সমতলীয় এবং একই রেখায় অবস্থান করে।

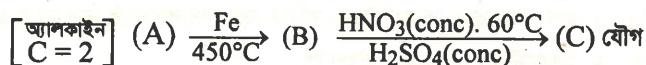


ইথাইন অণু গঠনকালে  $sp$  সংকরিত দুটি C পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রত্যেক C পরমাণুর একটি সংকরণ অরবিটাল পরস্পরের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা একটি কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধন গঠন করে। এছাড়া এ দুটি C-পরমাণুর দ্বিতীয় সংকরণ অরবিটালের সাথে পৃথকভাবে দুটি H-পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা দুটি কার্বন-হাইড্রোজেন (C-H) সিগমা (σ) বন্ধন গঠিত হয়। তখন উভয় C পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ দ্বারা একটি  $\pi$  বন্ধন এবং দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ দ্বারা দ্বিতীয়  $\pi$  বন্ধন গঠিত হয়। উভয়  $\pi$  বন্ধনের ইলেক্ট্রন যেমন কার্বন-কার্বন- $\sigma$  বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেঠে করে থাকে।



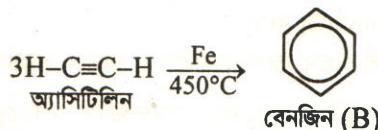
চিত-২.১৮:  $sp$  সংকরিত দুটি C-পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও দুটি  $\pi$  বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

সমাধান-২ (খ) : প্রদত্ত উদ্দীপকটি হলো নিম্নরূপ :

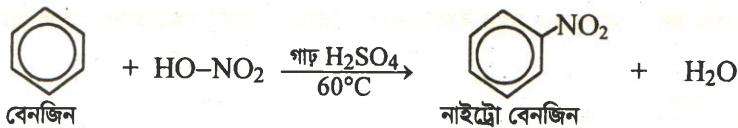


B যৌগ থেকে C যৌগ প্রস্তুতি ও বিক্রিয়ার কৌশল :

দুটি C পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকাইন হলো আসিটিলিন। অর্থাৎ A যৌগটি হলো আসিটিলিন ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ) গ্যাস। এক্ষেত্রে লোহ (Fe) নলের মধ্যে  $450^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় আসিটিলিন গ্যাসকে চালনা করলে তিন অণু আসিটিলিনের পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় বেনজিন বা (B) উৎপন্ন হয়।



এখন B যৌগ বেনজিনকে  $60^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর উপস্থিতিতে গাঢ়  $\text{HNO}_3$  সহ নাইট্রেশন করলে মনোনাইট্রো বেনজিন বা, C যৌগটি উৎপন্ন হয়।

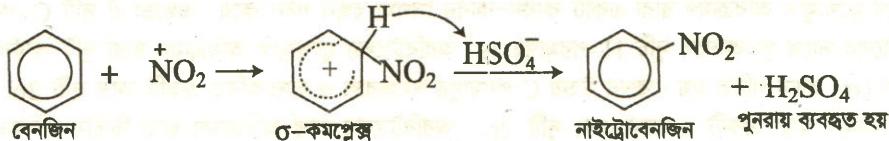


নাইট্রেশন বিক্রিয়ার কৌশল হলো নিম্নরূপ : নাইট্রেশন বিক্রিয়াটি হলো বেনজিন চক্রে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিপ্রাপ্তন বিক্রিয়া। তাই প্রথমে ইলেক্ট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম আয়ন ( $\text{NO}_2^+$ ) গাঢ়  $\text{HNO}_3$  থেকে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর প্রভাবে উৎপন্ন হয়। ২য় ধাপে ঐ নাইট্রোনিয়াম আয়ন বেনজিনের  $\pi$  ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে বিক্রিয়া পরিবেশে থাকা নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট আয়ন ( $\text{HSO}_4^-$ ) এর সংস্পর্শে O কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) অপসারিত হয়ে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ও মূল উৎপাদ নাইট্রোবেনজিন সৃষ্টি হয়। যেমন,

(i) ইলেক্ট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল সৃষ্টি :



(ii) ইলেক্ট্রোফাইল দ্বারা বেনজিনয়েড বশয়ে ও কমপ্লেক্স এবং শেষে নাইট্রোবেনজিন গঠন :

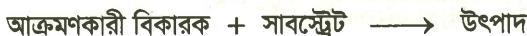


## ২.১০ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগে বিক্রিয়াসমূহ

### Different Reactions of Aliphatic & Aromatic Compounds

এখন এ অনুচ্ছেদে অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক জৈবযৌগের (১) সংযোজন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), (২) প্রতিস্থাপন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), (৩) অপসারণ, (৪) সমাগৃকরণ বিক্রিয়া, (৫) বেনজিনে বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও পরিয়েন্টেশন আলোচনা করা হলো। [২৪৮-১৩-১৬]

জৈব বিক্রিয়ার কৌশল : জৈব বিক্রিয়ার মূল কৌশল হলো কার্বন গঠিত যৌগ বা জৈবযৌগের ওপর দ্বিতীয় কোনো পদার্থ আক্রমণ করে জৈব বিক্রিয়া সংঘটিত করে থাকে। প্রথমোক্ত কার্বন গঠিত যৌগকে 'সাবস্ট্রেট' (substrate-অর্থাৎ নিচে অবস্থানকারী) এবং শেষোক্ত পদার্থকে 'আক্রমণকারী বিকারক' (attacking reagent) বলে। উভয়ের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থকে 'উৎপাদ' (product) বলে। অতএব কোনো জৈব বিক্রিয়কে সাধারণভাবে নিম্ন মতে প্রকাশ করা হয় :



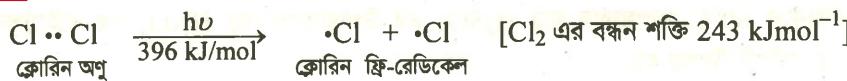
আক্রমণকারী বিকারকের শ্রেণিবিভাগ : আক্রমণকারী বিকারক তিন শ্রেণিভুক্ত হতে পারে। যেমন,

(১) মুক্তমূলক বা ফ্রি-রেডিকেল (free radical),

(২) ইলেক্ট্রোফাইল (electrophile) ও

(৩) নিউক্লিওফাইল (nucleophile)।

ফ্রি-রেডিকেল : বিকারক অণুর সময়োজী বন্ধন তাপ বা আলোর প্রভাবে সমত্বাঙ্গন (homolysis) দ্বারা ফ্রি-রেডিকেল উৎপন্ন হয়। যেমন, স্বর্ণালোক ( $h\nu$ ) এর উপস্থিতিতে  $\text{Cl}_2$  অণুর সমত্বাঙ্গনের ফলে ক্লোরিন ফ্রি-রেডিকেল ( $\text{Cl}\cdot$ ) উৎপন্ন হয়।



অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল : অ্যালকেন অণুর কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনের সমত্বাঙ্গনের ফলে অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল তৈরি হয়।



জৈবযৌগের দহন বিক্রিয়া এবং অ্যালকেনের সমাগৃকরণ বিক্রিয়া ফ্রি-রেডিকেল তৈরির মাধ্যমে ঘটে।

অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের সক্রিয়তা ও ছায়িত্ব : ফ্রি-রেডিকেলে বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকায় এরা খুবই সক্রিয় হয়। অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের ছায়িত্ব এদের কার্বন পরমাণুর প্রকৃতির [ যেমন  $1^\circ$  কার্বন,  $2^\circ$  কার্বন ও  $3^\circ$  কার্বন ইত্যাদির ] ওপর নির্ভরশীল। যেমন, এদের ছায়িত্বের ক্রম হলো নিম্নরূপ :



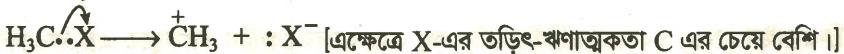
ফ্রি-রেডিকেল ফ্রি-রেডিকেল ফ্রি-রেডিকেল ফ্রি-রেডিকেল

ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল : বিকারক অণুর দ্রাবক অথবা প্রভাবকের দ্বারা বদ্ধনের অসম ভাসন (heterolysis) দ্বারা সৃষ্টি ধনাত্মক মূলককে ইলেকট্রোফাইল (electrophile) ও ঋণাত্মক মূলককে নিউক্লিওফাইল (nucleophile) বলা হয়। যেমন,  $\text{A}\ddot{\text{o}}\text{B} \xrightarrow{\text{অসম ভাসন}} \text{A}^- + \text{B}^+$

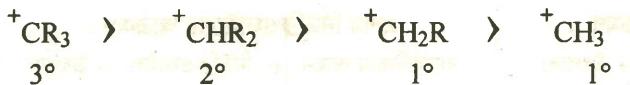


কার্বোনিয়াম আয়ন : একক ধনাত্মক চার্জের কার্বন পরমাণুর জৈব আয়নকে কার্বোনিয়াম আয়ন বা কার্বোক্যাটায়ন (carbocation) বলে। যেমন, মিথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন,  $^+\text{CH}_3$ ; ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন,  $^+\text{CH}_2\text{CH}_3$ ।

উৎপত্তি : জৈব অণুষ্ঠিত সিগমা বদ্ধনের অসম ভাসনের ফলে ধনাত্মক চার্জযুক্ত অ্যালকাইল মূলক বা কার্বোনিয়াম আয়ন (carbonium ion) সৃষ্টি হয়। যেমন,



কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের সক্রিয়তা ও ছায়িত্ব : কার্বোনিয়াম আয়ন ইলেকট্রন ঘাটতি হওয়ায় ইলেকট্রোফাইলরূপে খুবই সক্রিয়। কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের ছায়িত্বের ক্রম অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের অনুরূপ হয়।



কার্বানায়ন : একক ঋণাত্মক চার্জের কার্বন পরমাণুর যুক্ত জৈব আয়নকে কার্বানায়ন বলে। যেমন, মিথাইল কার্বানায়ন :  $\bar{\text{C}}\text{H}_3$ ; ইথাইল কার্বানায়ন :  $\bar{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_3$ ।

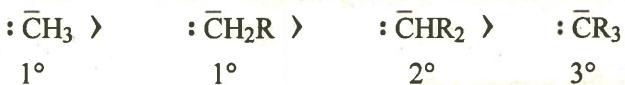
উৎপত্তি : জৈবযৌগের আলফা হাইড্রোজেন ( $\alpha$ -H) পরমাণু অন্তর্ধর্মী হলে তখন লম্ব ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে কার্বানায়ন সৃষ্টি হয়। যেমন,



ক্ষার ইথান্যাল কার্বানায়ন

[জেনে নাও : কার্যকরী মূলক যে C পরমাণুতে যুক্ত থাকে, সে C পরমাণুকে আলফা ( $\alpha$ ) কার্বন এবং আলফা কার্বন ( $\alpha$ -C) এ যুক্ত H পরমাণুকে আলফা হাইড্রোজেন ( $\alpha$ -H) বলা হয়।]

কার্বানায়নের সক্রিয়তা ও ছায়িত্ব : কার্বানায়ন ইলেকট্রন সমৃদ্ধ হওয়ায় নিউক্লিওফাইলরূপে খুবই সক্রিয়। কার্বানায়নসমূহের ছায়িত্বের ক্রম কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের বিপরীত। যেমন,



ইলেকট্রোফাইল বা ইলেকট্রন আকর্ষী বিকারক :

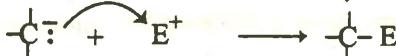
জৈব বিক্রিয়াকালে যেসব বিক্রিয়কের ইলেকট্রনের প্রতি আকর্ষণ আছে এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করে থাকে, এদেরকে ইলেকট্রোফাইল বা, ইলেকট্রন আকর্ষী বিকারক বলে। এদেরকে E দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইলেকট্রোফাইলসমূহ দু' শ্রেণিভুক্ত। যেমন,

(1) ধনাত্মক ইলেকট্রোফাইল ( $\text{E}^+$ ) : এরা ধনাত্মক চার্জযুক্ত। যেমন মিথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন ( $^+\text{CH}_3$ ), ব্রোমোনিয়াম আয়ন ( $\text{Br}^+$ ), নাইট্রোনিয়াম আয়ন ( $\text{NO}_2^+$ )।

**(২) প্রশম ইলেকট্রোফাইল (E) :** এরা চার্জবিহীন এবং যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে অষ্টক অপূর্ণ থাকে। যেমন,

$\text{AlCl}_3, \text{BF}_3$  ইত্যাদি। ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণকে নিম্নরূপে দেখানো হয় :

ধনাত্মক ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণ :



প্রশম ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণ :



নিউক্লিওফাইল বা কেন্দ্রাকর্ষী বিকারক : জৈব বিক্রিয়াকালে যেসব বিক্রিয়ক অপর বিক্রিয়কের নিউক্লিয়াস বা ধনাত্মক চার্জযুক্ত কেন্দ্রের প্রতি আকর্ষণ থাকে এবং ইলেকট্রন যোগান দিতে পারে, এদেরকে নিউক্লিওফাইল বা কেন্দ্রাকর্ষী বিকারক বলে। এদেরকে Nu দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিউক্লিওফাইলসমূহ দু'প্রক্রিয়া হয়। যেমন,

(১) ঝণাত্মক নিউক্লিওফাইল ( $:Nu^-$ ) : এরা ঝণাত্মক চার্জযুক্ত। যেমন, মিথাইল কার্বনায়ন : $\bar{C}\text{H}_3$ ,  $\text{Cl}^-$  আয়ন,  $\text{Br}^-$  আয়ন,  $\text{CN}^-$  আয়ন,  $\text{OH}^-$  আয়ন, অ্যালকোক্সাইড আয়ন  $\text{OR}$ ।

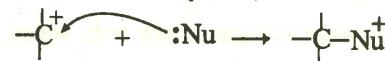
(২) প্রশম নিউক্লিওফাইল (Nu) : এরা চার্জবিহীন যৌগ অণু এবং এদের কেন্দ্রীয় পরমাণুতে এক বা একাধিক নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে। যেমন,  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$ ,  $\text{H}_2\ddot{\text{O}}$ ;  $\text{R}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$ ,  $\text{R}-\ddot{\text{O}}\text{H}$  ইত্যাদি।

নিউক্লিওফাইলের আক্রমণকে নিম্নরূপে দেখানো হয় :

ঝণাত্মক নিউক্লিওফাইলের আক্রমণ :



প্রশম নিউক্লিওফাইলের আক্রমণ :



নিউক্লিওফাইলের উদাহরণ হলো :  $\text{H}\ddot{\text{O}}^-$ ,  $\text{R}\ddot{\text{O}}^-$ ,  $\text{:CN}^-$ ,  $\text{:Cl}^-$ ,  $\text{:Br}^-$ ,  $\text{:I}^-$ ,  $\text{R}\ddot{\text{MgX}}$

ইলেকট্রোফাইলের উদাহরণ হলো :  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{SO}_3^-$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$

### ২.১০.১ সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction)

সংযোজন বিক্রিয়ায় দুটি ভিন্ন অণু যুক্ত হয়। পাই (π) বন্ধনের কার্যকরী মূলক যেমন কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $\text{C}=\text{C}$ ), কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) ও কার্বনিল মূলক ( $\text{C}=\text{O}$ ) যুক্ত জৈবযৌগে সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে। ফলে পাই (π) বন্ধনটি ডেসে দুটি সিগমা (σ) বন্ধন সৃষ্টি হয়। তখন উৎপন্ন যৌগে C পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন ( $\text{C}=\text{C}$ ) দ্বিবন্ধনের π ইলেকট্রন উভয় C-পরমাণুতে সমভাবে থাকে;

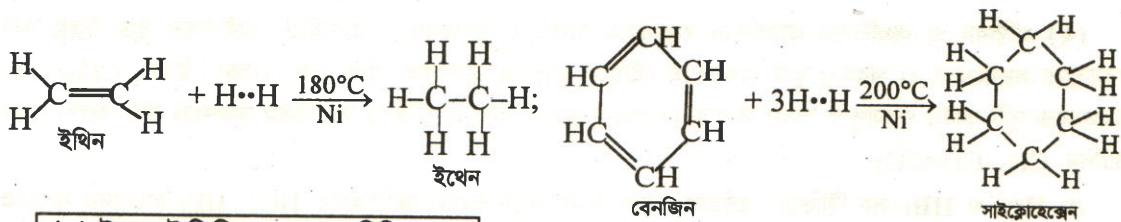
কিন্তু কার্বনিল মূলকের কার্বন-অক্সিজেন ( $\text{C}=\text{O}$ ) দ্বিবন্ধনের π ইলেকট্রন অক্সিজেন পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট থাকায় পোলারিটি সৃষ্টি হয়। তাই,

\* কার্বন-কার্বন ( $\text{C}=\text{C}$ ) দ্বিবন্ধনে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন ঘটে;

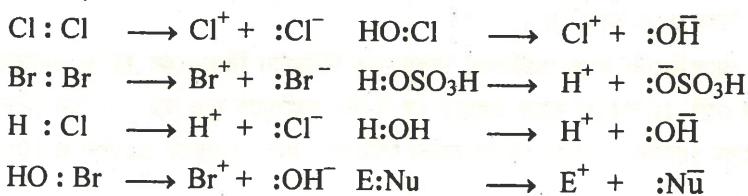
\* কিন্তু কার্বনিল মূলকের ( $\text{C}=\text{O}$ ) দ্বিবন্ধন পোলার হওয়ায় আংশিক ধনাত্মক C-পরমাণুতে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে।

\* সংযোজন বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক উভয় শ্রেণির পাই (π) বন্ধন যুক্ত যৌগে ঘটে। যেমন,

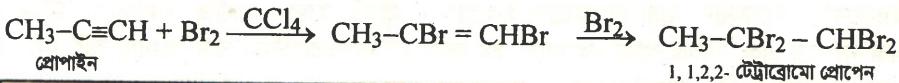
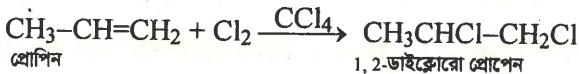
\* প্রায়  $180^\circ - 200^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে ইথিন ও বেনজিনের সাথে পৃথকভাবে  $\text{H}_2$  সংযোজন বিক্রিয়ায় থাক্রমে ইথেন ও সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে এ প্রভাবকীয় হাইড্রোজেন সংযোজনকালে দুটি H পরমাণু সৃষ্টি হয়; ফলে ফ্রি-রেডিকেল সংযোজন ঘটে। যেমন,

**(ক) ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া**

ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া প্রধানত অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ ) ও কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ( $C\equiv C$ ) এর পাই ( $\pi$ ) ইলেক্ট্রন বিক্রিয়াকালে ইলেক্ট্রোফাইল বা ইলেক্ট্রন আকর্ষী বিকারকের নিকট ইলেক্ট্রনদাতারপে কাজ করে। তখন বিকারকসমূহ যেমন  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $HCl$ ,  $HOBr$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_2O$ ,  $O_3$  প্রভৃতি থেকে দ্রবণে অথবা  $\pi$  ইলেক্ট্রনের প্রভাবে ধনাত্মক ইলেক্ট্রোফাইল ও ঋণাত্মক নিউক্লিওফাইল নিরূপণে সৃষ্টি হয় :



(১) অ্যালকিন ও অ্যালকাইনে হ্যালোজেন ( $X_2 = Cl_2$ ,  $Br_2$ ) সংযোজন : আলোর অনুপস্থিতিতে ও কার্বন ট্রোক্লোরাইড ( $CCl_4$ ) দ্রাবকে দ্রবীভূত  $Cl_2$  ও  $Br_2$  অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের সাথে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে ডাইহালো ও ট্রোহালো সম্পৃক্ত যোগ গঠন করে। যেমন,

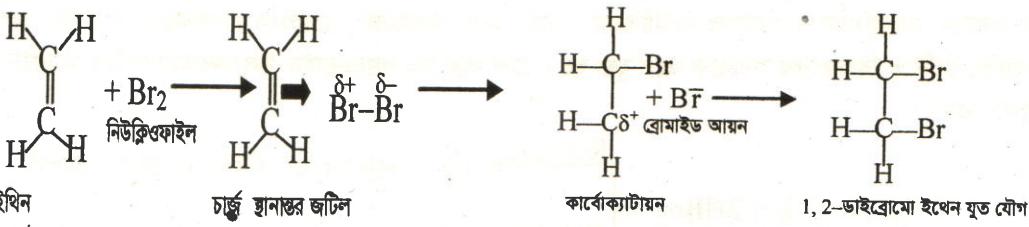


1, 2, 2- ট্রোব্রোমো প্রোপেন

MCQ. 2.12 : নিচে দেয়া নমুনায় কেন্দ্রিত ইলেক্ট্রোফাইল?	
(ক) $NH_3$	(খ) $H_2O$
(গ) $ROH$	(ঘ) $AlCl_3$

**পাই ( $\pi$ ) বন্ধনে  $Br_2$  অথবা  $Cl_2$  সংযোজন কৌশল**

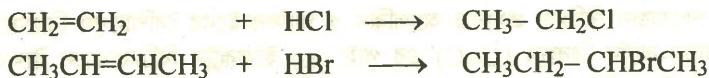
- অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের ইলেক্ট্রনের প্রভাবে কার্বন ট্রোক্লোরাইড ( $CCl_4$ ) দ্রাবকে দ্রবীভূত ব্রোমিন অণু ( $Br_2$ ) ডাইপোল  $(\delta^+ \delta^-)$  সৃষ্টি করে।
- এই ডাইপোলের  $(\delta^+ \delta^-)$  ধনাত্মক প্রান্ত অ্যালকিন অথবা অ্যালকাইনের  $\pi$  বন্ধনের ইলেক্ট্রনদ্বয়ের সাথে সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে।  $\delta^- Br$  পরমাণুটি শেয়ারকৃত ইলেক্ট্রন নিয়ে ব্রোমাইড আয়ন  $B\bar{F}$  রূপে পৃথক হয়ে পড়ে।
- ফলে ক্ষণস্থায়ী কার্বোক্যাটারিন সৃষ্টি হয় এবং এর সাথে দ্রুতগতিতে পূর্বে সৃষ্টি নিউক্লিওফাইল ব্রোমাইড আয়ন ( $B\bar{F}$ ) যুক্ত হয়ে যুক্ত যোগ গঠিত হয়। যেমন,



\* পাই ( $\pi$ ) বন্ধন শনাক্তকরণের বর্ণ পরিবর্তন পরীক্ষা (Colour test) এ সংযোজন বিক্রিয়ার ওপর নির্ভরশীল।

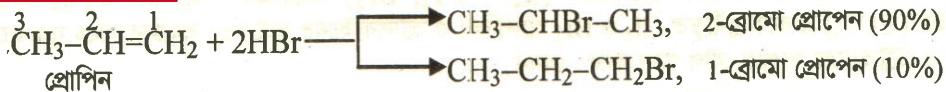
(২) প্রতিসম ও অপ্রতিসম অ্যালকিনে অপ্রতিসম বিকারক সংযোজন : জৈবযৌগে পাই-বন্ধন যুক্ত উভয় কার্বন পরমাণুতে সমসংখ্যক H পরমাণু যুক্ত থাকলে এ যৌগকে প্রতিসম অসম্পৃষ্ট যৌগ বলে। যেমন, ইথিন,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ । দ্বিবন্ধনযুক্ত দুটি কার্বন পরমাণুতে অসম সংখ্যক H পরমাণু যুক্ত থাকলে এ যৌগকে অপ্রতিসম অসম্পৃষ্ট যৌগ বলে। যেমন, প্রোপিন  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  [MAT-21-22]

(i)  $\text{HCl}$  ও  $\text{HBr}$  সহ বিক্রিয়া : প্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অপ্রতিসম বিকারক  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  ইত্যাদির সংযোজন বিক্রিয়ায় একটিমাত্র উৎপাদ পাওয়া যায়। যেমন,

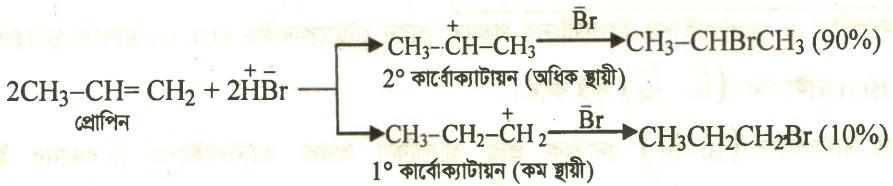


অপরদিকে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অপ্রতিসম বিকারকসমূহ যেমন,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HOCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ইত্যাদির সংযোজন বিক্রিয়ায় পরিমাণে কম-বেশি দুটি উৎপাদ পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে কোনটি প্রধান উৎপাদ হবে তা 1869 খ্রিষ্টাব্দে রুশ বিজ্ঞানী দ্বারা প্রতিষ্ঠিত মারকনিকভের নিয়ম থেকে জানা যায়।

মারকনিকভের নিয়ম : অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অপ্রতিসম বিকারকের বিক্রিয়ায় বিকারকের H বা ধনাত্মক প্রাপ্তি অ্যালকিনের দ্বিবন্ধনযুক্ত যে কার্বনে বেশি H পরমাণু থাকে প্রধানত সে কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়। [এ যেন তেলে মাথায় তেল দেয়ার মতো।] যেমন, অপ্রতিসম প্রোপিন ও  $\text{HBr}$  এর সংযোজন বিক্রিয়ায় 90% 2-ব্রোমো প্রোপেন ও 10% 1-ব্রোমো প্রোপেন উৎপন্ন হয়।

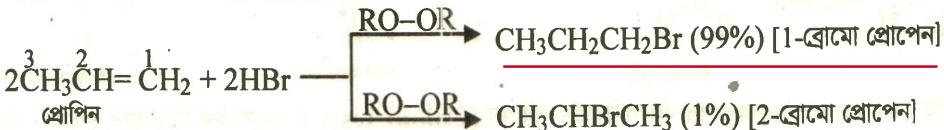


ব্যাখ্যা : প্রথম ধাপে বিকারক  $\text{H}\cdot\text{Br}$  থেকে ইলেক্ট্রোফাইলরূপে  $\text{H}^+$  আয়ন ও নিউক্লিওফাইলরূপে ব্রোমাইড আয়ন ( $\text{Br}^-$ ) সৃষ্টি হয়। দ্বিবন্ধনের  $\pi$  ইলেকট্রন দ্বারা ইলেক্ট্রোফাইল ( $\text{H}^+$ ) আকৃষ্ট হলে কমশক্তি সহযোগে অধিক ছায়ী  $2^\circ$  কার্বোক্যাটায়ন অধিক সংখ্যায় এবং অধিক শক্তি সহযোগে কম ছায়ী  $1^\circ$  কার্বোক্যাটায়ন কম সংখ্যায় সৃষ্টি হয়। শেষ ধাপে কার্বোক্যাটায়নের সাথে নিউক্লিওফাইল ব্রোমাইড আয়ন ( $\text{Br}^-$ ) যুক্ত হয়ে যুক্ত যৌগ উৎপন্ন করে।

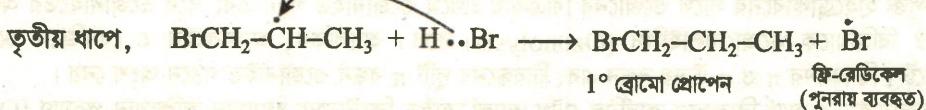
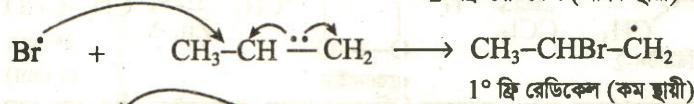
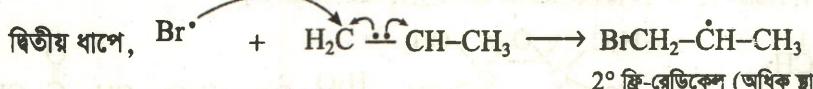


কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্নি ও এদের ছায়িত্বের ক্রম হলো :  $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \overset{+}{\text{CH}_3}$

বিপরীত মারকনিকভের নিয়ম : 1933 খ্রিষ্টাব্দে আমেরিকান রসায়নবিদ খারাস প্রমাণ করেন যে, অল্প পরিমাণ জৈব পারঅক্সাইড যেমন অ্যালকাইল পারঅক্সাইড ( $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{R}$ ) এর উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে  $\text{HBr}$  এর বিক্রিয়ার ফলাফল মারকনিকভের নিয়মের বিপরীতভাবে ঘটে; অর্থাৎ অপ্রতিসম অ্যালকিনে দ্বিবন্ধনযুক্ত যে কার্বনে বেশি H পরমাণু থাকে, সেটিতে বিকারকের ঝণাত্মক অংশ যুক্ত হয়। একে খারাসের পারঅক্সাইড ফলাফল বা বিপরীত মারকনিকভের নিয়ম বলে। যেমন,



**ব্যাখ্যা :** প্রথম ধাপে, জৈব পারঅক্সাইড উৎপন্ন অবস্থায় বিযোজিত হয়ে দুটি অ্যালকোক্সি (R-O-) ফ্রি-রেডিকেল উৎপন্ন করে। পরে এটি HBr কে আক্রমণ করে ব্রোমিন ফ্রি-রেডিকেল (Br·) তৈরি করে। এটি দ্বিতীয় ধাপে প্রোপিনকে আক্রমণ করে অধিক ছায়া 2° ব্রোমো অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল তৈরি করে। সবশেষে তৃতীয় ধাপে HBr এর সাথে 2° ব্রোমো অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল বিক্রিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু (H.) গ্রহণ করে বিপরীত মারকনিকভের নিয়ম মতে অধিক পরিমাণ 1-ব্রোমো প্রোপেন উৎপন্ন হয়।

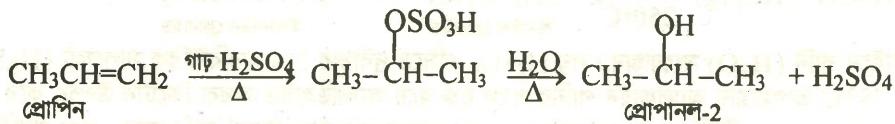
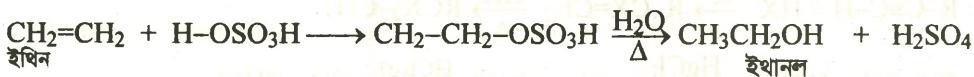


জেনে মাও : (1) মারকনিকভের নিয়ম মতে, সংযোজন বিক্রিয়াটি ইলেকট্রন আকর্ষী আয়নিক বিক্রিয়া।

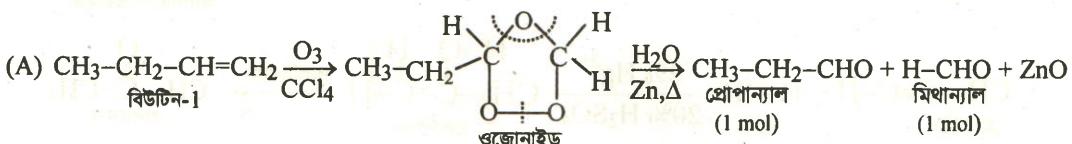
(2) ক্ষিতু বিপরীত মারকনিকভের বা খারাসের নিয়ম মতে, জৈব পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সংযোজন বিক্রিয়াটি ঘটে ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজম অনুসরণ করে।

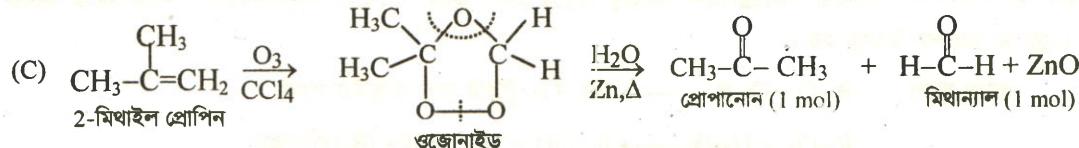
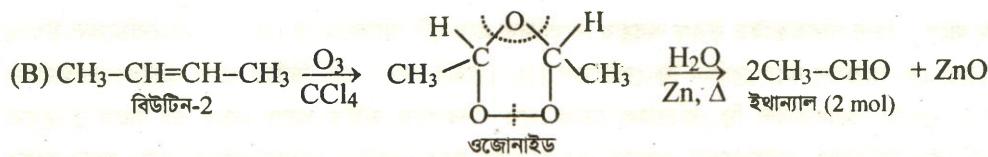
(3) খারাসের নিয়ম কেবল HBr সংযোজনে কার্যকর হয়; ক্ষিতু HCl ও HI এর বেলায় ঘটে না।

(ii)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  সহ অ্যালকিনের বিক্রিয়া : মারকনিকভের নিয়ম মতে অ্যালকিনের সাথে গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন দ্বারা প্রথমে অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। পরে উৎপন্ন যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে মারকনিকভের নিয়ম মতে সংযোজন ঘটে।

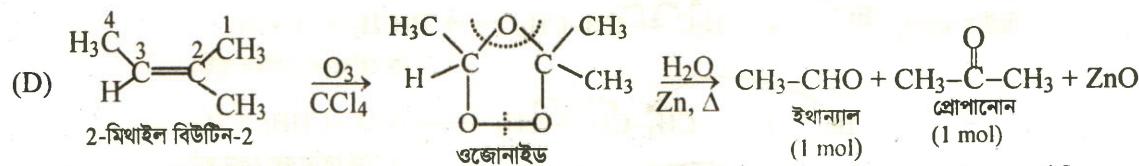


(iii) ওজোনসহ অ্যালকিনের বিক্রিয়া : অ্যালকিনে ওজোন সংযোজন একটি জটিল ইলেক্ট্রোফিলিক প্রক্রিয়া। তবে অ্যালকিনের কার্বন শিকলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান নির্ণয়ে ওজোন সংযোজনের গুরুত্ব রয়েছে। অ্যালকিনকে নিম্নিয় CC<sub>14</sub> দ্রাবকে দ্রব্যভূত করে ওজোন চালনা করলে অ্যালকিন ওজোনাইড উৎপন্ন হয়। ওজোনাইডের Zn গুড়াসহ আর্দ্র বিশ্লেষণে দ্বিবন্ধনের অবস্থান অনুযায়ী অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়। দ্বিবন্ধনযুক্ত C-পরমাণুতে H পরমাণু থাকলে অ্যালডিহাইড; নতুনা কিটোন উৎপন্ন হয়। যেমন,





[দ্রষ্টব্য : বিউটিন-১, বিউটিন-২ ও 2-মিথাইল প্রোপিন হলো  $\text{C}_4\text{H}_8$ -এর তিনটি সমাপ্ত।]



অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাথে ওজোনের বিক্রিয়ায় প্রথমে ওজোনাইড গঠন এবং পরে ওজোনাইডের আর্দ্র বিশ্রেষণ-এ দুর্ভারিত বিক্রিয়াকে ওজোনোলাইসিস (Ozonolysis) বলে। অ্যালকিন, অ্যালকাইন ও বেনজিনে ওজোনোলাইসিস বিক্রিয়া ঘটে। ত্রিবন্ধনের  $\pi$  ও  $\sigma$  উভয় বন্ধন এবং ত্রিবন্ধনের দুটি  $\pi$  বন্ধন ওজোনাইড গঠনে অংশ নেয়।

\* ওজোনাইডের আর্দ্র বিশ্রেষণে কার্বনিল যৌগ অ্যালডিহাইড কিটোনসহ জায়মান অক্সিজেন পরমাণু  $[\text{O}]$  উৎপন্ন হয়। ব্যবহৃত  $\text{Zn}$  গুঁড়া ঐ অক্সিজেন পরমাণুসহ  $\text{ZnO}$  উৎপন্ন করে। নতুন উৎপন্ন কার্বনিল যৌগ জারিত হয়ে কার্বক্সিলিক এসিড যেমন  $\text{CH}_3\text{COOH}$  উৎপন্ন হতে।

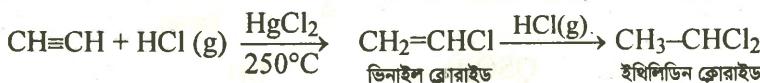
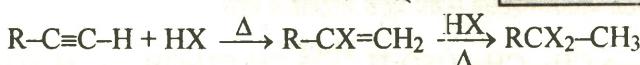


### (৩) অ্যালকাইনে অপ্রতিসম বিকারক সংযোজন :

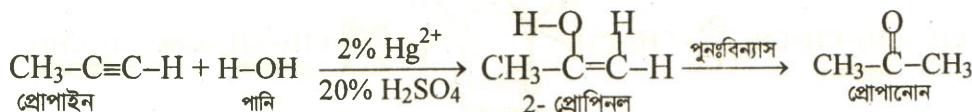
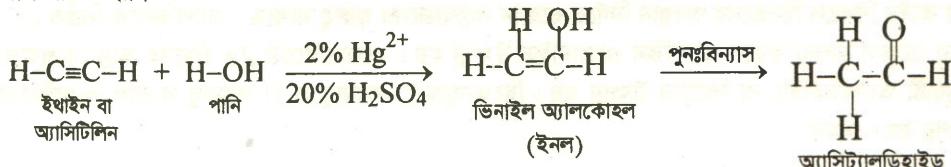
(i)  $\text{HCl}$  ও  $\text{HBr}$  সহ বিক্রিয়া : দুটি  $\pi$  বন্ধনে দু'ধাপে সংযোজন ঘটে। এক্ষেত্রে প্রথমে মারকনিকভের নিয়ম অনুসৃত হয়।

MCQ-2.13 : কোনটি অপ্রতিসম অ্যালকিন?

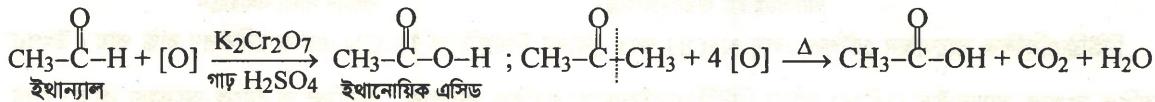
- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| (ক) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ | (খ) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$   |
| (গ) $\text{ClCH}=\text{CHCl}$ | (ঘ) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ |



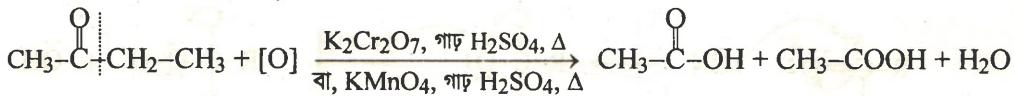
(ii) অ্যালকাইনে পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) সংযোজন : লঘু  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিডে দ্রব্যভূত 2% মারকিউরিক সালফেট ( $\text{HgSO}_4$ ) এর উপচ্ছিতিতে  $60^\circ\text{--}75^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় অ্যালকাইন পানির সাথে যুক্ত হয়ে অ্যালডিহাইড অথবা কিটোন উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ত্রিবন্ধনের একটি  $\pi$  বন্ধন ভেঙ্গে দুটি সিগ্মা ( $\sigma$ ) বন্ধনে  $\text{H}$  ও  $\text{OH}$  মূলক যুক্ত হয়ে 'ইনল' তৈরি করে। পরে পুনর্বিন্যাস দ্বারা কার্বনিল যৌগ গঠিত হয়।



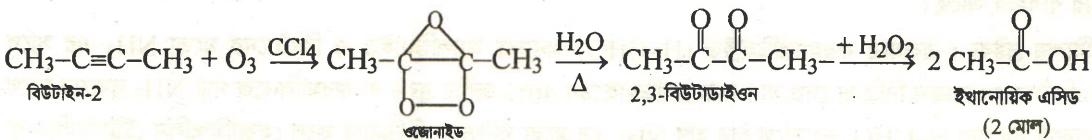
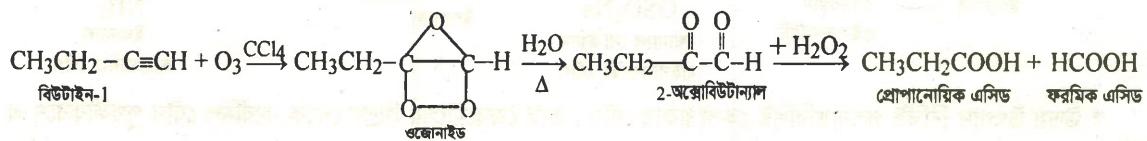
**জেনে নাও :** অ্যালকাইন থেকে কার্বিন্স্লিক এসিড প্রস্তুতি : অ্যালকাইন যেমন ইথাইন ( $\text{CH}=\text{CH}$ ) ও প্রোপাইন ( $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$ ) এর সাথে পানি সংযোজনের ফলে যথাক্রমে অ্যালডিহাইড ইথান্যাল ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) ও কিটোন প্রোপানোন ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) উৎপন্ন হয়। পরে এই উৎপন্ন অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে শক্তিশালী জারিক পদার্থ যেমন ক্রোমিক এসিড (গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) অথবা অঙ্গীয়  $\text{KMnO}_4$  দ্রবণসহ উত্পন্ন করলে অ্যালডিহাইড সহজে জারিত হয়ে সমসংখ্যক C-পরমাণুজুড় কার্বিন্স্লিক এসিড উৎপন্ন করে।



কিন্তু কিটোনকে দীর্ঘ সময় ক্রোমিক এসিডসহ উত্পন্ন করলে তবে কার্বন-কার্বন ( $\text{C}-\text{CO}$ ) বন্ধন বিযোজিত হয়ে কিটোন অপেক্ষা কমসংখ্যক C-পরমাণুজুড় কার্বিন্স্লিক এসিড উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে কিটোনের দুটি অ্যালকাইল মূলকের যে  $\alpha$ -কার্বনে কমসংখ্যক H পরমাণু থাকে, সেই  $\text{C}-\text{CO}$  বন্ধনটি মূলত বিযোজিত হয় (Popoff's rule)। যেমন,



(iii) ওজোন সংযোজন : অ্যালকাইনকে নিচ্ছিয় দ্রাবক  $\text{CCl}_4$  এ দ্রবীভূত করে এর মধ্যে ওজোন গ্যাস চালনা করলে অ্যালকাইন ওজোনাইড নামক যুত্যোগ উৎপন্ন হয়। ওজোনাইডকে পানিসহ উত্পন্ন করলে প্রথমে 2-অঙ্গো অ্যালকান্যাল অথবা অ্যালকাডাইওন ও  $\text{H}_2\text{O}_2$  উৎপন্ন হয়। পরে  $\text{H}_2\text{O}_2$  দ্বারা উৎপন্ন যৌগ জারিত হয়ে ত্রিবন্ধনের অবস্থান মতে ভিন্ন ভিন্ন কার্বিন্স্লিক এসিড উৎপন্ন করে থাকে। যেমন, বিউটাইন-1 থেকে প্রোপানোয়িক এসিড ও ফরমিক এসিড; অপরদিকে বিউটাইন-2 থেকে ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয়।



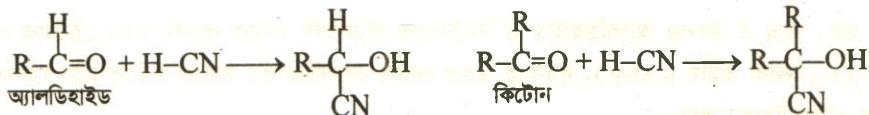
**সিদ্ধান্ত :** (১) বিউটাইন-1 এর ওজোনাইড যোগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে প্রোপানোয়িক এসিড ও ফরমিক এসিড—এ দুটি উৎপাদ পাওয়া যায়। (২) বিউটাইন-2 এর ওজোনাইড যোগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে কেবল ইথানোয়িক এসিড পাওয়া যায়।

#### (খ) নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

দ্বিযোজী কার্বনিল মূলক ( $\text{C}=\text{O}$ ) যুক্ত অ্যালডিহাইড-কিটোনে 'নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া' ঘটে। অক্সিজেন ও কার্বন পরমাণুর তড়িৎ-খণ্ডাত্মক পার্থক্য ( $3.5 - 2.5 = 1.0$ ) অধিক হওয়ায়  $\text{C}=\text{O}$  মূলকের পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের ইলেক্ট্রন অক্সিজেন পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়। ফলে অক্সিজেন পরমাণুতে আংশিক খণ্ডাত্মক চার্জ ( $\delta^-$ ) এবং কার্বন পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ( $\delta^+$ ) সৃষ্টি হয় ( $\text{C}=\overset{\delta^+}{\text{O}}-\overset{\delta^-}{\text{C}}$ )। এরপে পোলারিত কার্বনিল মূলকের ধনাত্মক C পরমাণুকে খণ্ডাত্মক কেন্দ্রাকৃত বিকারক বা নিউক্লিওফাইল সহজে আক্রমণ করে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটায়।

এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইলরপে সায়ানাইড ( $\text{CN}^-$ ) আয়ন ( $\text{HCN}$  থেকে), সোডিয়াম সালফাইট ( $\text{OSO}_2\text{Na}$ ) আয়ন ( $\text{NaHSO}_3$  থেকে),  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  অণু, ফ্রিগনার্ড বিকারক ( $\text{RMgX}$ ) ও কার্বনায়ন কাজ করে।

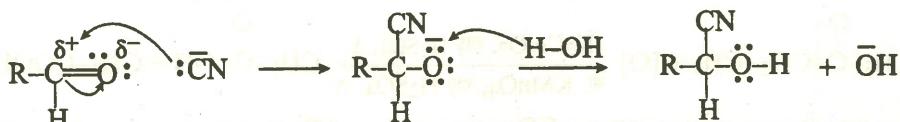
(i) কার্বনিল যৌগে HCN সংযোজন : সব অ্যালডিহাইড ও অধিকাংশ কিটোন হাইড্রোজেন সায়ানাইড (H-CN) এর দ্রবণে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালডিহাইড বা কিটোন সায়ানোহাইড্রিন যুত্থোগ গঠন করে।



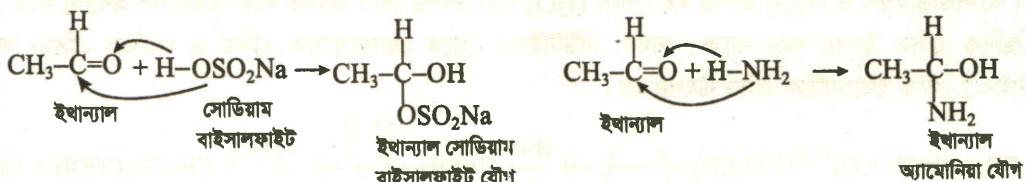
অ্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন

কিটোন সায়ানোহাইড্রিন

নিউক্লিওফিলিক সংযোজন কৌশল : লঘু NaOH ক্ষার দ্রবণের উপরিতে H-CN এর আয়নীকরণ বৃদ্ধি পায়। উৎপন্ন অধিক সংখ্যক সায়ানাইড ( $: \bar{\text{C}}\text{N}$ ) আয়ন নিউক্লিওফাইলরূপে আংশিক ধনাত্মক কার্বনিল কার্বনকে আক্রমণ করে। শেষ ধাপে ঝণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুটি পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) অণু থেকে প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) গ্রহণ করলে সংযোজন বিক্রিয়া শেষ হয়।

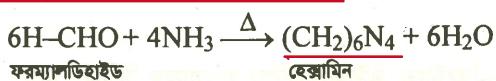


(ii) অনুরূপভাবে, সোডিয়াম বাইসালফাইট ( $\text{NaHSO}_3$ ),  $\text{NH}_3$  ও মিথান্যল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ( $\text{CH}_3\text{MgBr}$ ) বা প্রিগনার্ড বিকারকের সাথে কার্বনিল যৌগের নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে।

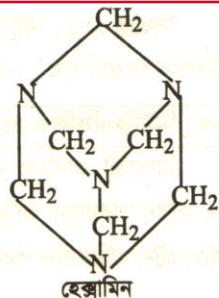


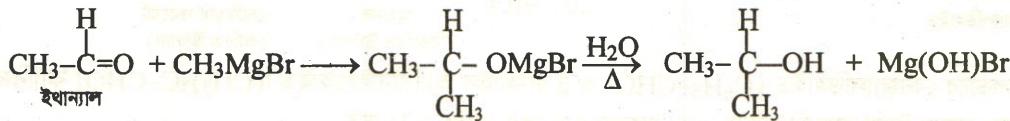
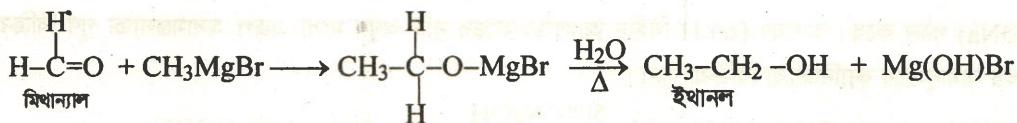
\* উভয় উৎপাদ নির্দিষ্ট গলনাক্ষবিশিষ্ট কেলাসাকার যোগ। তাই জৈবযৌগের মিশ্রণ থেকে কার্বনিল যোগ পৃথকীকরণে এ বিক্রিয়ার ব্যবহার আছে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : একমাত্র ফরম্যালডিহাইড ( $\text{H}-\text{CHO}$ ) অন্যান্য অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মতো  $\text{NH}_3$  এর সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া দেয় না। ফরম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণ বা ফরমালিনকে গাঢ়  $\text{NH}_3$  দ্রবণের সাথে উত্তপ্ত করলে ছয় অণু  $\text{H}-\text{CHO}$  এর সাথে চার অণু  $\text{NH}_3$  এর মধ্যে ঘনীভবন বিক্রিয়ার ফলে হেক্সামিথিলিন টেট্রাআমিন বা হেক্সামিন নামক সাইক্রিক পলিমার গঠিত হয়। হেক্সামিন রিউমেটিক ফিভার বা বাতজ্বর ও প্রস্রাবের থলিসংক্রান্ত প্রদাহ রোগে ওষুধরূপে ব্যবহৃত হয়।

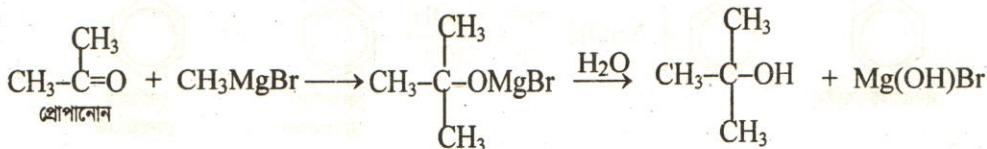


\* প্রিগনার্ড বিকারকসহ বিক্রিয়া : প্রিগনার্ড বিকারক হলো অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড ( $\text{RMgX}$ ) ও অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড ( $\text{ArMgX}$ )। কার্বনিল যোগ ও প্রিগনার্ড বিকারকের সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া গঠিত যুত্থোগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে বিভিন্ন অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। যেমন, এ প্রিগনার্ড বিক্রিয়া ফরম্যালডিহাইড বা মিথান্যল ( $\text{H}-\text{CHO}$ ) থেকে  $1^\circ$  অ্যালকোহল, অ্যাসিট্যালডিহাইড  $\text{CH}_3\text{CHO}$  থেকে  $2^\circ$ -অ্যালকোহল ও অ্যাসিটেন বা প্রোপানোন ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) থেকে  $3^\circ$ -অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।





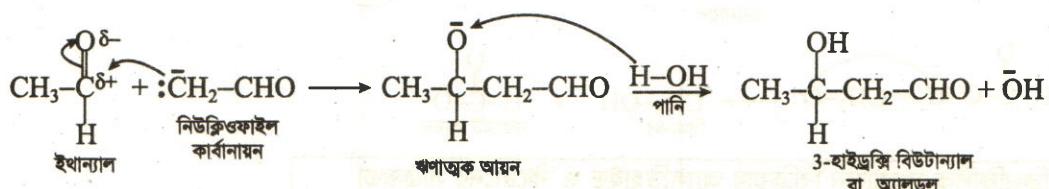
প্রোপানল-2



2-মিথাইল প্রোপানল-2

\* ত্রিগনার্ড বিকারকসহ এ বিক্রিয়া দ্বারা যথাক্রমে মিথান্যল বা ফরম্যালডিহাইড ( $\text{H}-\text{CHO}$ ), ইথান্যল বা অ্যাসিট্যালডিহাইড ( $\text{CH}_3-\text{CHO}$ ) ও প্রোপানোন বা অ্যাসিটোন ( $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ ) থেকে  $1^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$  অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়।

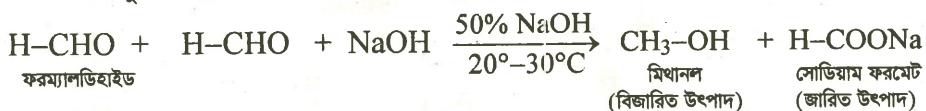
(iii) কার্বনিল যৌগে কার্বানায়ন সংযোজন : অ্যালডল ঘনীভবন : অস্থির্মী আলফা ( $\alpha$ )  $\text{H}$ -পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড যেমন অ্যাসিট্যালডিহাইড ( $\text{CH}_3-\text{CHO}$ ) লঘু  $\text{NaOH}$  দ্রবণের উপচ্ছিতিতে বিক্রিয়াকালে প্রথমে এক অণু  $\text{CH}_3-\text{CHO}$  থেকে কার্বানায়ন তৈরি হয়। পরে এই কার্বানায়ন ২য়  $\text{CH}_3-\text{CHO}$  এর আংশিক ধনাত্মক কার্বনিল কার্বনের সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন দ্বারা কার্বন-কার্বন বন্ধনে যুক্ত হয়ে ঝণাত্মক আয়নে পরিণত হয়। শেষে এই ঝণাত্মক আয়ন  $\text{H}_2\text{O}$  থেকে একটি প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) ছাড়ে করে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। উৎপন্ন যৌগে অ্যালডিহাইড মূলক ( $-\text{CHO}$ ) ও অ্যালকোহল মূলক ( $-\text{OH}$ ) উভয়ই বর্তমান থাকায় এরপ বিক্রিয়াকে অ্যালডল ঘনীভবন বলে। ( $\text{Ald} + \text{ol} = \text{Aldol}$ )।



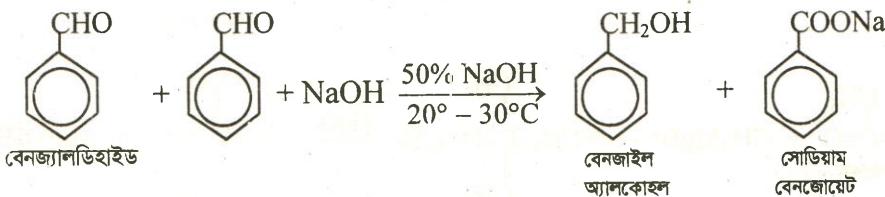
\* উল্লেখ্য আলফা ( $\alpha$ )- $\text{H}$  যুক্ত কিটোন যেমন,  $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$  এর বেলায়ও এরপ নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে; তবে উৎপন্ন যৌগে কিটো মূলক ( $-\text{CO}-$ ) এবং ( $-\text{OH}$ ) মূলক থাকে; এক্ষেত্রেও এ বিক্রিয়াকে অ্যালডল ঘনীভবন বলে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়া হার কম হয়।

\* ক্যানিজারো বিক্রিয়া : আলফা ( $\alpha$ )- $\text{H}$  বিহীন অ্যালডিহাইড যেমন ফরম্যালডিহাইড ( $\text{H}-\text{CHO}$ ) অ্যালডল বিক্রিয়া দেয় না। বরঞ্চ গাঢ়  $\text{NaOH}$  দ্রবণে দু অণু ফরম্যালডিহাইডে জারণ-বিজ্ঞারণ বিক্রিয়ার ফলে এক অণু ফরম্যালডিহাইড বিজ্ঞারিত হয়ে মিথানল ( $\text{CH}_3-\text{OH}$ ) ও অপর ফরম্যালডিহাইড ( $\text{H}-\text{CHO}$ ) অণু জারিত হয়ে সোডিয়াম ফরমেট

(H-COONa) গঠন করে। আলফা ( $\alpha$ )-H বিহীন অ্যালডিহাইডের দুটি অণুর মধ্যে এরূপ অসামঞ্জস্যতা পূর্ণ বিক্রিয়াকে আবিষ্কারকের নামানুসারে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে।



\* অনুরূপভাবে বেনজ্যালডিহাইড ( $C_6H_5\text{-CHO}$ ) ও ট্রাইমিথাইল অ্যাসিট্যালডিহাইড  $[(CH_3)_3C\text{-CHO}]$  ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেয়। কারণ উভয় অ্যালডিহাইডে  $\alpha$ -C পরমাণু থাকলেও এদের  $\alpha$ -H নেই।



জেনে নাও :

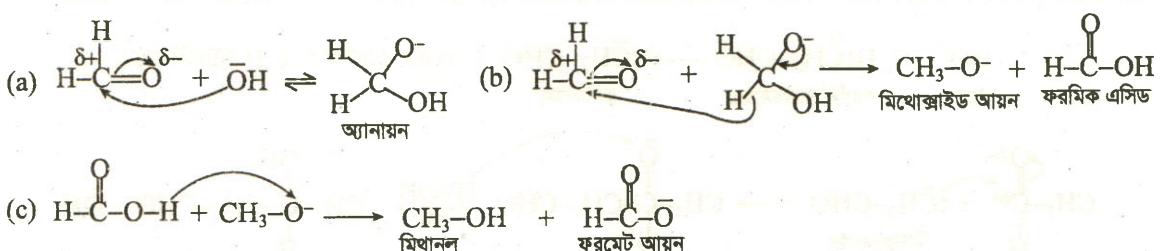
\* অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়ার শর্ত হলো : [MAT-২২-২৩]

- (১) অন্ধধৰ্মী  $\alpha$ -H যুক্ত অ্যালডিহাইড ও কিটোনে অ্যালডল বিক্রিয়া ঘটে।
- (২) লঘু ক্ষার দ্রবণ  $\text{NaOH(aq)}$  এর উপস্থিতিতে কার্বানায়ন সৃষ্টি হয়।
- (৩) এক্ষেত্রে ঐ কার্বানায়ন দ্বারা নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে।

\* ক্যানিজারো বিক্রিয়ার শর্ত হলো :

- (১)  $\alpha$ -H বিহীন অ্যালডিহাইডে ক্যানিজারো বিক্রিয়া ঘটে।
- (২) গাঢ় ক্ষার দ্রবণ  $\text{NaOH(aq)}$  এর উপস্থিতিতে অ্যানায়ন সৃষ্টি হয় এবং এরূপ বিক্রিয়া ঘটে।
- (৩) আন্তঃআণবিক জারণ-বিজৱণসহকারে অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া ঘটে।

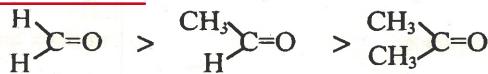
গাঢ়  $\text{NaOH}$  এর উপস্থিতিতে দুই অণু অ্যালডিহাইড পারস্পরিক রিডক্স বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল ও কার্বিন্লিট আয়ন গঠন করে, যা  $\text{NaOH}$  সহ শেষে সোডিয়াম কার্বিন্লিট লবণ উৎপন্ন করে।



### নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সক্রিয়তা

নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড-কিটোনের সক্রিয়তা কার্বনিল মূলক ( $>\overset{\delta+}{\text{C}}=\overset{\delta-}{\text{O}}$ ) এর কার্বনের ধনাত্মক চার্জের পরিমাণের ওপর নির্ভরশীল। ঐ কার্বনিল কার্বনে কোনো কারণে ধনাত্মক চার্জের মাত্রা ( $\delta+$ ) কমে গেলে এই যৌগে সক্রিয়তাও কমে। অ্যালকাইল মূলক ( $-R$ ) যেমন,  $-\text{CH}_3$  মূলক এর ধনাত্মক আবেশধর্মিতা বা ইলেক্ট্রন ঘনত্ব যোগান দেয়া ধর্ম আছে; তাই কার্বনিল মূলক ( $>\overset{\delta+}{\text{C}}=\overset{\delta-}{\text{O}}$ ) এর সাথে মিথাইল ( $-\text{CH}_3$ ), ইথাইল ( $-\text{C}_2\text{H}_5$ ) ইত্যাদি মূলক যুক্ত হলে তখন কার্বনিল মূলকে ধনাত্মক চার্জের মাত্রা কমে এবং সক্রিয়তা হ্রাস পায়। এজন্য মিথান্যাল অপেক্ষা ইথান্যাল এবং ইথান্যল অপেক্ষা প্রোপানোন কম সক্রিয় হয়। অর্থাৎ অ্যালডিহাইড অপেক্ষা কিটোন কম সক্রিয় হয়। এছাড়া কিটোনে

থাকা বেশি সংখ্যক অ্যালকাইল (R-) মূলক নিউক্লিওফাইলকে বিক্রিয়ার পথে স্থানিক বাধা (Steric hindrance) সৃষ্টি করে। কার্বনিল যৌগসমূহের সক্রিয়তা ক্রম হলো :



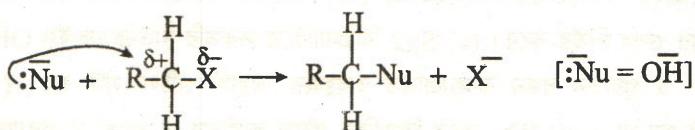
## ২.১০.২ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction)

যে বিক্রিয়ায় জৈবযৌগের অণুষ্ঠিত একটি পরমাণু বা মূলক অন্য একটি পরমাণু বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়; ফলে উৎপাদ যৌগের C-পরমাণুতে সমস্থ্যক সিগমা বন্ধনে পরমাণু যুক্ত থাকে সে বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য :

- \* (১) আক্রমণকারী বিকারক ইলেক্ট্রোফাইল, নিউক্লিওফাইল ও ফ্রি-রেডিকেল হতে পারে।
- \* (২) জৈবযৌগের আক্রান্ত প্রান্তের কার্বনটি সিগমা বন্ধনযুক্ত থাকে।
- \* (৩) উল্লেখ্য অ্যালিফেটিক সম্পৃক্ত কার্বনের অধিকাংশ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াই নিউক্লিওফিলিক।
- \* (৪) আরোমেটিক বেনজিন বলয়ে সব প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ইলেক্ট্রোফিলিক। কারণ বেনজিনয়েত বলয়ের পাই (π) ইলেক্ট্রন মেঘ দ্বারা নিউক্লিওফাইল বিকর্ষিত হয়।

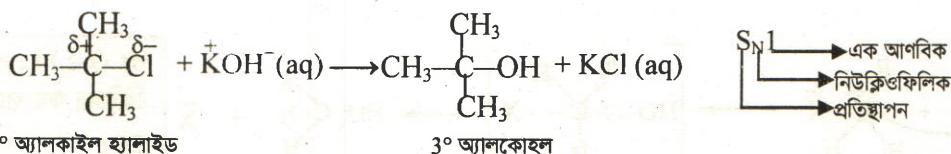
(ক) নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন (Nucleophilic Substitution) : যে জৈব বিক্রিয়ায় সম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুতে নিউক্লিওফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটে, তাকে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বা সংক্ষেপে S<sub>N</sub> বিক্রিয়া বলে।



S<sub>N</sub> বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ : অ্যালকাইল হ্যালাইডের বেলায় S<sub>N</sub> বিক্রিয়া দু'প্রকার। যেমন, এক আণবিক S<sub>N</sub> বিক্রিয়া (S<sub>N</sub>1) ও দ্বি-আণবিক S<sub>N</sub> বিক্রিয়া (S<sub>N</sub>2)।

S<sub>N</sub>1 বা এক আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন : যে S<sub>N</sub> বিক্রিয়ার গতি নিউক্লিওফাইলের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর না করে কেবল অ্যালকাইল হ্যালাইডের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে তাকে S<sub>N</sub>1 বিক্রিয়া বলে।

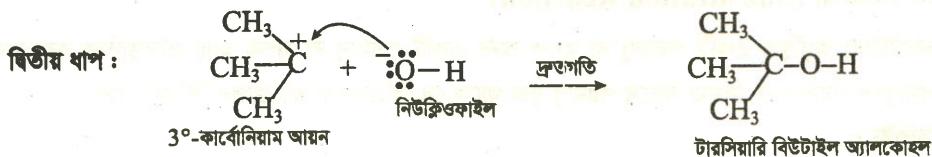
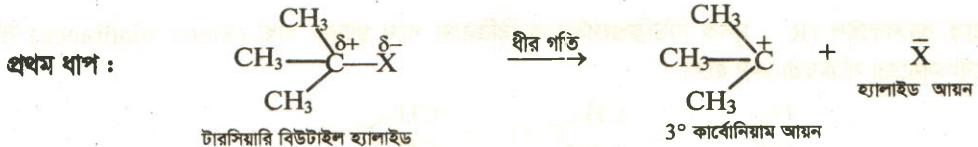
চোখের ২/১ বৈশিষ্ট্য : (i) S<sub>N</sub>1 বিক্রিয়া 3°-হ্যালাইডে বেশি ঘটে, (ii) প্রথমে অধিক ছায়া 3°-কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়, (iii) বিক্রিয়াটি দু'ধাপে ঘটে, (iv) বিক্রিয়াটি পোলার দ্রাবকে অতি লঘু ক্ষার দ্রবণে যেমন, KOH এর জলীয় দ্রবণে ঘটে। (v) বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার একটিমাত্র বিক্রিয়ক RX এর ঘনমাত্রার ১ম ঘাতের সমানুপাতিক হয়; (vi) এক্ষেত্রে অবস্থান্ত অস্থায়ী জটিল সৃষ্টি হয় না। (vii) বিক্রিয়া শেষে উৎপাদ অণুর জ্যামিতিক কাঠামোঁ অপরিবর্তিত থাকে। যেমন,



3° অ্যালকাইল হ্যালাইড

3° অ্যালকোহল

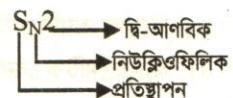
S<sub>N</sub>1 বিক্রিয়ার কৌশল : ১ম ধাপে 3°-অ্যালকাইল হ্যালাইড ধীর গতিতে বিয়োজিত হয়ে অধিক ছায়া 3° কার্বোনিয়াম আয়ন ও হ্যালাইড আয়ন সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে RX এর বিয়োজনে পোলার দ্রাবক পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) অণুর সাথে  $\text{HO}^-$  আয়নের পানি-যোজন কালে নির্গত তাপ শক্তির মূল ভূমিকা থাকে। ২য় ধাপে নিউক্লিওফাইল  $\text{HO}^-$  আয়ন ঐ কার্বোনিয়াম আয়নে দ্রুতগতিতে যুক্ত হয়।



$\text{S}_{\text{N}}1$  বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $\text{RX}$  এর সক্রিয়তার ক্রম হলো :  $3^\circ \text{RX} > 2^\circ \text{RX} > 1^\circ \text{RX}$

$\text{S}_{\text{N}}2$  বা দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিজ্ঞাপন : যে  $\text{S}_{\text{N}}$  বিক্রিয়ার হার বা গতি নিউক্লিওফাইল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড (বা সাবস্ট্রেট) উভয়ের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর

করে, তাকে  $\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়া বলে।



\* \* \* বৈশিষ্ট্য : (i)  $1^\circ$  হ্যালাইডে  $\text{S}_{\text{N}}2$  বেশি ঘটে, কারণ এতে স্টেরিক বাধা কম; (ii) বিক্রিয়াটি একধাপে ঘটে, (iii) নিউক্লিওফাইল  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকতে হয়; (iv) বিক্রিয়াটি ২য় ক্রমের হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার  $\text{RX}$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের উভয়ের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে। (v)  $\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়াটিতে সরাসরি নিউক্লিওফাইল  $\text{OH}^-$  আয়নের আক্রমণে ঘটে বলে নতুন বঙ্গন গঠন ও পুরাতন বঙ্গন ভাঙ্গনজনিত অবস্থার 'অস্থায়ী জটিল' সৃষ্টি হয়। (vi) তাই  $\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়ায় কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয় না; (vii)  $\text{RX}$  অণুর ত্রিমাত্রিক গঠনে কার্বনের যে পার্শ্বে  $\text{X}$  পরমাণু থাকে এর বিপরীত দিক থেকে  $180^\circ$  অবস্থানে নিউক্লিওফাইল আক্রমণ করে। তাই উৎপাদ অণুর জ্যামিতিক কাঠামো উল্লেখ গিয়ে সম্পূর্ণ বিপরীত হয়।

$\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়ার কোশল :  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{X}$  এর  $\text{X}$  পরমাণু যে দিকে থাকে, তার বিপরীত দিক থেকে আংশিক ধনাত্মক কার্বন পরমাণুকে নিউক্লিওফাইল ( $:\ddot{\text{O}}^-$ ) আক্রমণ করে। তখন নতুন সমযোজী বঙ্গন গড়ন এবং পুরাতন  $\text{C}-\text{X}$  বঙ্গন ভাঙ্গন সহকারে 'অস্থায়ী জটিল' সৃষ্টি হয়। শেষে  $\text{C}-\text{X}$  বঙ্গনটি ভেঙ্গে গিয়ে হ্যালাইড ( $\text{X}^-$ ) আয়ন মুক্ত হয় এবং নিউক্লিওফাইলটি  $\text{C}$ -পরমাণুর সাথে পূর্ণ সমযোজী বঙ্গনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। তখন উৎপাদ অণুর কনফিগুরেশনটি  $\text{C}$  পরমাণুর সাথে যুক্ত অন্য তিনি পরমাণু বা মূলক বাড়ে উল্টানো ছাতার মতো উল্টে গিয়ে নতুন ত্রিমাত্রিক গঠন লাভ করে। এরপে যৌগের ত্রিমাত্রিক কাঠামো পরিবর্তনকে বিজ্ঞানী পল ওয়ালডেনের নামানুসারে ওয়ালডেন ইনভার্সন (Walden inversion) বলে।



<b>MCQ-2.14 : <math>\text{S}_{\text{N}}1</math></b>	
বিক্রিয়া ক্রম ধাপে ঘটে?	
(ক) 1	(খ) 2
(গ) 3	(ঘ) 4

$\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $\text{RX}$  এর সক্রিয়তার ক্রম হলো  $1^\circ \text{RX} > 2^\circ \text{RX} > 3^\circ \text{RX}$ । অর্থাৎ  $1^\circ \text{RX}$  প্রধানত  $\text{S}_{\text{N}}2$  বিক্রিয়া,  $3^\circ \text{RX}$  প্রধানত  $\text{S}_{\text{N}}1$  বিক্রিয়া এবং  $2^\circ \text{RX}$  এর বেলায়  $\text{S}_{\text{N}}1$  ও  $\text{S}_{\text{N}}2$  সমভাবে ঘটে।

**S<sub>N</sub>1 ও S<sub>N</sub>2 বিক্রিয়ার তুলনা :****Refined Digest**

- (১) **বিক্রিয়ার ধৰণ :** S<sub>N</sub>1 এর বেলায় দু ধাপে বিক্রিয়া ঘটে। প্রথমে কাৰ্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয় এবং পরে নিউক্লিওফাইল যুক্ত হয়ে 'উৎপাদ' গঠন করে। S<sub>N</sub>2 এর বেলায় এক ধাপে বিক্রিয়া ঘটে। এক্ষেত্রে অবস্থান্তর অঙ্গীয়ান জটিল গঠিত হয়। এতে নিউক্লিওফাইল ও হ্যালোজেন পরমাণু উভয়তে আংশিক ঝণাত্মক চাৰ্জ (δ-) সৃষ্টি হয়।
- (২) **RX-এর প্ৰকৃতি :** S<sub>N</sub>1 এর বেলায় RX এর সক্রিয়তাৰ ক্রম হলো  $3^{\circ} \text{RX} > 2^{\circ} \text{RX} > 1^{\circ} \text{RX} > \text{CH}_3\text{X}$ । কিন্তু S<sub>N</sub>2 এর বেলায় RX এর সক্রিয়তাৰ ক্রম হলো S<sub>N</sub>1 এর বিপৰীত  $\text{CH}_3\text{X} > 1^{\circ} \text{RX} > 2^{\circ} \text{RX} > 3^{\circ} \text{R-X}$ ।



- (৩) **বিক্রিয়াৰ ক্রম :** S<sub>N</sub>1 বিক্রিয়া প্ৰথম ক্ৰম (first order) বিক্রিয়া অৰ্থাৎ S<sub>N</sub>1 এর বিক্রিয়াৰ হাৰ কেবল RX এৰ ঘনমাত্ৰাৰ ওপৰ নিৰ্ভৱশীল এবং S<sub>N</sub>2 বিক্রিয়া দ্বিতীয় ক্ৰম (second order) বিক্রিয়া হয় অৰ্থাৎ RX ও নিউক্লিওফাইল উভয়েৰ ঘনমাত্ৰাৰ ওপৰ নিৰ্ভৱশীল।
- (৪) **বিক্রিয়াৰ ফেক্টৰ :** S<sub>N</sub>1 এৰ গতিৰ মূলে রয়েছে ইলেক্ট্রনিক ফেক্টৰ বা অধিক শাখাযুক্ত কাৰ্বন শিকল। কিন্তু S<sub>N</sub>2 এৰ গতিৰ মূলে রয়েছে steric factor বা ত্ৰিমাত্ৰিক স্থানিক বাধা।  $1^{\circ}$  হ্যালাইডেৰ বেলায় ত্ৰিমাত্ৰিক স্থানিক বাধা কম, তাই S<sub>N</sub>2 বিক্রিয়া অধিক ঘটে।
- (৫) **নিউক্লিওফাইলেৰ ঘনমাত্ৰা :** নিউক্লিওফাইলেৰ ঘনমাত্ৰা বেশি হলো S<sub>N</sub>2 মেকানিজম এবং ঘনমাত্ৰা কম হলো S<sub>N</sub>1 মেকানিজম অনুসৃত হয়।
- (৬) **দ্রাবকেৰ প্ৰকৃতি :** অধিক পোলাৰ দ্রাবকে কাৰ্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি সহজত হয় বলে পোলাৰ দ্রাবকে S<sub>N</sub>1 মেকানিজম এবং কম পোলাৰ বা নন-পোলাৰ দ্রাবকে S<sub>N</sub>2 মেকানিজম বেশি ঘটে।
- (৭) **নিউক্লিওফাইলেৰ প্ৰকৃতি :** সবল নিউক্লিওফাইল S<sub>N</sub>2 এবং দুৰ্বল নিউক্লিওফাইল S<sub>N</sub>1 মেকানিজমেৰ গতি নিয়ন্ত্ৰণ কৰে। যেমন, নিউ-পেন্টাইল ব্ৰোমাইড সবল নিউক্লিওফাইল ইথোক্লোরাইড আয়ন (EtO<sup>-</sup>) এৰ সঙ্গে S<sub>N</sub>2 মেকানিজম, কিন্তু দুৰ্বল নিউক্লিওফাইল যেমন, পানি ও ইথানল (EtOH) এৰ সঙ্গে S<sub>N</sub>1 মেকানিজম অনুসৃণ কৰে। শক্তিশালী ক্ষাৰ EtO<sup>-</sup> দ্বাৰা RX থেকে X পৰমাণু সহজেই বিতাড়িত হয়। কিন্তু দুৰ্বল ক্ষাৰ ইথানল (EtOH) তা পারে না বলে কাৰ্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টিৰ জন্যে অপেক্ষা কৰে।
- \* **দ্রষ্টব্য :** সব নিউক্লিওফিলিক প্ৰতিজ্ঞাপন বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক যৌগেৰ আংশিক ধনাত্মক চাৰ্জযুক্ত C পৰমাণুতে ঘটে। অপৱিদিকে সব ইলেক্ট্রোফিলিক প্ৰতিজ্ঞাপন বিক্রিয়া ঘটে অ্যারোমেটিক বেনজিন বলয়ে। কাৰণ নিউক্লিওফাইলকে বেনজিন বলয়েৰ সংশ্লেষণশীল π ইলেক্ট্ৰন বিকৰণ কৰে। অনুচ্ছেদ-২.৮.৪ এৰ (খ) বেনজিনে ইলেক্ট্রোফিলিক প্ৰতিজ্ঞাপন বিক্রিয়াসমূহ দেয়া হয়েছে।

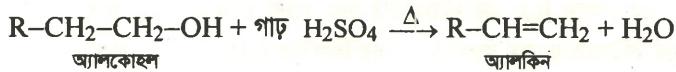
**২.১০.৩ অপসারণ বিক্রিয়া****Elimination Reaction**

অপসারণ বিক্রিয়াটি সংযোজন বিক্রিয়াৰ বিপৰীত। এ বিক্রিয়ায় সম্পৃক্ত জৈবযোগ অসম্পৃক্ত যৌগে পৱিণ্ট হয়। এক্ষেত্রে কাৰ্বন-কাৰ্বন দ্বিবন্ধন অথবা ত্ৰিবন্ধন সৃষ্টি হয়। এ অপসারণ বিক্রিয়াটি :

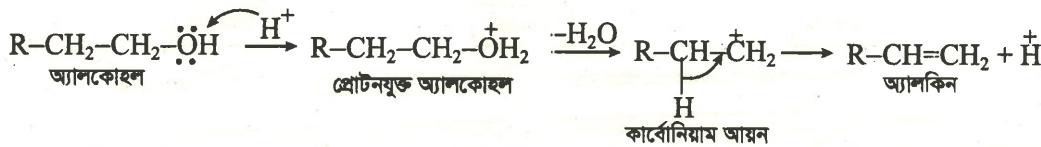
\* (১) ক্ষাৱেৰ অ্যালকোহলীয় দ্রবণে হ্যালোজেনো অ্যালকেন (R-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>X) থেকে HX অপসারণ এবং

\* (২) গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এৰ উপস্থিতিতে অ্যালকোহল (R-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH) থেকে H<sub>2</sub>O অপসারণেৰ মাধ্যমে ঘটে।

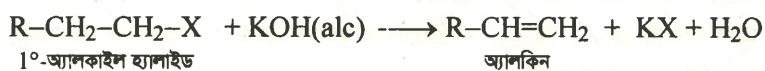
(ক) ইলেক্ট্রোফিলিক অপসারণ : অ্যালকোহল থেকে নিরুদক পদার্থ গাঢ়  $H_2SO_4$  অথবা, গাঢ়  $H_3PO_4$  এর সাহায্যে পানি-অগ্নি অপসারণ দ্বারা অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে প্রথমে অ্যালকোহলের  $OH$  মূলকে প্রোটন ( $H^+$ ) মুক্ত হয়ে প্রোটনযুক্ত অ্যালকোহল থেকে পানি-অগ্নি ( $H_2O$ ) অপসারণের মাধ্যমে কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়। পরে প্রোটন ( $H^+$ ) অপসারণের মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যেমন,



মেকানিজম :



(খ) নিউক্লিওফিলিক অপসারণ : হ্যালোজেনো অ্যালকেন থেকে অ্যালকোহলীয় ক্ষারের সাহায্যে  $HX$  অপসারণে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। প্রথমে ক্ষারের আক্রমণে (বিটা)  $\beta-H$  পরমাণু প্রোটনের পে অপসারিত হয়ে কার্বনায়ন সৃষ্টি হয়। পরে হ্যালোজেন পরমাণু হ্যালাইড আয়ন ( $X^-$ ) রূপে মুক্ত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এরপ বিক্রিয়াকে  $\beta$ -অপসারণ বিক্রিয়া বলে। যেমন,

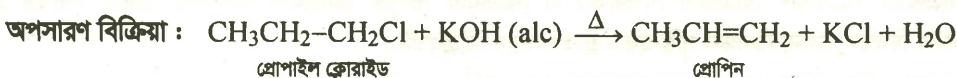


মেকানিজম :

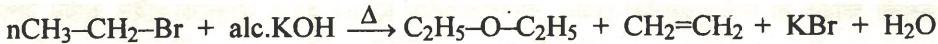


জেনে নাও: অ্যালকাইল হ্যালাইডের অপসারণ বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইলের উৎসরূপে অ্যালকোহল ( $C_2H_5-OH$ ) এ দ্রবীভূত  $NaOH$  ও সোডিয়াম ইথোআইড ( $C_2H_5ONa$ ) প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইল হলো  $OH^-$ ,  $C_2H_5O^-$  আয়ন। অ্যালকোহলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হওয়ার কারণ হলো এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইলের ঘনত্ব কম থাকা দরকার হয়। তখন বিক্রিয়ার গতি ঐ কম পরিমাণ নিউক্লিওফাইলের ( $OH^-$ ,  $C_2H_5O^-$ ) মোলার ঘনমাত্রা দ্বারা প্রভাবিত হয়। অধিকতুলন নিউক্লিওফাইল  $OH^-$  আয়নগুলো পানির তুলনায় ইথানল দ্বারা কম সলভেটেড (দ্রাবক-যোজিত) থাকে; ফলে সবল নিউক্লিওফাইল ও ক্ষারকরূপে  $OH^-$  আয়নসমূহ  $\beta-H$  কে প্রোটনের পে অপসারণ করতে পারে।

অপরদিকে জলীয় দ্রবণে  $NaOH$  ও  $KOH$  সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় এবং পানি দ্বারা অধিক সলভেটেড থাকে। ফলে ঐ সলভেটেড  $OH^-$  আয়ন দুর্বল নিউক্লিওফাইল হয়। ঐ সব দুর্বল নিউক্লিওফাইল আংশিক পোলার  $RX$  এর  $C$ -পরমাণুকে আক্রমণ করতে সক্ষম হয় এবং অপসারণ বিক্রিয়ার চেয়ে প্রতিশ্রাপন বিক্রিয়া তুলনামূলকভাবে অধিক ঘটে। মনে রাখা দরকার যে, অপসারণ বিক্রিয়ার তুলনায় প্রতিশ্রাপন বেশি ঘটে এবং অপসারণ বিক্রিয়া  $RX$ -এর অবস্থা নির্ভর দু প্রকার বিক্রিয়া হয়।



এ অপসারণ বিক্রিয়ায় ইথারও উৎপন্ন হয়। যেমন, ব্রোমোইথেন ও alc. $KOH$  এর বিক্রিয়া একই সঙ্গে ডাইইথাইল ইথার (90%) ও ইথিলিন (10%) উৎপন্ন করে।

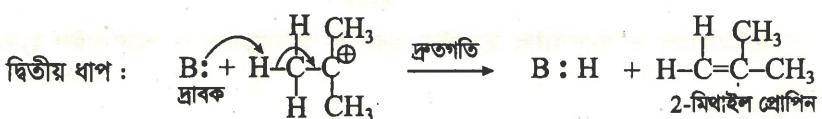
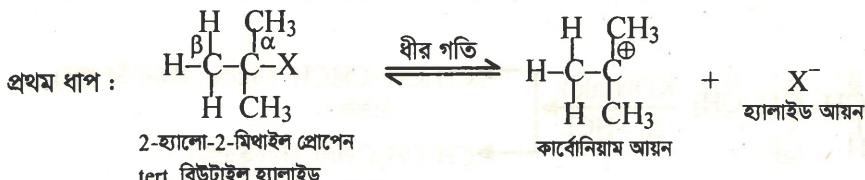


অনুরপভাবে iso-প্রোপাইল ব্রোমাইড ও alc. KOH এর বিক্রিয়ায় 80% প্রোপাইলিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু tert-বিটোইল ব্রোমাইড alc. KOH এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 100% iso-বিটোইলিন উৎপন্ন করে। এসব উদাহরণ থেকে দেখা যায় যে, অপসারণ বিক্রিয়া হ্যালোজেনো অ্যালকেনের আণবিক গঠন ধৰ্মতি (structure) এর ওপর নির্ভর করে।

### অপসারণ বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ

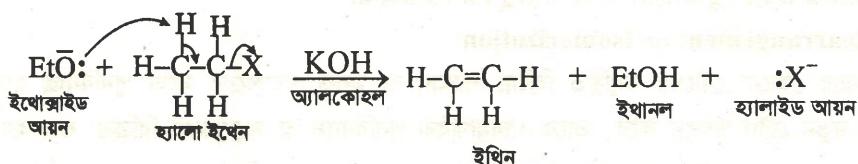
প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়ার মতো অপসারণ বিক্রিয়াও এক-আণবিক অপসারণ ( $E_1$ ) ও দ্বিআণবিক অপসারণ ( $E_2$ ) – এ দু প্রকার মেকানিজমে ঘটে। প্রধানত টারসিয়ারি হ্যালোজেনো অ্যালকেন থেকে ( $E_1$ ) মেকানিজম দ্বারা এবং প্রাইমের ও সেকেন্ডারি হ্যালোজেনো অ্যালকেন থেকে  $E_2$  মেকানিজম দ্বারা অ্যালকোহলীয় KOH এর উপস্থিতিতে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যেমন,

এক-আণবিক অপসারণ বা  $E_1$  এর মেকানিজম :  $S_N1$  প্রতিষ্ঠাপনের মেকানিজমের মতো  $E_1$  মেকানিজমও দু ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে  $R-X$  থেকে বিদ্যমান গ্রুপ হ্যালাইড আয়ন ( $:X^-$ ) ধীরগতিতে পৃথক হয়ে যায় এবং কার্বনের  $\beta$ -কার্বন থেকে একটি  $H$  পরমাণু প্রেটনরূপে অপসারিত হয়। ফলে  $\beta$ -কার্বনের মুক্ত ইলেক্ট্রনযুগল  $\alpha$  ও  $\beta$  কার্বনের মধ্যে বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে। ফলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। প্রথম ধাপ ধীরগতিতে এবং দ্বিতীয় ধাপ দ্রুতগতিতে ঘটে। যেমন,



দ্বিআণবিক অপসারণ বা  $E_2$  এর মেকানিজম : প্রতিষ্ঠাপনের  $S_N2$  মেকানিজমের মতো  $E_2$  মেকানিজমও এক ধাপে ঘটে। এ বিক্রিয়ায় ক্ষারের ( $\text{EtO}^-$  আয়ন) প্রভাবে  $\beta$ -কার্বন থেকে একটি  $H^+$  এবং বিদ্যমান গ্রুপ হ্যালাইড আয়ন ( $:X^-$ ) এক সাথে অপসারিত হয়। ফলে  $\beta$ -কার্বনের ইলেক্ট্রন যুগল  $\alpha$  ও  $\beta$  কার্বনের মধ্যে বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে।

এক্ষেত্রে ইথানলের  $K_a = 10^{-16}$  ( $25^\circ\text{C}$ ) এবং পানির  $K_a = 10^{-14}$ । খুব দূর্বল এসিডরূপে ইথানল ( $\text{EtOH}$ ) সবল ক্ষার ( $\text{KOH}$ ) দ্রবণে অঞ্চল আয়নিত হয়ে ইথোক্লাইড আয়ন উৎপন্ন করে।  $\text{EtOH} + \text{KOH} \rightleftharpoons \text{EtO}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{K}^+$



প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়া বনাম অপসারণ বিক্রিয়া : হ্যালোজেনো অ্যালকেনের সঙ্গে নিউক্লিওফিলিক বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রতিষ্ঠাপন ও অপসারণ বিক্রিয়ার মধ্যে কোন বিক্রিয়াটি প্রাথম্য লাভ করবে তা নিম্নরূপ অবস্থার ওপর নির্ভর করে।

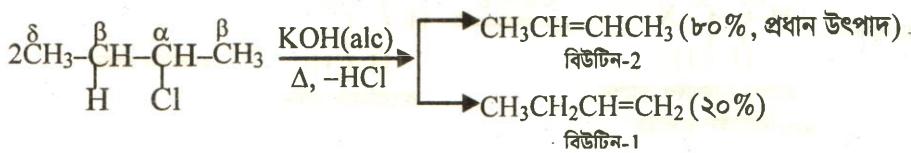
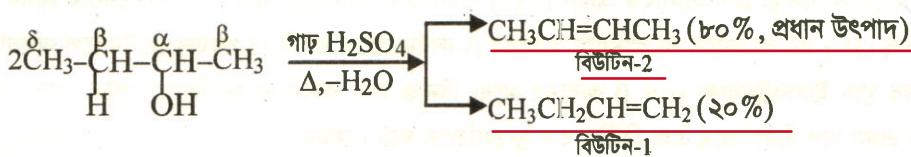
(১) হ্যালোজেনো অ্যালকেনের গঠন যতই টারসিয়ারি থেকে প্রাইমের দিকে হবে বিক্রিয়াটি ততই  $E_2$  মেকানিজমে ঘটবে। এর বিপরীতক্রমে  $S_N2$  মেকানিজম প্রাথম্য লাভ করে।

(২) শক্তিশালী ক্ষারক বা নিউক্লিওফাইল যেমন, অ্যালকোহলীয় KOH অর্থাৎ অ্যালকোআইড আয়ন অপসারণ  $E_2$  বিক্রিয়ার সহায়তা করে। কিন্তু অপেক্ষাকৃত কম শক্তিশালী ক্ষারক বা নিউক্লিওফাইল যেমন, জলীয় KOH অর্থাৎ সলভেটেড হাইড্রক্সিল আয়ন দ্বারা প্রতিটাপনে  $S_N2$  বিক্রিয়া প্রাধান্য পায়।

(৩) অধিক মেরুক দ্রাবক  $S_N1$  বিক্রিয়াকে প্রাধান্য দেয়; কিন্তু অপেক্ষাকৃত কম মেরুক দ্রাবক  $E_1$  বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। আবার  $E_2$  বিক্রিয়ায় কম মেরুক দ্রাবক ও শক্তিশালী ক্ষারক (অ্যালকোহলীয়  $EtO^-$ ) অধিক কার্যকরী; পক্ষান্তরে  $S_N2$  বিক্রিয়ায় অধিক মেরুক দ্রাবক ও কম শক্তিশালী ক্ষারক যেমন, জলীয় KOH দ্রবণ কার্যকরী হয়।

$2^{\circ}$ -অ্যালকাইল হ্যালাইড ও  $2^{\circ}$ -অ্যালকোহলের বেলায় অপসারণ বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকিন গঠন নির্মাণ সাইজেফ নিয়ম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে।

**সাইজেফ নিয়ম (Saytzeff rule):** সেকেন্ডারি অ্যালকোহল ও সেকেন্ডারি অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে যথাক্রমে পানি ( $H_2O$ ) ও HX অপসারণ বিক্রিয়ায় একাধিক অ্যালকিন উৎপন্ন হওয়ার ক্ষেত্রে অধিক শাখাযুক্ত অ্যালকিনটিই প্রধান উৎপাদ হবে। এ নিয়মটিকে  $\beta$ -অপসারণের সাইজেফ নিয়ম বলে। যেমন :



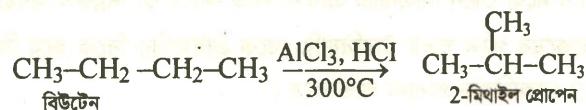
**জ্ঞেন নাও:**  $2^{\circ}$ -অ্যালকোহল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং  $3^{\circ}$ -অ্যালকোহল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড এর সকল অপসারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে —

- \* (i) দুটি সমানু উৎপন্ন হবে। উভয়ের মধ্যে অধিক শাখাযুক্ত অ্যালকিন প্রধান উৎপাদ হবে।
- \* (ii) কম steric strain এর কারণে প্রধান উৎপাদটি ট্রান্স-অ্যালকিন (অধিক ছায়া) এবং কম পরিমাণের উৎপাদটি (ii) সিস্-অ্যালকিন (কম ছায়া) হয়ে থাকে। যেমন, গাঢ়  $H_3PO_4$  ও বিউটানল-2 এর অপসারণ বিক্রিয়ায় ট্রান্স-বিউটিন-2 প্রধান বা, বেশি উৎপাদ হয় এবং সিস্-বিউটিন-1 কম উৎপাদ হয়।

## ২.১০.৮ পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমানুকরণ বিক্রিয়া

### Rearrangement or Isomerization

যে বিক্রিয়ায় কোনো যৌগের অণুষ্ঠিত বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক পরম্পরের মধ্যে পুনর্বিন্যস্ত হয়ে নতুন গাঠনিক সংকেতবিশিষ্ট নতুন যৌগ উৎপন্ন করে, তাকে পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমানুকরণ বিক্রিয়া বলা হয়। এক্ষেত্রে উভয় যৌগের আণবিক সংকেত একই হয়। যেমন, অনার্ট্রি  $AICl_3$  ও  $HC_1$  গ্যাস মিশ্রণের প্রভাবে  $300^{\circ}C$  তাপমাত্রায় বিউটেন অণুর পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমানুকরণের ফলে 2-মিথাইল প্রোপেন উৎপন্ন হয়। যেমন,

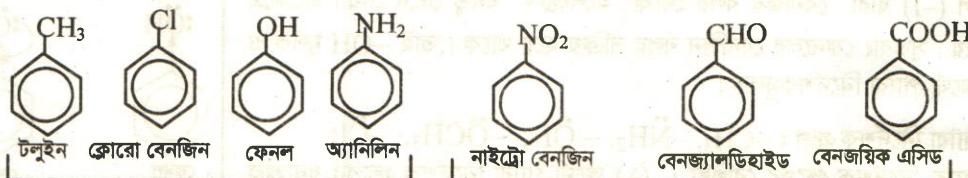


এ বিক্রিয়ায় অধিকাংশ ক্ষেত্রে কার্বন শিকলের একটি কার্বন পরমাণু থেকে এর পার্শ্বের কার্বন পরমাণুতে মূলক বা পরমাণু ছানাঞ্চিত হয়। এজন্য এরপ বিক্রিয়াকে 1, 2 শিফ্ট বা ছানাঞ্চর পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াও বলা হয়। এক্ষেত্রে চলে আসা মূলকটিকে ভ্রমকারী মূলক ( $R-$ ) বা migrating group বলা হয়।  $R$ -মূলকটি এর বক্ষন ইলেক্ট্রন-জোড় ( $R:$ ) নিয়ে এসে পুনর্বিন্যস্ত হলে একে নিউক্লিওফিলিক পুনর্বিন্যাস বলে। যদি  $R$ -মূলকটি মূল উৎসে বক্ষন ইলেক্ট্রন যুগল রেখে আসে এবং কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বোনিয়াম আয়ন ( $R^+$ ) রূপে অপর কার্বনে যুক্ত হয়, একে ইলেক্ট্রোফিলিক পুনর্বিন্যাস বলে। উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যালকেনের বেলায়  $R$  মূলকটি ফ্রি-রেডিকেল ( $R'$ ) রূপে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া করতে পারে।

## ২.১০.৫ বেনজিনে বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও ওরিয়েন্টেশন

### Multiple Substitution in Benzene and Orientation

বেনজিন বলয়ের একটি H পরমাণু যখন কোনো মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তখন উৎপন্ন যৌগকে বেনজিনের একক প্রতিস্থাপিত যৌগ বলে। যেমন,

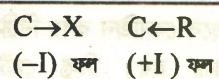


বেনজিন থেকে অধিক সক্রিয়

বেনজিন থেকে কম সক্রিয়

তখন উৎপন্ন যৌগটির সক্রিয়তা বেনজিনের সক্রিয়তার চেয়ে ভিন্ন অর্থাৎ কম বেশি হয়। যেমন, যদি প্রতিস্থাপক মূলকটি বেনজিন বলয়ের থেকে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব নিজের দিকে টেনে নেয়, তখন ঐ উৎপন্ন প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগটি বেনজিনের তুলনায় কম সক্রিয় হয়ে থাকে। যেমন, নাইট্রো বেনজিন হলো বেনজিন থেকে কম সক্রিয় এবং টলুইন ও ফেনল বেনজিন থেকে অধিক সক্রিয় হয়। এক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকের আবেশীয় ধর্ম (inductive effect) ও মেসোমারিক ফল (mesomeric effect) উৎপন্ন প্রতিস্থাপিত বেনজিন অণুতে প্রভাব সৃষ্টি করে।

আবেশীয় ফল : C পরমাণুর সাথে যুক্ত X পরমাণু দ্বারা সিগ্মা বন্ধনের পোলারিকরণকে X এর আবেশীয় ধর্ম বলে। যদি কার্বন অপেক্ষা X অধিক তড়িৎ-খণ্ডাত্মক হয় (যেমন, F, Cl, Br),



তখন X এর আবেশীয় ধর্মকে খণ্ডাত্মক আবেশীয় ফল (-I) বলে। আবার অ্যালকাইল মূলক  $R-($ যেমন,  $CH_3-, C_2H_5-$ ) থেকে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব সিগ্মা বন্ধনের কার্বন পরমাণুর দিকে সরে যায়, তাকে অ্যালকাইল মূলকের ধনাত্মক আবেশীয় ফল (+I) বলা হয়। যেমন,

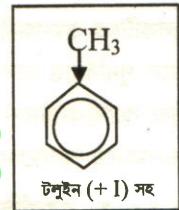
মেসোমারিক ফল : কার্বন পরমাণু ও অধিক তড়িৎ-খণ্ডাত্মক মৌলের (O) পরমাণুর মধ্যবর্তী পাই ( $\pi$ ) বন্ধন পোলারিত হয়ে পড়ে। অধিক তড়িৎ-খণ্ডাত্মক পরমাণুর দিকে পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের ইলেক্ট্রন ছানাঞ্চরণকে মেসোমারিক (M) ফল বলে। একান্তর O বন্ধন ও  $\pi$  বন্ধনের কার্বন শিকলের সাথে একুপ খণ্ডাত্মক পরমাণু যুক্ত থাকলে  $\pi$  ইলেক্ট্রনের ছানাঞ্চরণ সহজে হয়। কনজুগেট  $\pi$  বন্ধন মেসোমারিক ফলের সহায়ক বলে একে কনজুগেট ফলও বলে। আবেশীয় ফলের মতো মেসোমারিক ফল ধনাত্মক (+M) ও খণ্ডাত্মক (-M) হতে পারে।

খণ্ডাত্মক মেসোমারিক ফল : খণ্ডাত্মক পরমাণু বা মূলকের দিকে  $\pi$  ইলেক্ট্রনের স্থায়ী ছানাঞ্চরণকে খণ্ডাত্মক মেসোমারিক ফল (-M) বলে। যেমন,  $\text{C=O}, \text{C}\equiv\text{N}, -\text{NO}_2, -\text{SO}_3\text{H}$  ইত্যাদির ‘-M ফল’ আছে।

ধনাত্মক মেসোমারিক ফল : খণ্ডাত্মক পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনযুগল একান্তর দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন শিকল বা বলয়ের দিকে ছানাঞ্চরণ হলে, তাকে ধনাত্মক মেসোমারিক (+M) ফল বলে। যেমন,  $-\ddot{\text{O}}\text{H}, -\ddot{\text{N}}\text{H}_2, -\ddot{\text{N}}\text{HCOCH}_3, \cdot\ddot{\text{C}}\text{l}$ :

ইত্যাদি একান্তর দ্বিবন্ধনে যুক্ত থাকলে ' $+M$  ফল' ঘটে। ফেনলে  $-OH$  মূলকের ' $+M$  ফল' কার্যকরী থাকে। ধনাত্মক মেসোমারিক ফল ( $+M$ ) যুক্ত মূলক বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক হয়।

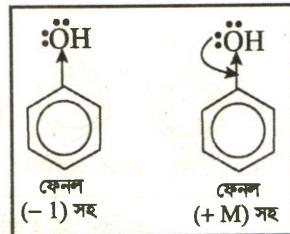
(ক) বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক : ধনাত্মক আবেশীয় ফল (+I) বিশিষ্ট মূলক যেমন,  $-CH_3$  মূলক,  $-OH$  মূলক ও  $-NH_2$  মূলক বেনজিন বলয়ে যুক্ত থাকলে তখন এসব মূলক বেনজিন বলয়কে ইলেক্ট্রন প্রদান করে অনুরোধ সহজে করে। তখন বেনজিন বলয়ে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়; ফলে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিজ্ঞাপন সহজে ঘটতে পারে। একে বেনজিন বলয় **সক্রিয়করণ বলা হয়** এবং এসব মূলককে বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক ও অর্থো-প্যারা নির্দেশক



**মূলক বলে।** যেমন,  $NO_2^+$  মূলক দ্বারা টলুইন সহজে আক্রান্ত হয়। প্রতিজ্ঞাপক  $-OH$  মূলকের বেলায় (এবং Cl পরমাণুর বেলায়) বেনজিন বলয়ে ইলেক্ট্রন আদান-প্রদান একটু জটিল। এক্ষেত্রে  $-OH$  মূলকের খণ্ডাত্মক আবেশীয় ফল (-I) ও ধনাত্মক মেসোমারিক ফল উভয়েই (-M) ক্রিয়া করে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ বেনজিন বলয় অধিক সক্রিয় হয়। অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন ছানান্তরকরণ বাঁকা তীর দ্বারা দেখানো হলো। কিন্তু খণ্ডাত্মক আবেশীয় ফল (-I) দ্বারা বেনজিন বলয় থেকে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব টেনে নেয়। এক্ষেত্রে  $+M > -I$  হয়। সুতরাং ফেনলের বেনজিন বলয় সক্রিয় হয়ে থাকে। তাই  $-OH$  মূলক ও Cl-পরমাণু অর্থো-প্যারা নির্দেশকমূলক। [MAT-16-12] [MAT-21-22]

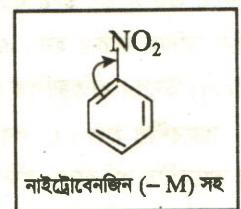
অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপ :  $-CH_3$ ,  $-NH_2$ ,  $-\ddot{O}H$ ,  $-\ddot{O}CH_3$ ,  $-\ddot{Cl}$ :

অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের বৈশিষ্ট্য : (১) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের ধনাত্মক আবেশীয় ধর্ম (+ 1) থাকে। যেমন, অ্যালকাইল মূলকসমূহ,  $-CH_3$ ,  $-C_2H_5$  ইত্যাদি।



(২) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের কমপক্ষে একটি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনযুগ্ম থাকে, যা ধনাত্মক মেসোমারিক ফল ঘটাতে পারে। যেমন,  $-NH_2$ ,  $-\ddot{O}H$ ,  $-\ddot{O}CH_3$ ,  $-\ddot{Cl}$ : ইত্যাদি।

(খ) বেনজিন বলয় নিষ্ঠিয়কারী মূলক : খণ্ডাত্মক মেসোমারিক ফল (-M) বিশিষ্ট মূলক যেমন,  $-NO_2$  মূলক,  $-CHO$  মূলক ও  $-SO_3H$  মূলক বেনজিন বলয় থেকে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব নিজের দিকে টেনে নিয়ে বেনজিন বলয়ে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব ব্রাস করে; একে বেনজিন বলয় নিষ্ঠিয়করণ বলা হয় এবং এসব মূলককে বেনজিন বলয় নিষ্ঠিয়কারী মূলক বলা হয়। কিন্তু মেটা অবস্থানে তুলনামূলকভাবে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেশি থাকে। তাই আগমনকারী দ্বিতীয় ইলেক্ট্রোফাইল মূলকটি মেটা অর্থাৎ 3-অবস্থানে প্রবেশ করে। এজন্য বেনজিন বলয় নিষ্ঠিয়কারী মূলককে মেটা নির্দেশক মূলকও বলা হয়। যেমন, বেনজিন বলয় থেকে  $-NO_2$  মূলক ইলেক্ট্রন ঘনত্ব টেনে নেয়; তাই নাইট্রোবেনজিন দ্বিতীয়বার সহজে  $-\dot{NO}_2$  মূলক দ্বারা আক্রান্ত হয় না। অধিক তাপে আক্রান্ত হয়।



মেটা নির্দেশক গ্রুপসমূহ :  $\begin{matrix} O \\ || \\ -N=O \end{matrix}$ ,  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C-H \end{matrix}$ ,  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C-OH \end{matrix}$ ,  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C\equiv N \end{matrix}$  গ্রুপ ইত্যাদি। [MAT-11-12]

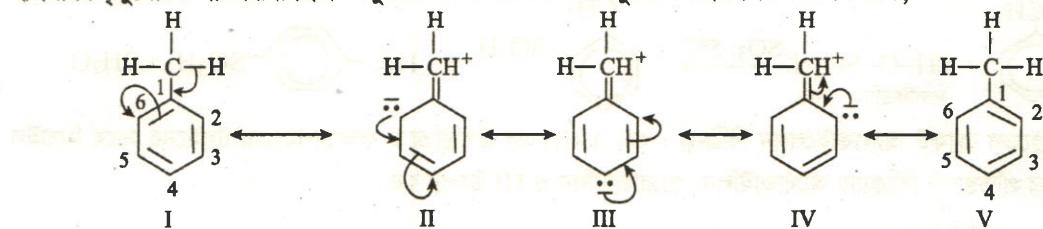
মেটা নির্দেশক গ্রুপের বৈশিষ্ট্য : (১) মেটা নির্দেশক গ্রুপ O পরমাণুর সাথে দ্বিবন্ধন থাকে; যেমন নাইট্রো গ্রুপ  $\begin{matrix} O \\ || \\ -N=O \end{matrix}$ ; অ্যালডিহাইড গ্রুপ  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C-H \end{matrix}$ ; কার্বক্সিল গ্রুপ  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C-OH \end{matrix}$  অথবা কার্বন নাইট্রাজেন পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধন থাকে; যেমন সায়ানাইড গ্রুপ  $\begin{matrix} O \\ || \\ -C\equiv N \end{matrix}$  ইত্যাদি।

(ক) বেনজিন বলয়ে দ্বি-প্রতিজ্ঞাপন : বেনজিন বলয়ে উপর্যুক্ত প্রথম প্রতিজ্ঞাপক যেমন  $-CH_3$ ,  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-NO_2$  মূলকের মধ্যে কোন ধরনের আবেশীয় ফল ও মেসোমারিক ফল রয়েছে, তার ওপর নির্ভর করে বেনজিন বলয়ে দ্বি-প্রতিজ্ঞাপক

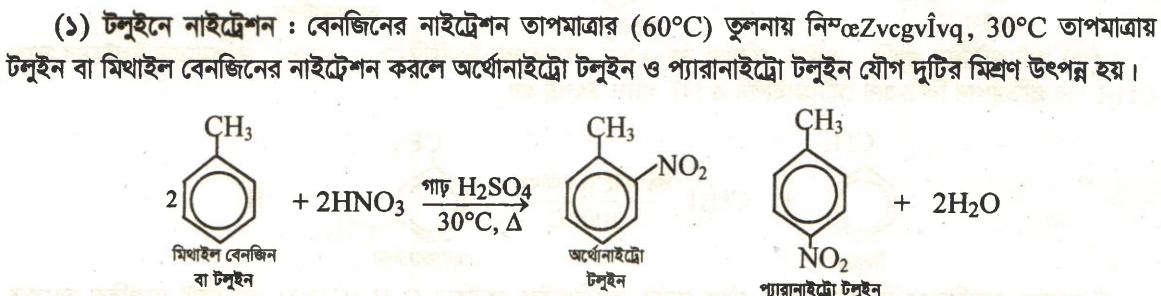
মূলককে অর্থো-প্যারা অথবা মেটা অবস্থানে প্রবেশ করতে হয় এবং ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার গতিও প্রথম প্রতিস্থাপক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। যেমন,

### টলুইনের বেনজিন বলয়ে (-CH<sub>3</sub>) মূলকের প্রভাব

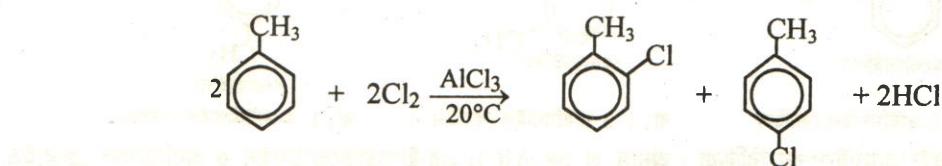
মিথাইল (-CH<sub>3</sub>) মূলকের প্রভাবে বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে। তখন অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পেয়ে বেনজিন বলয়টি অধিক সক্রিয় হয়। এক্ষেত্রে -CH<sub>3</sub> মূলকে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল না থাকা সত্ত্বেও বেনজিনের কনজুগেট দ্বিবন্ধনের সাথে যুক্ত -CH<sub>3</sub> মূলকের C-H বন্ধনের সিগমা (σ) ইলেক্ট্রনসংয় বেনজিন বলয়ে হাইপারকন্জুগেটিভ বা 'বন্ধনবিহীন' অনুরণন নামে এক বিশেষ অনুরণনে অংশগ্রহণ করে। যেমন,



অনুরণনের ফলে হাইব্রিড গঠন, II, III ও IV এ অর্থাৎ দুটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ঝণাঝুক চার্জ স্থিত হয়েছে এবং এসব স্থানে ইলেক্ট্রোফাইল, নাইট্রেশন তাপমাত্রার (60°C) তুলনায় নিম্ন Zvcgvivq, 30°C তাপমাত্রায় টলুইন বা মিথাইল বেনজিনের নাইট্রেশন করলে অর্থোনাইট্রো টলুইন ও প্যারানাইট্রো টলুইন যৌগ দুটির মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



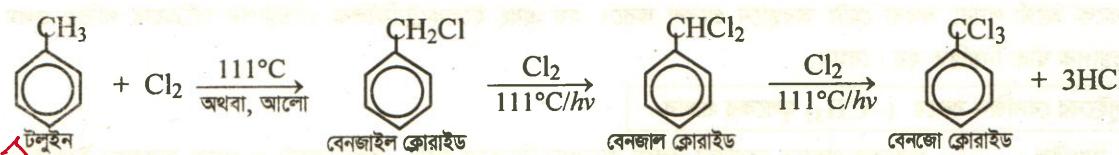
(২) টলুইন ক্লোরিনেশন : হ্যালোজেন বাহক শক্ত AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, আয়রন গুঁড়া বা আয়োডিনের গুঁড়ার উপস্থিতিতে কিন্তু সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে 20°C-এ টলুইন ও Cl<sub>2</sub> এর ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থোক্লোরো টলুইন, প্যারাক্লোরো টলুইন ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।



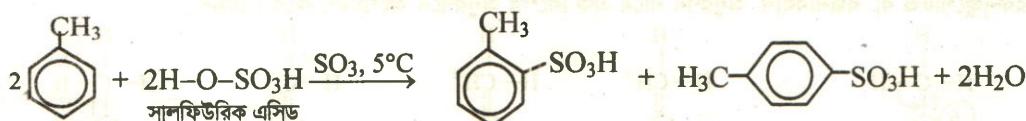
\* অপরদিকে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে অথবা ফুটস্ট টলুইনের সাথে 111°C-এ Cl<sub>2</sub> এর ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজমের মাধ্যমে টলুইনের পার্শ্ব শিকল মিথাইল মূলক (-CH<sub>3</sub> এ) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারা যথাক্রমে বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজাল ক্লোরাইড এবং শেষে বেনজোক্লোরাইড ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।

[ জেনে নাও : বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত অ্যালকাইল মূলকটিকে অ্যারোমেটিক যৌগের পার্শ্ব শিকল বলে এবং পার্শ্ব শিকল বাদে অবশিষ্ট বেনজিনয়েড বলয়টিকে অ্যারোমেটিক নিউক্লিয়াস বলে। ]

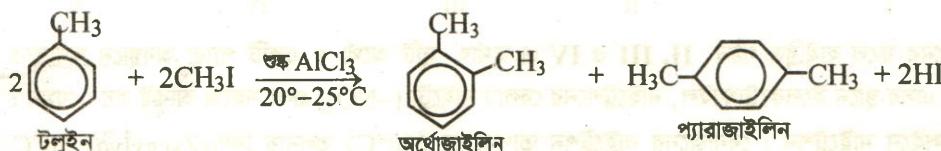




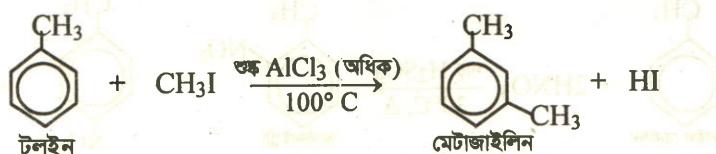
(৩) টলুইনে সালফোনেশন : ধূমায়িত  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর সাথে টলুইন  $5^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে অর্থোটলুইন সালফোনিক এসিড ও প্যারাটলুইন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন করে। কক্ষতাপমাত্রার নিচে বিক্রিয়া ঘটায় বেনজিনের চেয়ে টলুইন বেশি সক্রিয় হয়েছে বোঝায়।



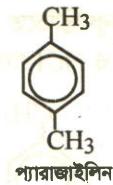
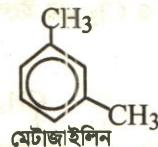
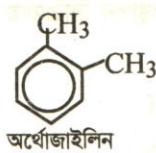
(৪) ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়া : শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  এর উপস্থিতিতে কক্ষতাপমাত্রায় টলুইনের সাথে মিথাইল আয়োডাইডের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থোজাইলিন, প্যারাজাইলিন ও  $\text{HI}$  উৎপন্ন হয়।



(৫) মেটাজাইলিন প্রস্তুতি : অধিক পরিমাণ শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  প্রভাবকের উপস্থিতিতে ও  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় টলুইনের সাথে  $\text{CH}_3\text{I}$  এর প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় মেটাজাইলিন ও  $\text{HI}$  গ্যাস উৎপন্ন হয়।



\* সূতরাং বেনজিনের দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগ যেমন ডাইমিথাইল বেনজিন  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$  এর একই আণবিক সংকেত ক্ষিতি ভিন্ন গাঠনিক সংকেতেযুক্ত নিম্নোক্ত তিনটি সমাগু আছে।

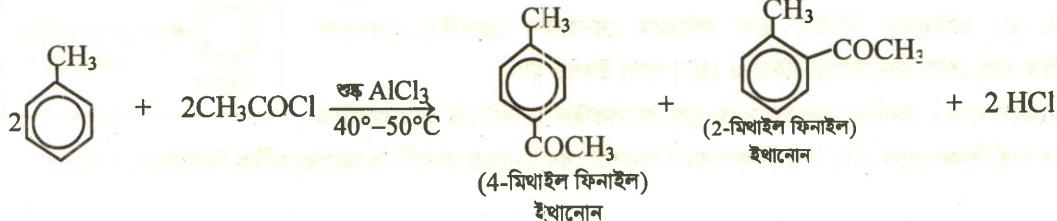


বা, 1, 2-ডাইমিথাইল বেনজিন

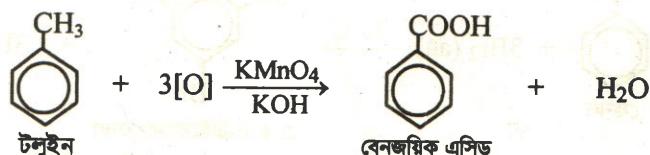
বা, 1, 3-ডাইমিথাইল বেনজিন

বা, 1, 4-ডাইমিথাইল বেনজিন

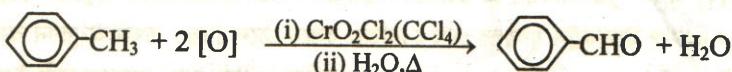
(৬) ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া : অনুর্দ্ব বা শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  এর উপস্থিতিতে টলুইন ও অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ ) এর মিশ্রণকে  $40^\circ-50^\circ\text{C}$  এ উত্তপ্ত করলে প্রধানত (4-মিথাইল ফিনাইল) ইথানোন বা, 4-মিথাইল অ্যাসিটোফেনেন ও 2-মিথাইল অ্যাসিটোফেনেন উৎপন্ন হয়।



(৭) টলুইনের পার্থিফিক্স জারণ : তীব্র জারক যেমন, ক্রোমিক এসিড ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), ক্ষারীয়  $\text{KMnO}_4$  অথবা ফুট্ট লঘু  $\text{HNO}_3$  এর সাহায্যে টলুইনকে জারিত করলে পার্থিফিক্স মিথাইল (- $\text{CH}_3$ ) মূলকের পূর্ণ জারণের ফলে বেনজিয়িক এসিড ও পানি উৎপন্ন হয়।

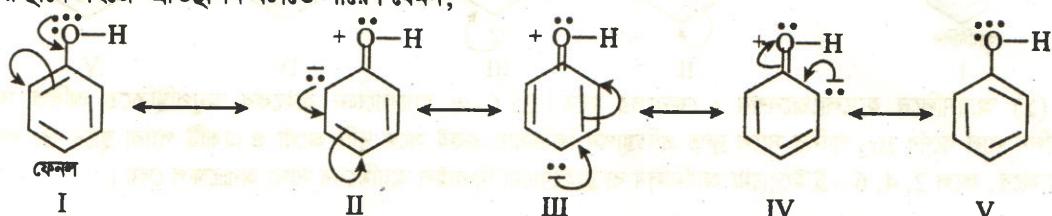


অপরদিকে, মৃদু জারকসহযোগে নিম্নরূপে Etard Reaction দ্বারা বেনজালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়। যেমন, টলুইনকে নিম্ন দ্রাবক  $\text{CS}_2$  অথবা  $\text{CCl}_4$  তরলে দ্রবীভূত করে মৃদু জারক ক্রোমাইল ক্লোরাইড ( $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ ) যোগ করলে বাদামি বর্ণের ইটার্ড কমপ্লেক্স উৎপন্ন হয়। পরে এটিকে আর্দ্র-বিশ্রেষণ করলে বেনজ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। Etard বিক্রিয়া হলো টলুইনের বেনজিন বলয়ের - $\text{CH}_3$  মূলককে - $\text{CHO}$  মূলকে জারিত করার সহজ পদ্ধতি।

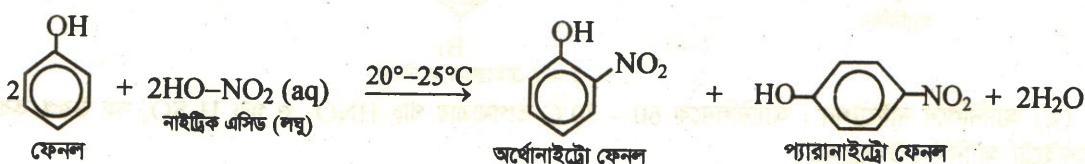


\* ফেনলের বেনজিন বলয়ে -OH মূলকের প্রভাব

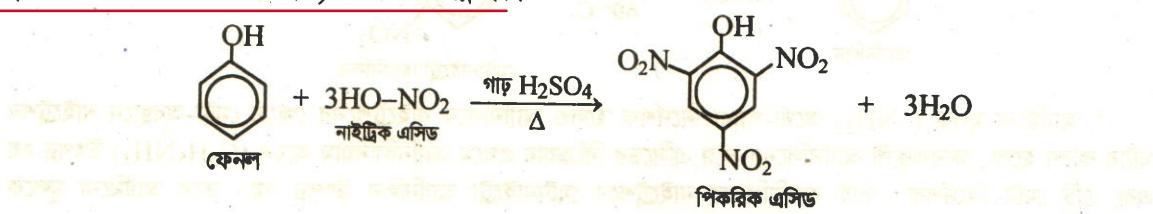
বেনজিন বলয়ে -OH মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যৌগকে ফেনল বলে। ফেনল অগুতে -OH মূলকের ‘ধনাত্মক মেসোমারিক ফল’ দ্বারা -OH মূলকের নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনযুগলের মেঝে বেনজিন বলয়ে ঠিলে দেয়। তখন নিম্নরূপে বেনজিন বলয়ে অনুরণন ঘটে। ফলে -OH মূলকের অর্ধে ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়; তখন আগমনকারী ইলেক্ট্রোফাইল ঐ সব সক্রিয় স্থানে সহজে প্রতিজ্ঞাপন ঘটাতে পারে। যেমন,



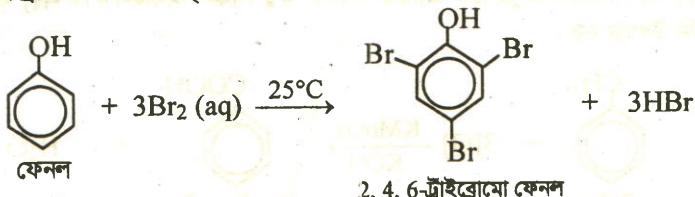
(১) ফেনলের নাইট্রেশন : বেনজিনের নাইট্রেশন  $60^\circ\text{C}$ -এ গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর উপরিতে গাঢ়  $\text{HNO}_3$  সহ ঘটলেও ফেনলের নাইট্রেশন  $25^\circ\text{C}$ -এ লঘু  $\text{HNO}_3$  সহযোগে ঘটে। ফলে অর্ধেনাইট্রো ও প্যারানাইট্রো ফেনল সমান উৎপন্ন হয়। এতে প্রমাণিত হয় -OH মূলক বেনজিন বলয়কে অধিক সক্রিয় করেছে।



ফেনল থেকে পিকরিক এসিড : গাঢ়  $\text{HNO}_3$  ও গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর মিশ্রণের সাথে ফেনলের বিক্রিয়া এক সঙ্গে তিনটি নাইট্রো ফল দ্বারা ফেনলের বেনজিন বলয়ে প্রতিজ্ঞাপন ঘটে। ফলে 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রো ফেনল বা পিকরিক এসিড (পোড়া তৃকে অ্যান্টিসেপ্টিকরূপে ব্যবহৃত) ও পানি উৎপন্ন হয়।



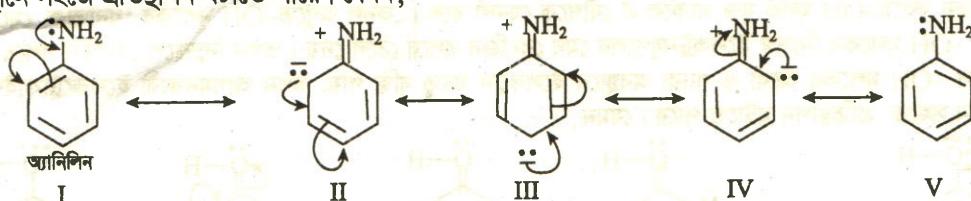
(২) ফেনলে হ্যালোজেনেশন :  $25^{\circ}\text{C}$ -এ হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে ফেনলের মধ্যে লাল বর্ণের  $\text{Br}_2$  পানি যোগ করলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো ফেনলের হল্দে সাদা অধঃক্ষেপ ও  $\text{HBr}$  উৎপন্ন হয়।



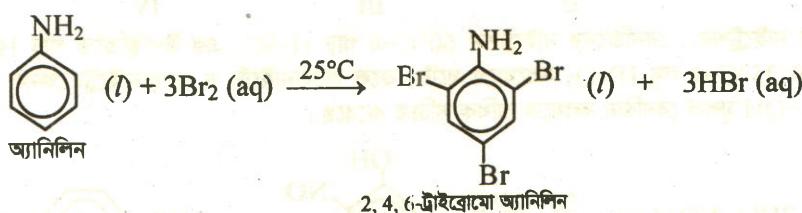
এক্ষেত্রে  $-\text{OH}$  মূলক বেনজিন বলয়ে এর অর্থে ও প্যারা অবস্থানগুলোকে অধিক সক্রিয় করেছে প্রমাণিত হয়। তাই এ সব সক্রিয় স্থানে এক সঙ্গে  $\text{Br}_2$  দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটেছে। এ বিভিন্নার সাহায্যে ফেনল শনাক্ত করা হয়।

#### \* অ্যানিলিনের বেনজিন বলয়ে $-\text{NH}_2$ মূলকের প্রভাব

বেনজিন বলয়ে  $-\text{NH}_2$  মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যোগকে অ্যানিলিন বলে। অ্যানিলিন অণুতে  $-\text{NH}_2$  মূলক ‘ধনাত্মক মেসোমারিক ফল’ দ্বারা এর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগলের মেঘ বেনজিন বলয়ে ঠেলে দেয়। তখন অনুরণন কাঠামো II – IV মতে অর্থে ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পেয়ে বেনজিন বলয় অধিক সক্রিয় হয়। আগমনকারী ইলেক্ট্রোফাইল এ সব সক্রিয় স্থানে সহজে প্রতিস্থাপন ঘটাতে পারে। যেমন,

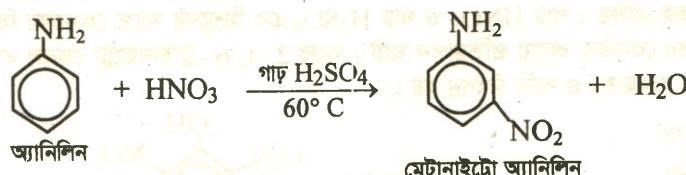


(১) অ্যানিলিনে হ্যালোজেনেশন : ফেনলের মতো  $25^{\circ}\text{C}$ -এ হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে অধিক সক্রিয় অ্যানিলিন লাল বর্ণের  $\text{Br}_2$  পানির সাথে দ্রুত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে দুটি অর্থে ও একটি প্যারা স্থানে  $\text{Br}$  পরমাণু প্রবেশ করে, ফলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো অ্যানিলিন বা ট্রাইব্রোমো ফিনাইল অ্যামিনের সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।



2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো অ্যানিলিন

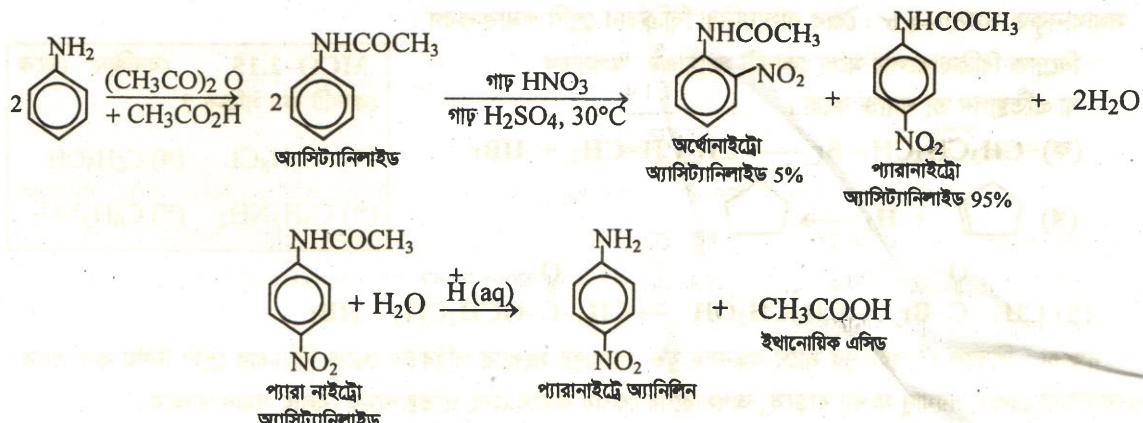
(২) অ্যানিলিনে নাইট্রোজেন : অ্যানিলিনকে  $60^{\circ}-70^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় গাঢ়  $\text{HNO}_3$  ও গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  সহ উত্তপ্ত করলে মেটানাইট্রো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।



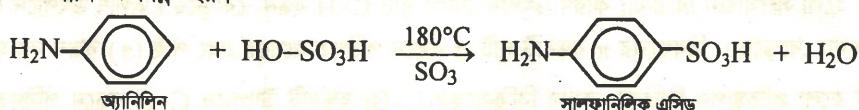
মেটানাইট্রো অ্যানিলিন

\* অ্যামিনো মূলক ( $-\text{NH}_2$ ) অর্থে-প্যারা নির্দেশক হলেও অ্যানিলিনে নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে মেটা-অবস্থানে নাইট্রোজেন ঘটার কারণ হলো, ক্ষারকরূপী অ্যানিলিনের সঙ্গে এসিডের বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যানিলিনিয়াম আয়ন ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$ ) উৎপন্ন হয় এবং এটি মেটা নির্দেশক। তাই অ্যানিলিনের নাইট্রোজেনে মেটানাইট্রো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। তবে অ্যামিনো মূলকে অ্যাসিটাইলকরণের পর নাইট্রোজেন করলে অর্থে ও প্যারা উৎপাদ পাওয়া যায়।

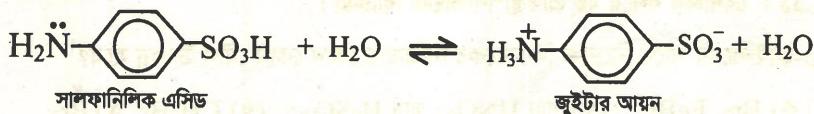
(৩) অর্ধে-প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিন প্রস্তুতি : অ্যানিলিন বা ফিনাইল অ্যামিনকে প্রথমে অ্যাসিটিক এসিড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড  $[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$  মিশ্রণ দ্বারা অ্যাসিটাইলকরণ করে N ইথানোয়িক ফিনাইল অ্যাসিট্যানিলাইডে পরিণত করা হয়। অতঃপর অ্যাসিট্যানিলাইডকে গাঢ় HNO<sub>3</sub> ও গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এর মিশ্রণ দ্বারা নাইট্রোশন করা হয়। যেহেতু -NHCOCH<sub>3</sub> (অ্যাসিটাইল অ্যামিনো) মূলকটি অর্ধে ও প্যারা নির্দেশক ; তাই অর্ধে ও প্যারা অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সমান্তরালে পৃথক করে লঘু H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অর্ধে নাইট্রো অ্যানিলিন এবং প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিন বা 4-নাইট্রো ফিনাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।



(৪) অ্যানিলিনে সালফোনেশন : অ্যানিলিন বা ফিনাইল অ্যামিনকে SO<sub>3</sub> মিশ্রিত ধূমায়িত সালফিটরিক এসিডের সাথে 180° – 200°C তাপমাত্রায় উত্তোলন করলে উভয়ের বিক্রিয়ার ফলে 4-অ্যামিনো বেনজিন সালফোনিক এসিড বা সালফানিলিক এসিড ও পানি উৎপন্ন হয়।

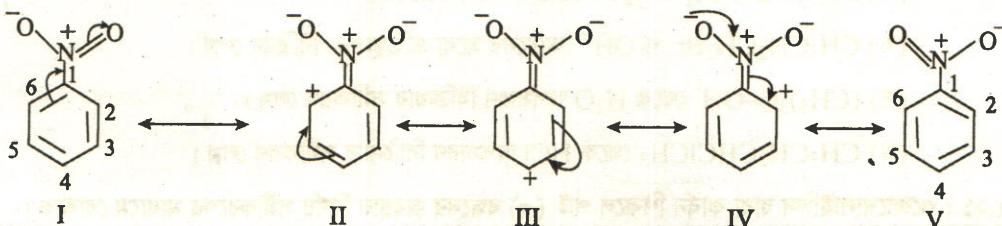


বৈশিষ্ট্য : সালফানিলিক এসিড জলীয় দ্রবণে 'জুইটার আয়ন' গঠন করতে পারে। কারণ একই অণুতে ক্ষারধর্মী -NH<sub>2</sub> মূলক ও অঙ্গীয় -SO<sub>3</sub>H মূলক বর্তমান।

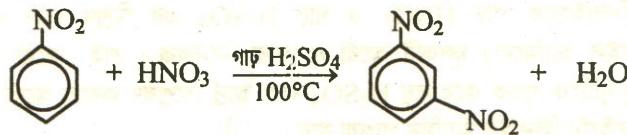


#### \* নাইট্রো বেনজিনের বেনজিন বলয়ে -NO<sub>2</sub> মূলকের প্রভাব

নাইট্রো মূলকের ঝণাত্তক মেসোমারিক ফলের প্রভাবে বেনজিন বলয়ের π ইলেক্ট্রন মেঘ নিজের দিকে টেনে নেয়। তখন বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে। ফলে অনুরণন কাঠামো II – IV মতে অর্ধে ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব হ্রাস পায়; অর্থাৎ বেনজিন বলয়টি কিছুটা নিচ্ছিয় হয়। তখন তুলনামূলকভাবে মেটা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেশি থাকে। তাই ইলেক্ট্রোফাইল উচ্চ মেটা স্থানে প্রতিষ্ঠাপন ঘটাতে পারে।

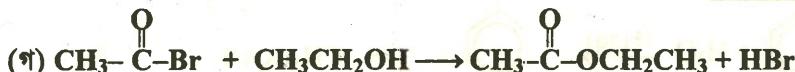
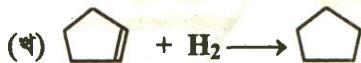


যেমন, বেনজিনকে  $60^{\circ}\text{C}$ -এ নাইট্রেশন করলে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু নাইট্রোবেনজিনকে  $100^{\circ}\text{C}$ -এ নাইট্রেশন করলে ১, ৩-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। এতে প্রমাণিত হয় বেনজিনের চেয়ে নাইট্রোবেনজিন কম সক্রিয় হয়েছে।



সমাধানকৃত সমস্যা-২.৮ : জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণি শনাক্তকরণ :

নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলোর মধ্যে কোনটি সংযোজন, অপসারণ  
বা প্রতিষ্ঠাপন তা শনাক্ত করো।



MCQ-2.15 : বেনজিন থেকে  
কোনটি কম সক্রিয় ?

(ক)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$  (খ)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

(গ)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  (ঘ)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$

দক্ষতা : শিকলে C-পরমাণুর সাথে বক্ষনসহ যুক্ত পরমাণুর সংখ্যার পরিবর্তন থেকে বিক্রিয়ার শ্রেণি নির্ণয় করা যাবে।  
সংযোজনের বেলায় পরমাণু সংখ্যা বাড়বে, অপসারণের বেলায় কমবে এবং প্রতিষ্ঠাপনের বেলায় সমান থাকবে।

সমাধান : (ক) এটি হলো অপসারণ বিক্রিয়া; কারণ এক্ষেত্রে বিক্রিয়কের C-H ও C-Br বক্ষন দুটি উৎপাদের অণুতে নেই। অর্থাৎ উৎপাদে C পরমাণুর সাথে যুক্ত পরমাণুর সংখ্যা কমেছে এবং পাই (পি) বক্ষন সৃষ্টি হয়েছে।

(খ) এটি হলো সংযোজন বিক্রিয়া; কারণ উৎপাদ যৌগে দুটি C-H বক্ষন বেড়েছে। অর্থাৎ উৎপাদে C পরমাণুর সাথে যুক্ত পরমাণু সংখ্যা বেড়েছে। দ্বিবক্ষনের  $\pi$  বক্ষনটি দুটি O বক্ষনে পরিণত হয়েছে এবং পাই (পি) বক্ষন দ্রু হয়েছে।

(গ) এটি হলো প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়া; কারণ বিক্রিয়কের C-Br বক্ষনটি উৎপাদে C-O বক্ষনে পরিণত হয়েছে। অর্থাৎ C-পরমাণুর সাথে বিক্রিয়ক ও উৎপাদে সমান সংখ্যক পরমাণু বক্ষনযুক্ত আছে।

শিক্ষার্থীর কাজ-২.১১ : বেনজিন বলয়ে বহু প্রতিষ্ঠাপনভিত্তিক বিক্রিয়া :

সমস্যা- ২.১৮ : p-জাইলিনের সাথে নিম্নোক্ত বিকারকের বিক্রিয়ায় কোন্ কোন্ যৌগ উৎপন্ন হবে?

(ক)  $\text{Br}_2, \text{FeBr}_3$ ; (খ) গাঢ়  $\text{HNO}_3$ ; গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; (গ)  $\text{CH}_3\text{Br}, \text{AlBr}_3$

সমস্যা-২.১৯ : টলুইনের সাথে  $\text{Br}_2$  ( $\text{FeBr}_3$ ) এর বিক্রিয়ায় তিনটি দ্বি-প্রতিষ্ঠাপিত উৎপাদ পাওয়া যায়। প্রত্যেক উৎপাদের গাঠনিক সংকেত ও IUPAC নাম লেখ।

সমস্যা-২.২০ : জৈব বিক্রিয়ার শ্রেণি মতে, সমতাযুক্ত সমীকরণ লেখ :

(ক) বিউটিন-২ ও  $\text{Cl}_2$  এর যুক্ত বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ :

(খ)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$  ও  $\text{OH}^-$  আয়ানের মধ্যে প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়া লেখ।

(গ)  $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}$  থেকে  $\text{H}_2\text{O}$  অপসারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

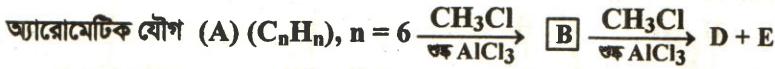
(ঘ)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHClCH}_3$  থেকে  $\text{HCl}$  অপসারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

সমস্যা - ২.২১ : ওজোনোলাইসিস দ্বারা কার্বন শিকলে পাই (পি) বক্ষনের অবস্থান নির্ণয় সমীকরণের মাধ্যমে বোঝাও।

সমাধানকৃত সমস্যা-২.৯ : বেনজিন সংশ্লিষ্ট রসায়ন :

বিচের উদ্দীপক মতে সংশ্লিষ্ট সমস্যা সমাধান করো :

[য. বো. ২০১৬]



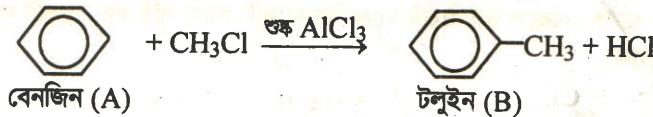
(ক) A যৌগ থেকে B যৌগ প্রস্তুতির বিক্রিয়ার মেকানিজম বা কৌশল ব্যাখ্যা করো।

(খ) উদ্দীপক মতে, B যৌগ থেকে দুটি ভিন্ন উৎপাদ সৃষ্টি হওয়ার ঘোষিতক মূল্যায়ন করো।

সমাধান : (ক) A যৌগ থেকে B যৌগের প্রস্তুতির মেকানিজম :

উদ্দীপক মতে,  $\text{C}_n\text{H}_n$  সংকেতব্যুক্ত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনটি হলো ছয় কার্বন ( $n = 6$ ) বিশিষ্ট বেনজিন  $\text{C}_6\text{H}_6$ ।

বেনজিন শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  (শুইস এসিড) এর উপস্থিতিতে  $\text{CH}_3\text{Cl}$  এর সাথে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ট্লুইন উৎপন্ন করে। যেমন,

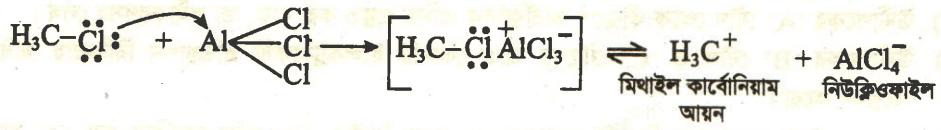


এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বলা হয়। এ বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম হলো নিম্নরূপ :

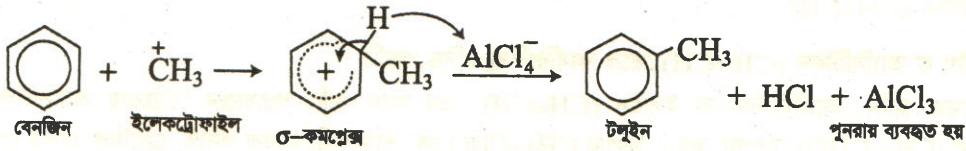
ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়াটি হলো বেনজিন চক্রে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

- (১) তাই প্রথম ধাপে ইলেক্ট্রোফাইল মিথাইল কার্বোনিয়াম ( $\text{CH}_3^+$ ) আয়ন বিক্রিয়া পরিবেশে মিথাইল ক্লোরাইড ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) থেকে শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$ -এর (শুইস এসিড) প্রভাবে উৎপন্ন হয়।
- (২) ২য় ধাপে ঐ কার্বোনিয়াম আয়ন বেনজিনয়ে পি ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা কমপ্লেক্স গঠন করে।
- (৩) শেষ ধাপে বিক্রিয়া পরিবেশে থাকা নিউক্লিওফাইল ( $\text{AlCl}_4^-$ ) এর সংস্পর্শে কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন ( $\text{H}^+$ ) অপসারিত হয়ে উৎপাদ যৌগ ট্লুইন সৃষ্টি হয়। যেমন,

(i) ইলেক্ট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল সৃষ্টি :



(ii) ইলেক্ট্রোফাইল দ্বারা বেনজিনয়ে কমপ্লেক্স গঠন এবং শেষে ট্লুইন উৎপন্ন হয় :

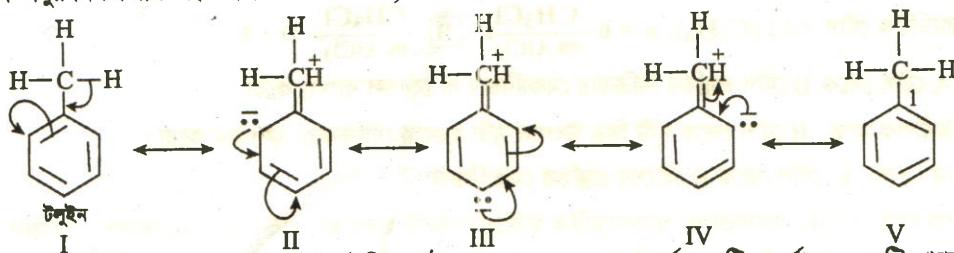


সমাধান : (খ) B যৌগ (ট্লুইন) থেকে পুনরায় শুষ্ক  $\text{AlCl}_3$  এর উপস্থিতিতে  $\text{CH}_3\text{Cl}$  এর সাথে ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন দ্বারা দুটি ভিন্ন সমাগু সৃষ্টি হয়। এ সমাগু দুটি হলো D ও E।

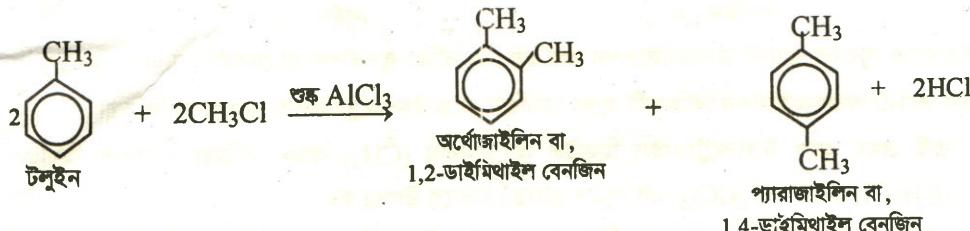
দুটি ভিন্ন উৎপাদ D ও E উৎপন্ন হওয়ার কারণের ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

B যৌগ ট্লুইনের গঠনে বেনজিন বলয়ে পার্শ্বশিক্ষণ্যপে মিথাইল ( $-\text{CH}_3$ ) মূলক যুক্ত আছে। এ মিথাইল মূলকটি এর ইলেক্ট্রন বিকর্ষী প্রভাব বা ধনাত্মক আবেশীয় ফল দ্বারা বেনজিন বলয়ে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে বেনজিন বলয়টিতে মিথাইল মূলকের অবস্থান সাপেক্ষে দুটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেনজিন বলয়ের পাই ( $\pi$ ) ইলেক্ট্রনের অনুরণন ক্রিয়ার মাধ্যমে বৃদ্ধি পায়। মিথাইল ( $-\text{CH}_3$ ) মূলকের প্রভাবে বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে।

মিথাইল মূলকে ( $-CH_3$ ) কোনো নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনযুগ্ম না থাকা সত্ত্বেও বেনজিনের কনজুগেট দ্বিবন্ধনের সাথে যুক্ত  $-CH_3$  মূলকের C-H সিগমা বন্ধনের (C) ইলেক্ট্রনযুগ্ম বেনজিন বলয়ে হাইপার কনজুগেটিভ বা বন্ধনবিহীন অনুরণন নামে এক বিশেষ অনুরণন ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। যেমন,

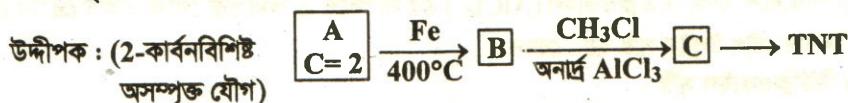


বেনজিন বলয়ে অনুরণনের ফলে উপরোক্ত হাইভিড গঠন II, III ও IV এ অর্থে দুটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ঝণাত্মক চার্জ সৃষ্টি হয়েছে। এসব ছানে ইলেক্ট্রোফাইল মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন ( $\dot{C}H_3$ ) সহজেই আক্রম হয়ে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে যুক্ত হয়ে থাকে। এরপে ডাইমিথাইল বেনজিনের দুটি সমাণ সৃষ্টি হয়। একটি হলো অর্থোজাইলিন এবং অপর সমাণুটি হলো প্যারাজাইলিন।



সমাধানকৃত সমস্যা-২.১০ : নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[টা. বো. ২০১৭]

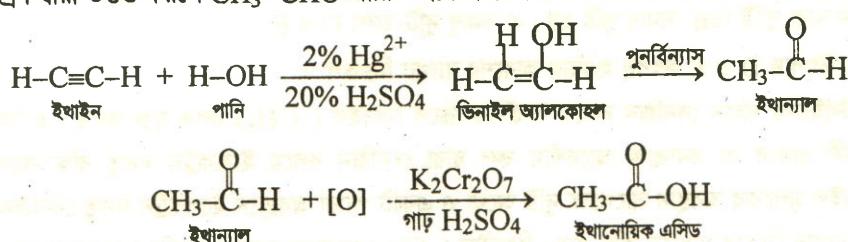


- (ক) উদ্দীপকের 'A' যৌগ থেকে কীৱেপে কাৰ্বক্সিলিক এসিড প্ৰস্তুত কৰা যায়, তা সমীকৰণসহ শেখ।  
(খ) উদ্দীপকের 'B' যৌগ ও 'C' যৌগেৰ মধ্যে কোনটি ইলেক্ট্ৰনাকৰ্ষী প্ৰতিক্রিয়া অধিক সক্ৰিয় তা বিশ্লেষণ কৰো।

সমাধান : (ক) উদ্দীপকেৰ ক্ৰমপৰিৱৰ্তন অনুসাৰে 'C' হলো টলুইন, 'B' হলো বেনজিন এবং 'A' হলো ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন ( $CH \equiv CH$ )।

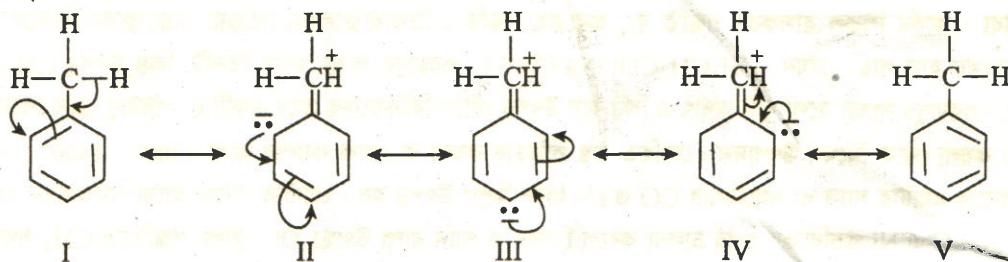
'A' যৌগ বা অ্যাসিটিলিন ( $CH \equiv CH$ ) থেকে কাৰ্বক্সিলিক এসিড পৰ্যাপ্তি :

আমৰা জানি, অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন ( $CH \equiv CH$ ) এৰ সাথে পানি সংযোজন বিক্ৰিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ইথান্যাল ( $CH_3-CHO$ ) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন  $CH_3-CHO$  কে শক্তিশালী জাৱক পদাৰ্থ ক্রোমিক এসিড (গাঢ়  $H_2SO_4$  +  $K_2Cr_2O_7$ ) মিশ্ৰণ দ্বাৰা উত্পন্ন কৰলে  $CH_3-CHO$  জাৱিত হয়ে ইথানোয়িক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন কৰে।



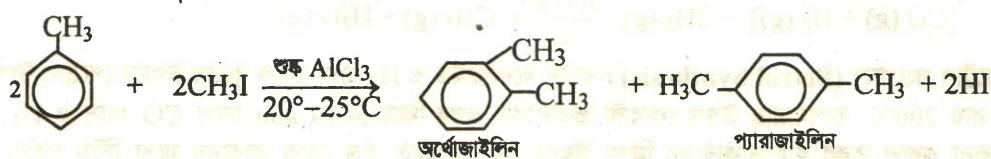
সমাধান : (খ) 'B' যোগটি হলো বেনজিন ( $C_6H_6$ ) এবং 'C' যোগটি হলো ট্লুইন ( $C_6H_5-CH_3$ )। ইলেক্ট্রনাকর্ষী প্রতিহ্রাপন বিক্রিয়ায় বেনজিন অপেক্ষা ট্লুইন অধিক সক্রিয়। কারণ ট্লুইনের গঠনে বেনজিন বলয়ে পার্শ্বশিকলস্তরে মিথাইল ( $-CH_3$ ) মূলক যুক্ত আছে। এ মিথাইল মূলকটি এর ইলেক্ট্রন বিকর্ষী প্রভাব বা ধনাত্মক আবেশীয় ফল দ্বারা বেনজিন বলয়ে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে বেনজিন বলয়টিতে  $-CH_3$  মূলকের অবস্থান সাপেক্ষে দুটি অর্থো ও একটি প্যারার অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেনজিন বলয়ের পাই (π) ইলেক্ট্রনের অনুরূপ ক্রিয়ার মাধ্যমে বৃদ্ধি পায়। ফলে ট্লুইনের  $-CH_3$  মূলক বেনজিন বলয়কে বেনজিনের তুলনায় ইলেক্ট্রনাকর্ষী প্রতিহ্রাপন বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় করে।

মিথাইল মূলকে ( $-CH_3$ ) কোনো নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রনযুগ্ম না থাকা সত্ত্বেও বেনজিনের কনজুগেট দ্বিবন্ধনের সাথে যুক্ত  $-CH_3$  মূলকের C-H সিগ্মা বন্ধনের ইলেক্ট্রনযুগ্ম বেনজিন বলয়ে হাইপারকনজুগেটিভ বা বন্ধনবিহীন অনুরূপ নামে এক বিশেষ অনুরূপ ক্রিয়ায় অংশ নেয়।

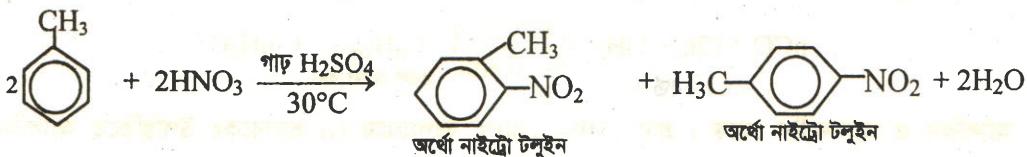


ট্লুইনের বেনজিন বলয়ে অনুরূপের ফলে উপরোক্ত II, III ও IV অনুরূপ কাঠামোতে অর্থাৎ দুটি অর্থো ও একটি প্যারার অবস্থানে ঝণাত্মক চার্জ সৃষ্টি হয়েছে। এসব ছানে ইলেক্ট্রোফাইল যেমন মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন ( $CH_3^+$ ), নাইট্রোনিয়াম আয়ন ( $NO_2^+$ ) ইত্যাদি কম তাপমাত্রায় ট্লুইনে সহজে ইলেক্ট্রনাকর্ষী প্রতিহ্রাপন ঘটাতে পারে। যেমন,

(i) ট্লুইন ও  $CH_3I$  এর মধ্যে ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়ায় অর্থোজাইলিন ও প্যারাজাইলিন সহজে উৎপন্ন হয়।



(ii) বেনজিনের নাইট্রেশন  $60^\circ\text{C}$  এ ঘটে। কিন্তু অধিক সক্রিয় ট্লুইনের নাইট্রেশন নিম্নতাপমাত্রায়  $30^\circ\text{C}$ -এ ঘটে।



এসব বিক্রিয়া দ্বারা প্রমাণিত হলো বেনজিন অপেক্ষা ট্লুইন অধিক সক্রিয় এবং এ সক্রিয়তার কারণ  $-CH_3$  মূলকের ধনাত্মক আবেশ্যর্থিতা।

## ২.১১ অ্যালকেন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

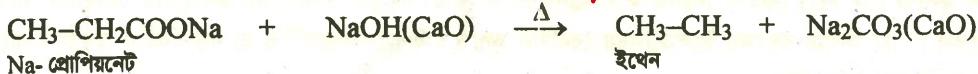
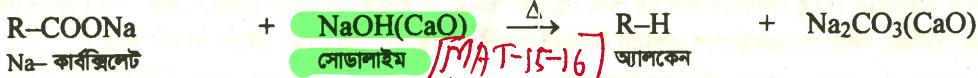
### Alkane Preparation and its Identification Reactions

অ্যালকেন কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত সম্পৃক্ত দ্বিমৌল জৈবযৌগ; এ শ্রেণির সাধারণ সংকেত হলো  $C_nH_{2n+2}$  বা,  $R-H$ । অ্যালকেনের কার্বন শিকলে প্রতিটি C পরমাণু  $sp^2$  সংকরিত। অ্যালকেনে চেইন সমাপ্তু ও আলোক সমাপ্তু (3-মিথাইল হেক্সেনে) স্থল। এ শ্রেণির  $C_1-C_4$  যোগ হলো গ্যাস;  $C_5-C_{17}$  হলো তরল; অবশিষ্ট  $C_{18}$  থেকে সব অ্যালকেন বর্ণহীন, গন্ধহীন মোমসদৃশ কঠিন পদার্থ। অ্যালকেন মূলত জ্বালানিরপে ব্যবহৃত হয়। অ্যালকেন রাসায়নিকভাবে কম সক্রিয়; তাই এদেরকে প্যারাফিন (Paraffin) বলে। Parum অর্থ কম, affinis অর্থ আসক্তি। তাই Paraffin অর্থ কম সক্রিয় বা বিক্রিয়ায় কম আসক্তির যোগ।

BMDAC

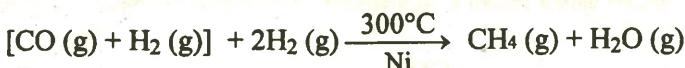
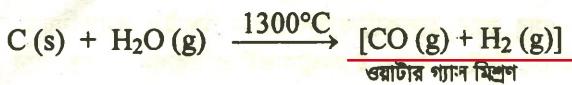
## অ্যালকেনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Preparation of R-H)

১। কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ থেকে : কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ ও সোডালাইম ( $\text{NaOH} + \text{CaO}$ ) এর মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে ডিকার্বক্সিলেশন (Decarboxylation) প্রক্রিয়ায় অ্যালকেন ও  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  উৎপন্ন হয়। সোডালাইমসহ ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়াকে ঢুমা বিক্রিয়া (Duma reaction) বলা হয়। [MAT-22-23, 19-20]

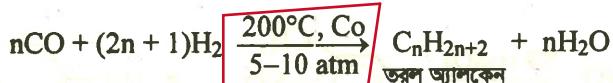


দ্রষ্টব্য : কার্বন শিকল ত্রাসকরণ প্রক্রিয়া বা, অবরোহ প্রক্রিয়া : ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়া দ্বারা কার্বন শিকলে কার্বন-পরমাণু সংখ্যা ত্রাস পায়। যেমন,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$  যৌগে  $\text{C}$ -পরমাণুর সংখ্যা হলো তিনটি; কিন্তু উৎপন্ন  $\text{CH}_3-\text{CH}_3$  অণুতে  $\text{C}$ -পরমাণুর সংখ্যা হলো দুটি অর্থাৎ এ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগে বিক্রিয়কের চেয়ে একটি  $\text{C}$ -পরমাণু ত্রাস পেয়েছে।

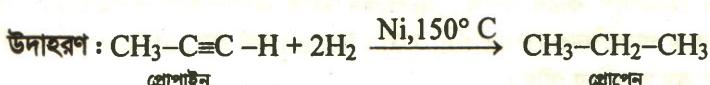
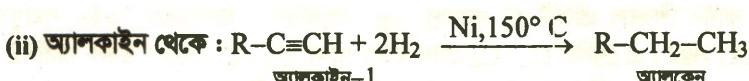
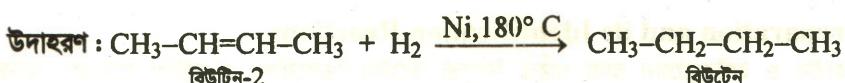
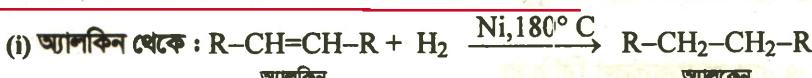
২। কয়লা থেকে মিথেন উৎপাদন : লোহিত তঙ্গ পাউডার কয়লা বা কোক কয়লার মধ্যে  $1300^{\circ} - 1400^{\circ}\text{C}$  এ স্টিম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস বা সময়মোলার  $\text{CO}$  ও  $\text{H}_2$  গ্যাস মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ওয়াটার গ্যাসে আরো সমআয়তন  $\text{H}_2$  গ্যাস মিশিয়ে  $300^{\circ}\text{C}$ -এ  $\text{Ni}$  প্রভাবকের ওপর চালনা করলে মিথেন ও পানি বাষ্প উৎপন্ন হয়। কুলিং পদ্ধতিতে  $\text{CH}_4$  পৃথক করা যায়।



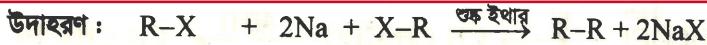
৩। পেট্রোল সংশ্লেষণ (Petrol Synthesis) : কার্বন মনোক্সাইড ও  $\text{H}_2$  গ্যাস থেকে কৃত্রিম উপায়ে পেট্রোল উৎপাদন করা যায়। প্রায়  $200^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন কোবাল্ট প্রভাবকের ওপর দিয়ে  $5-10\text{ atm}$  চাপে  $\text{CO}$  গ্যাস ও  $\text{H}_2$  গ্যাস মিশ্রণকে চালনা করলে তরল হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। লোহিত তঙ্গ কোক কার্বনের মধ্যে স্টিম চালনা করে প্রয়োজনীয়  $\text{CO}$  ও  $\text{H}_2$  গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। [এ বিক্রিয়াটি  $\text{CH}_4$  উৎপাদনের অনুরূপ]



৪। অ্যালকিন ও অ্যালকাইন থেকে : প্রায়  $150^{\circ} - 200^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{Ni}$  প্রভাবকের উপরিভিত্তিতে অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সাথে  $\text{H}_2$  সংযোজন দ্বারা অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।



৫। অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে : উর্জ বিক্রিয়া দ্বারা : শক্ত ইথারে ( $C_2H_5OC_2H_5$ -এ) দ্রবীভূত অ্যালকাইল হ্যালাইড ও ধাতব সোডিয়ামের মিশ্রণকে রিফ্লাক্স (reflux) করে উচ্চতর অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়। উৎপন্ন অ্যালকেনে ব্যবহৃত অ্যালকাইল হ্যালাইডের দিগ্ন সংখ্যক C পরমাণু থাকে। এ বিক্রিয়াকে উর্জ বিক্রিয়া বলে।



দ্রষ্টব্য : কার্বন শিকল বৃক্ষিকরণ পদ্ধতি বা, আরোহ পদ্ধতি : উর্জ বিক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন যৌগে কার্বন শিকলে C-পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। যেমন,  $C_2H_5I$  বিক্রিয়ক যৌগে দুটি C-পরমাণু আছে; কিন্তু উৎপন্ন  $CH_3CH_2CH_2CH_3$  (বিউটেনে) চারটি C-পরমাণু হয়েছে অর্থাৎ কার্বন শিকলে C-পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়েছে।

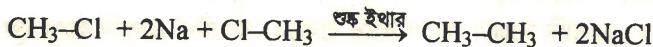
\* [জেনে নাও] : উর্জ বিক্রিয়ায় শক্ত ইথার ব্যবহৃত হয় কেন?

[রা. বো. ২০১৯]

সমাধান : উর্জ বিক্রিয়াটি অ্যালকাইল হ্যালাইড ( $R-X$ ) ও সোডিয়াম ধাতু ( $Na$ ) এর মধ্যে ঘটে; ফলে উচ্চতর অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ধাতু অতীব সক্রিয় ধাতু হওয়ায় এটি বাতাসের সংস্পর্শে  $O_2$  এর সাথে বিক্রিয়ায়  $Na_2O$  গঠন করে এবং জলীয়বাস্প ও পানির সংস্পর্শে  $NaOH$  ও  $H_2$  গ্যাস তৈরি করে।



তাই এমন একটি দ্রাবক বা মাধ্যম ব্যবহার করতে হবে, যাতে  $Na$  ধাতু ঐ মাধ্যম বা দ্রাবকের সাথে যেন বিক্রিয়া না করে। সক্রিয় H পরমাণুবিহীন পোলার তরল মাধ্যমরূপে শক্ত ইথার ( $C_2H_5-O-C_2H_5$ ) হলো একপ উপযুক্ত দ্রাবক। শক্ত ইথার  $Na$  ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে না। অধিক্ষেত্রে ঐ ইথারে অ্যালকাইল হ্যালাইড দ্রবণীয়ও বটে।

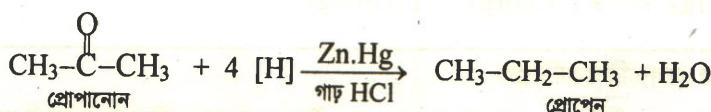
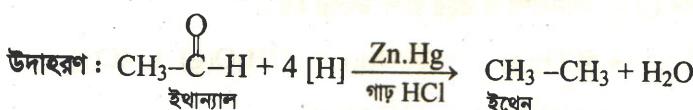
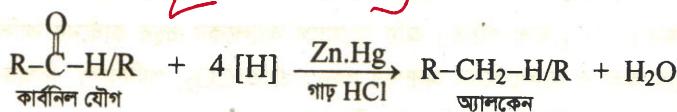


তাই উর্জ বিক্রিয়ায় উপযুক্ত (i) মাধ্যম ও (ii) দ্রাবকরূপে শক্ত ইথার ব্যবহৃত হয়।

৬। কার্বনিল যৌগ থেকে : ক্লিমেনসেন বিজ্ঞারণ দ্বারা : কার্বনিল যৌগ অর্থাৎ অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে জিঙ্ক-অ্যামালগাম ( $Zn.Hg$ ) ও গাঢ় HCl হতে উৎপন্ন জায়মান H-পরমাণু দ্বারা বিজ্ঞারিত করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

এক্ষেত্রে দ্বিযোজী কার্বনিল মূলক ( $-CO-$ ) সরাসরি মিথিলিন মূলকে ( $-CH_2-$ ) পরিণত হয়। এ বিক্রিয়াকে ক্লিমেনসেন বিজ্ঞারণ বলা হয়।

(MAT-২২-২৩)

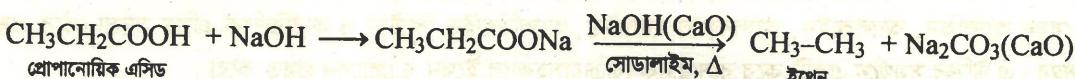


MCQ-2.16 : কোন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড মূলক মিথিলিন মূলকে পরিপন্থ হয়?

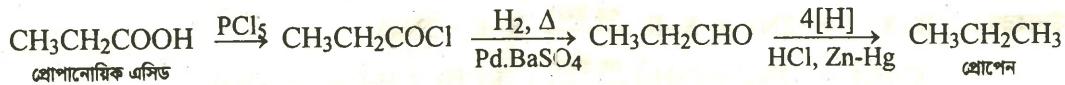
- (ক) ডিকার্বিন্লিলেশনে
- (খ) উর্জ বিক্রিয়ায়
- (গ) ক্লিমেনসেন বিজ্ঞারণে
- (ঘ) ট্রাইনার্ড বিকারক দ্বারা

\* [জেনে নাও] : কার্বক্সিলিক এসিড ( $R-COOH$ ) থেকে অ্যালকেন ( $R-H$ ) প্রস্তুতির দুটি ভিন্ন পদ্ধতি :

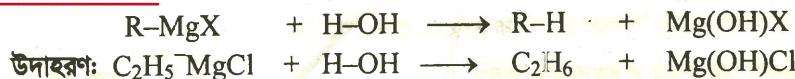
(১) কার্বন শিকল হাস পদ্ধতি : সোডালাইমসহ ( $NaOH.CaO$ ) ডিকার্বিন্লিলেশন বিক্রিয়া দ্বারা :



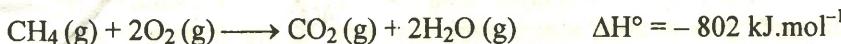
(২) কার্বন শিকল ছির বা সংরক্ষণ পদ্ধতি : কার্বক্সিলিক এসিড ( $\text{R}-\text{COOH}$ ) থেকে যথাক্রমে (i)  $\text{PCl}_5$  দ্বারা এসিড ক্লোরাইড ( $\text{R}-\text{COCl}$ ), (ii) রোজেনমুন্ড (আংশিক) বিজ্ঞারণ [ $\text{H}_2 + \text{Pd.BaSO}_4$ ] দ্বারা আলডিহাইড ( $\text{R}-\text{CHO}$ ) এবং শেষে (iii) ক্লিমেনসেন (পূর্ণ) বিজ্ঞারণ [গাঢ়  $\text{HCl} + \text{Zn.Hg}$ ] দ্বারা সমসংখ্যক C-পরমাণুক অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



৭। প্রিগ্নার্ড বিকারক থেকে অ্যালকেন : প্রিগ্নার্ড বিকারক ( $\text{RMgX}$ ) এর সাথে পানিসহ আর্দ্র বিশ্বেষণ বিক্রিয়া অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



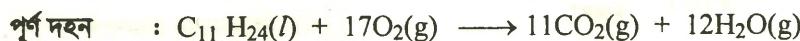
অ্যালকেনের বিক্রিয়া (Reactions of Alkanes) : অ্যালকেন কম সক্রিয়; তাই এদেরকে প্যারাফিন বলে। অ্যালকেনসমূহ এসিড, ক্ষার ও সাধারণ বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে না। তবে অক্সিজেন ও হ্যালোজেনের সাথে অ্যালকেন বিক্রিয়া করে। মোটর ইঞ্জিন ও চুল্লিতে দহনকালে অ্যালকেন জারিত হয়ে  $\text{CO}_2$ , পানিবাস্প ও তাপ উৎপন্ন করে। যেমন,



বোতল গ্যাস প্রোপেন, মোটর জ্বালানির পে ব্যবহৃত পেট্রোল বা গ্যাসোলিন ( $\text{C}_5-\text{C}_{11}$ , b.p.  $35^\circ-175^\circ\text{C}$  অ্যালকেন) ও এরোপ্লেনের জ্বালানি কেরোসিন ( $\text{C}_{11}-\text{C}_{14}$ , b.p.  $175^\circ-275^\circ\text{C}$  অ্যালকেন) প্রতি ক্ষেত্রে একই দহন বিক্রিয়া ঘটে। তবে দহন তাপের পরিমাণ ভিন্ন হয়। জাপানি টয়োটা মোটর কারে ব্যবহৃত 'অকটেন' জ্বালানি হলো মূলত  $125^\circ\text{C}$  স্ফুটন্যাক্ষ বিশিষ্ট 10% n-হেক্টেন ও 90% iso-অকটেন। iso-অকটেনের সংকেত ও IUPAC নাম হলো 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন [ $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$ ] এর মিশ্রণ। বিশুদ্ধ iso-অকটেনের অকটেন নামার-100 ধরে এ মিশ্রণের অকটেন নামার-90 ধরা হয়।

### অ্যালকেনের শনাক্তকারী বিক্রিয়া (Alkane Identification)

অ্যালকেন সম্পূর্ণ যৌগ; কার্যকরী মূলকের সারণি ২.৫ মতে অ্যালকেনে কোনো নির্দিষ্ট কার্যকরী মূলক নেই। অ্যালকেনের কার্বন শিকল কেবল সিগ্মা (σ) বন্ধন ( $\text{C-C}$ ) দ্বারা গঠিত। অগ্নি সংযোগে অ্যালকেন প্রচুর কার্বনের কালি সৃষ্টি করে ঝলতে থাকে। এটি হলো পর্যাপ্ত  $\text{O}_2$  এর অভাবে অ্যালকেনের অসম্পূর্ণ দহন। এতে  $\text{CO}_2$ , পানিবাস্প, বিষাক্ত  $\text{CO}$  ও কার্বনের গুঁড়া থাকে। অ্যালকেনের পূর্ণদহনে  $\text{CO}_2$ , পানিবাস্প ও প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়।



শিক্ষার্থীর কাজ-২.১২ : অ্যালকেন প্রস্তুতি ও এদের বিক্রিয়াভিত্তিক :

সমস্যা-২.২২ : 2-মিথাইল প্রোপেন ও  $\text{O}_2$  এর বিক্রিয়ায় তোমার ধারণা মতে উৎপন্ন সম্ভাব্য যোগসহ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি লেখ।

সমস্যা-২.২৩ : জৈবযৌগের প্রথম সমগোত্রীয় শ্রেণি হলো অ্যালকেন। অ্যালকেন সদস্যকে পরবর্তী প্রত্যেক সমগোত্রীয় শ্রেণি যেমন অ্যালকিন, অ্যালকাইন, অ্যালকাইল হ্যালাইড, আলডিহাইড-কিটোন ও কার্বক্সিলিক এসিড সদস্য থেকে প্রস্তুত করা সম্ভব। এ উক্তির সমর্থনে একটি করে রাসায়নিক বিক্রিয়াসহকারে ইথেন ও প্রোপেন প্রস্তুত করো।

## ২.১১.১ অ্যালকিন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

### Alkene Preparation and its Identification Reactions

একক দ্বিবন্ধনযুক্ত মূলক শিকল হাইড্রোকার্বনসমূহ হলো অ্যালকিন (alkene)। অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত  $C_nH_{2n}$ ।

- \* অ্যালকিন হলো জৈবযৌগের দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্যকরী মূলকভিত্তিক প্রথম সমগ্রোত্তীয় শ্রেণি। এতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C=C$ ) থাকে। প্রার্থন নামকরণ অনুসারে অ্যালকিন যৌগকে অলিফিনস (Olefins) যৌগও বলা হয়। কারণ নিম্নতর অ্যালকিন যৌগ যেমন ইথিন, প্রোপিন  $Cl_2$ ,  $Br_2$  এর সাথে যুক্তবিক্রিয়াই তেলোক্ত যৌগ (Olefiant = Oil forming) গঠন করে।
- \* দ্বিবন্ধনযুক্ত বিতীয় কার্যকরী মূলক হলো কার্বনিল মূলক ( $C=O$ ), যা অ্যালডিহাইড ও কিটোনে আছে।
- \* দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালকিনের পাই ( $\pi$ ) বন্ধনে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন ঘটে।
- \* কিন্তু  $C=O$  মূলকের  $\pi$  বন্ধনে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে।
- \* অ্যালকিনে অবস্থান সমাধৃতা ও জ্যামিতিক সমাধৃতা (2-বিট্টচনে) সম্ভব।

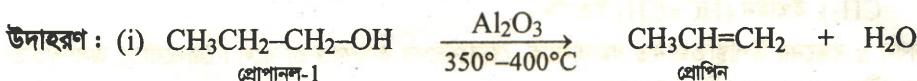
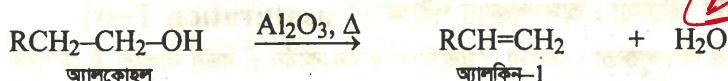
অ্যালকিনের  $C_2-C_4$  সদস্য হলো গ্যাস,  $C_5-C_{15}$  সদস্যগুলো তরল এবং  $C_{16}$  থেকে অন্য সদস্যসমূহ কঠিন। পলিমার শিল্পে প্রাচিক ও কৃত্রিম সূতা তৈরিতে অ্যালকিন ব্যবহৃত হয়।

### অ্যালকিনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Methods of Alkene Preparation)

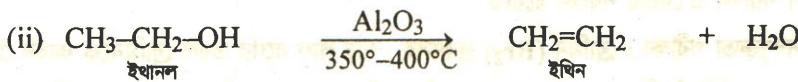
১। অ্যালকোহলের প্রভাবকীয় নিরুদ্ধন : প্রায়  $350^{\circ}-400^{\circ}C$ -এ উত্তপ্ত অ্যালুমিনা ( $Al_2O_3$ ) উঁড়ার ওপর দিয়ে

অ্যালকোহলের বাস্পকে চালনা করলে এক অধু পানি অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

[DAT-21-22]



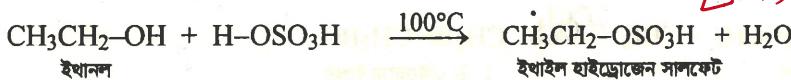
প্রোপানল-১



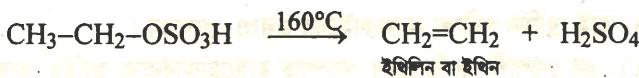
ইথানল

এছাড়া তরল নিরুদ্ধক গাঢ়  $H_2SO_4$  এর দুই আয়তন এবং ইথানলের এক আয়তনের মিশ্রণকে  $160^{\circ}-170^{\circ}C$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে প্রথমে  $100^{\circ}C$ -এ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট এবং পরে  $160^{\circ}C$  এর ওপরে ঐ উৎপন্ন যৌগটি বিযোজিত হয়ে ইথিন বা ইথিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ইথানলের নিরুদ্ধন ঘটে।

[MAT-11-12]

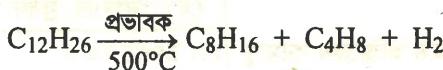
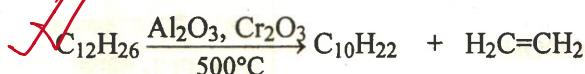


ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

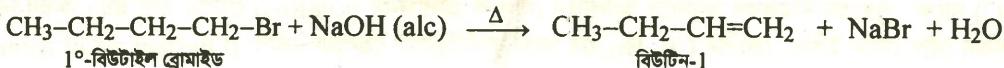


ইথিলিন বা ইথিন

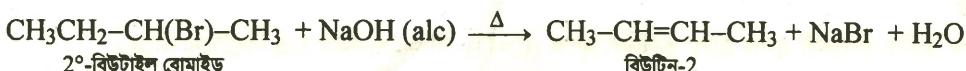
২। পেট্রোলিয়াম থেকে অ্যালকিন : পেট্রোকেমিক্যাল শিল্পে ব্যবহৃত অনেক অ্যালকিন পেট্রোলিয়াম থেকে প্রাণ্ত উচ্চতর অ্যালকিনের প্রভাবকীয় বিযোজন দ্বারা উৎপন্ন করা হয়। যেমন পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাণ্ত কেরোসিনের অন্যতম উপাদান ডোডেকেন ( $C_{12}H_{26}$ ) কে  $Al_2O_3$  ও  $Cr_2O_3$  প্রভাবক মিশ্রণের উপরিভিত্তে  $500^{\circ}C$  তাপমাত্রায় বিযোজিত করে বিভিন্ন অ্যালকিন উৎপন্ন করা হয়।



৩। অ্যালকাইল হ্যালাইড বা হ্যালো অ্যালকেন থেকে :  $\text{HX}$  অপসারণ দ্বারা : অ্যালকাইল হ্যালাইড বা হ্যালো অ্যালকেনকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত  $\text{NaOH}$  অথবা  $\text{KOH}$  এর গাঢ় দ্রবণসহ উত্পন্ন করলে পাশাপাশি দু কার্বন থেকে  $\text{HX}$  অপসারণে পাই (প) বঙ্কন সৃষ্টি হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে।  $1^{\circ}$ -অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে অ্যালকিন-১ এবং  $2^{\circ}$ -অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে অন্য সব অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

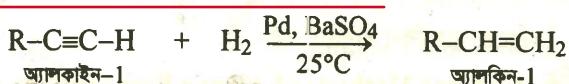


বিড়চিন-১



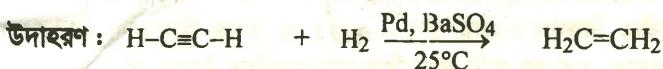
বিড়চিন-২

৪। অ্যালকাইন থেকে অ্যালকিন : প্যালাডিয়াম ( $\text{Pd}$ ) ও  $\text{BaSO}_4$  এর মিশ্র প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন ও  $\text{H}_2$  গ্যাসের সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত  $\text{BaSO}_4$  প্রভাবক-বিষরণে  $\text{Pd}$  এর প্রভাবন ক্ষমতা হ্রাস করে অ্যালকাইনের সংযোজন বিক্রিয়াকে প্রথম ধাপ পর্যন্ত নিয়ন্ত্রিত করে। যেমন,



অ্যালকাইন-১

অ্যালকিন-১



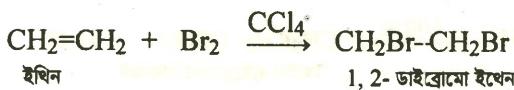
**অ্যালকিনের শনাক্তকারী বিক্রিয়া : অসম্পৃক্ততা পরীক্ষা (Unsaturation Test)**

অসম্পৃক্ত জৈবযৌগ ও অসম্পৃক্ততা : কোনো জৈবযৌগে কার্বন-কার্বন  $\pi$  বঙ্কন থাকলে ঐ যৌগকে অসম্পৃক্ত জৈবযৌগ বলে। যেমন, ইথিন ( $\text{H}_2\text{C=CH}_2$ ), ইথাইন ( $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ) ইত্যাদি।

জৈবযৌগে কার্বন-কার্বন  $\pi$  বঙ্কনের উপস্থিতিজনিত ধর্মাবলিকে জৈবযৌগের অসম্পৃক্ততা বলে। জৈবযৌগে অসম্পৃক্ততা নির্ণয়ের জন্য ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা ও বেয়ার পরীক্ষা রয়েছে।

**[MAT-২২-২৩]**

(১) **জৈবযৌগের অসম্পৃক্ততা পরীক্ষা : ব্রোমিন ( $\text{Br}_2$ ) দ্রবণসহ :** গাঢ় লাল বর্ণের তরল ব্রোমিনকে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ( $\text{CCl}_4$ )-এ দ্রবীভূত করে ৫% দ্রবণ তৈরি করা হয়। কোনো জৈবযৌগের সঙ্গে ব্রোমিনের লাল দ্রবণ মিশানোর পর যদি ব্রোমিনের লাল বর্ণ সঙ্গে সঙ্গে দূরীভূত হয়, তবে জৈবযৌগে কার্বন-কার্বন  $\pi$  বঙ্কন উপস্থিত প্রমাণ করে। যেমন, দ্বিবঙ্কনযুক্ত ইথিনের সঙ্গে ব্রোমিন দ্রবণের ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় বর্ণহীন 1, 2-ডাইব্রোমো ইথেন উৎপন্ন করে।

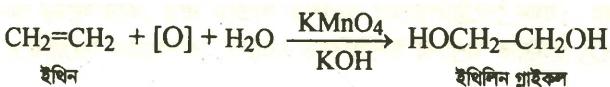


ইথিন

1, 2- ডাইব্রোমো ইথেন

অ্যালকাইন অগুতে দুটি  $\pi$  বঙ্কন থাকে, তাই ব্রোমিন পরীক্ষা অ্যালকাইনের জন্যও প্রযোজ্য।

(২) **বেয়ার পরীক্ষা :** ক্ষারীয়  $\text{KMnO}_4$  এর গোলাপী বর্ণের দ্রবণ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে জারিত করে গ্লাইকল ও কার্বক্সিলিক এসিডে পরিণত করে। ফলে পারম্যাজানেটের গোলাপী বর্ণ দূর হয়।



ইথিন

ইথিলিন গ্লাইকল



অ্যাসিটিলিন

অক্সালিক এসিড

**MCQ-2.17 : অ্যালকিনের নিচিতকরণ পরীক্ষা কোনটি?**

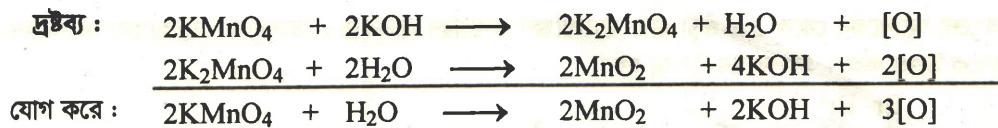
(ক)  $\text{Br}_2$  দ্রবণ

(খ) টলেন বিকারক

(গ)  $\text{PCl}_5$  পরীক্ষা

(ঘ) নেসলার দ্রবণ

এক্ষেত্রে ক্ষারীয়  $\text{KMnO}_4$  থেকে নিম্নরূপ বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন পরমাণু  $[\text{O}]$  উৎপন্ন হয়।



শিক্ষার্থীর কাজ ২.১৩ : অ্যালকিন প্রস্তুতি ও এদের বিকল্পাভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা-২.২৪ : বিউটিন-২ এর সাথে নিম্নোক্ত বিকারকের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ।

(ক)  $\text{CCl}_4$  এ  $\text{Br}_2$  এর দ্রবণ,

(খ)  $\text{NaOH}$  মিশ্রিত  $\text{KMnO}_4$  দ্রবণ

সমস্যা-২.২৫ :  $\text{C}_4\text{H}_8$  আগবিক সংকেতের দুটি সমাগৃহ হলো A ও B। যোগ-A স্টেরিও সমাগৃতা প্রদর্শন করে। যোগ-B ও  $\text{HBr}$  এর সংযোজন বিক্রিয়ায় প্রধান উৎপাদ কী হবে তা ব্যাখ্যাসহ A ও B এর গঠনিক সংকেত নিশ্চিত করো।

## ২.১১.২ অ্যালকাইন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

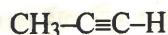
### Alkyne Preparation and its Identification Reactions

- \* একক ত্রিবন্ধনযুক্ত মুক্ত শিকল হাইড্রোকার্বনসমূহ হলো অ্যালকাইন (Alkyne)। অ্যালকাইনের সাধারণ সংকেত  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ । এটি হলো জৈবযৌগের ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্যকরী মূলকভিত্তিক প্রথম সমগোত্রীয় শ্রেণি।
- \* দ্বিতীয় সমগোত্রীয় শ্রেণিটি হলো নাইট্রোইল বা, অ্যালকাইল সায়ানাইড ( $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ )।
- \* অ্যালকাইনে শিকল ও অবস্থান সমাগৃতা সত্ত্ব।

অ্যালকাইনের প্রথম তিনি সদস্য অ্যাসিটিলিন (ইথাইন), প্রোপাইন ও বিউটাইন হলো গ্যাস। পরবর্তী  $\text{C}_5-\text{C}_{11}$  সদস্য তরল এবং  $\text{C}_{12}$  থেকে উচ্চতর সদস্য বর্ণনীয় করিন।



ইথাইন



প্রোপাইন

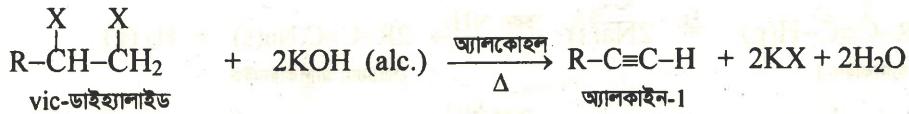


বিউটাইন-২

### অ্যালকাইনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Preparation of Alkyne)

১। ডাইহ্যালো অ্যালকেন থেকে  $\text{HX}$  অপসারণ প্রক্রিয়া : ভিসিন্যাল ও জেমিন্যাল ডাইহ্যালো অ্যালকেনকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত কস্টিক পটাশের সাথে উত্তপ্ত করলে ডাইহ্যালো অ্যালকেন থেকে দু অণু  $\text{HX}$  অপসারিত হয়ে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়। যেমন,

ভিসিন্যাল ডাইহ্যালাইড যেমন, 1, 2- ডাইহ্যালাইড থেকে অ্যালকোহল মিশ্রিত  $\text{KOH}$  দ্বারা অ্যালকাইন উৎপাদন :



জেমিন্যাল ডাইহ্যালাইড যেমন, (2, 2-ডাইহ্যালাইড) থেকে alc.  $\text{KOH}$  দ্বারা অ্যালকাইন উৎপাদন :



\* পাশাপাশি দু  $\text{C}$ -পরমাণুতে দুটি হ্যালোজেন পরমাণু থাকলে ঐ যোগকে ভিসিন্যাল (vic.) ডাইহ্যালো অ্যালকেন বলে।

\* কার্বন শিকলে একই  $\text{C}$ -পরমাণুতে দুটি হ্যালোজেন পরমাণু থাকলে ঐ যোগকে জেমিন্যাল (gem.) ডাইহ্যালো অ্যালকেন বলে।