



# NETAJI SUBHAS OPEN UNIVERSITY

STUDY MATERIAL

**ELECTIVE CHEMISTRY  
HONOURS**

**ECH 13**

**ORGANIC CHEMISTRY - 3**

Reactive Intermediates; Molecular  
Rearrangements, Pericyclic Reactions  
and

Macromolecules; Spectroscopy-  
Practical applications in Organic  
compounds; Colour and Constitution  
of Organic compounds

**Blocks 1 & 2**

## প্রাক্কথন

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

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

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

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

অধ্যাপক (ড.) শুভ শঙ্কর সরকার  
উপাচার্য

চতুর্থ পুনর্মুদ্রণ : আগস্ট, 2016

---

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

## পরিচিতি

বিষয় : রসায়নবিদ্যা

সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম : পর্যায় : ECH : 13 : 01

	রচনা	সম্পাদনা
একক □ 1-3	ড. কালিশঙ্কর মুখার্জি	ড. কানাইলাল ঘটক
একক □ 4	ড. বিভূতি ভূষণ মাজি	ড. কানাইলাল ঘটক

পাঠক্রম : পর্যায় : ECH : 13 : 02

	রচনা	সম্পাদনা
একক □ 5-6	ড. কানাইলাল ঘটক	ড. শূভেন্দু গাঙ্গুলি
একক □ 7	ড. বিভূতি ভূষণ মাজি	ড. কানাইলাল ঘটক
একক □ 8	ড. মুকুলচন্দ্র দাস	ড. সত্যেন্দ্রনাথ সাহু
একক □ 9	ড. পারমিতা কর	প্র. অশোক চৌধুরি

### প্রজ্ঞাপন

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

মোহন কুমার চট্টোপাধ্যায়  
নিবন্ধক





# নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

**ECH - 13**

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

1

সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগসমূহ ; আণবিক পুনর্বিন্যাস ; পরিবর্তী বিক্রিয়া

একক 1	<input type="checkbox"/>	জৈব রসায়ন বিক্রিয়ায় সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগ সমূহ	7-17
একক 2	<input type="checkbox"/>	বেনজাইন	18-24
একক 3	<input type="checkbox"/>	আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া	25-57
একক 4	<input type="checkbox"/>	পরিবর্তী বিক্রিয়া	58-116

পর্যায়

2

একক 5	<input type="checkbox"/>	শর্করা ও শ্বেতসার	119-175
একক 6	<input type="checkbox"/>	অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড ও প্রোটিন	176-247
একক 7	<input type="checkbox"/>	বর্ণালি বিদ্যা	248-335
একক 8	<input type="checkbox"/>	জৈব যৌগের ব্যবহারিক প্রয়োগ	336-361
একক 9	<input type="checkbox"/>	রঞ্জক দ্রব্য	362-370



---

# একক 1 □ জৈব রসায়ন বিক্রিয়ায় সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগসমূহ

---

## 1.1 প্রস্তাবনা

### উদ্দেশ্য

## 1.2 কার্বিনজাতকগণ

### 1.2.1 কার্বিন

### 1.2.2 কার্বিনের গঠন

## 1.3 প্রস্তুতি

## 1.4 প্রয়োগ

## 1.5 নাইট্রিন জাতকগণ

## 1.6 সারাংশ

## 1.7 প্রশ্নাবলি

## 1.8 উত্তরমালা

---

## 1.1 প্রস্তাবনা

আমরা জানি অধিকাংশ জৈব বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক (সাবস্ট্রেট) থেকে সরাসরি কোন পণ্য (প্রোডাক্ট) উৎপন্ন হয় না। এই সব বিক্রিয়াগুলো চলাকালীন প্রাথমিক পর্যায়ে এক ধরনের অস্থায়ী যৌগ তৈরী হয় যেগুলো বিক্রিয়ায় পরবর্তী ধাপে পণ্যে (প্রোডাক্ট) রূপান্তরিত হয়। এই অস্থায়ী যৌগগুলো খুবই সক্রিয় এবং জৈব রসায়ন শাস্ত্রে সক্রিয় মধ্যবর্তী (রি-অ্যাকটিভ ইন্টারমিডিয়েট) নামে পরিচিত। জৈব বিক্রিয়ার ঠিকমত ব্যাখ্যার জন্য এই সকল সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগগুলোর গঠন ও ধর্মের ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। তাই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে সঠিকভাবে বুঝতে ও জানতে গেলে এই সব সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগগুলো সম্পর্কে একটা স্পষ্ট ধারণা থাকা খুবই প্রয়োজন। জৈব রসায়নে এ ধরনের বহু সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগের উল্লেখ আছে। বর্তমান নিবন্ধে সমধিক পরিচিত ও গুরুত্বপূর্ণ সে রকম দুশ্রেণীর যৌগের আলোচনা করা হচ্ছে, এই দুই শ্রেণীর যৌগ হল—(১) কার্বিনজাতকগণ এবং (২) নাইট্রিন জাতকগণ।

## উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ ও আলোচনা করে আপনারা জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার কলাকৌশল (mechanism) সম্বন্ধে অবহিত হতে পারবেন।

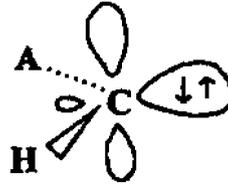
## 1.2 কার্বিনজাতকগণ

### 1.2.1 কার্বিন

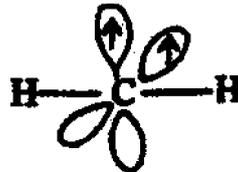
কার্বিন হচ্ছে কার্বন পরমাণুর দ্বি-যোজীয় যৌগ। এক মূল যৌগটি হচ্ছে  $\text{CH}_2$  যা মেথিলিন নামেই বেশী পরিচিত। আমরা জানি কার্বনের যোজ্যতা চার। কিন্তু কার্বিনযৌগে কার্বনের যোজ্যতা মাত্র দুই। সুতরাং স্বাভাবিকভাবে এটা বলা যেতে পারে যে কার্বন যৌগে একদিকে মেয়ন একজোড়া মুক্ত ইলেকট্রন আছে অন্যদিকে আবার এরা ইলেকট্রন ঘাটতিওয়ালা যৌগও বটে।

### 1.2.2 কার্বিনের গঠন

কার্বিনের গঠন নিয়ে অনেক গবেষণামূলক কাজ হয়েছে। এই গবেষণার ফলাফল থেকে জানা যায় যে কার্বিন “সিঙ্গেলেট” (singlet) এবং ট্রিপলেট (triplet) এই দুই বিন্যাস ব্যবস্থায় অবস্থান করে। “সিঙ্গেলেট” অবস্থায় কার্বিনের কার্বন পরমাণুটি ত্রিকোণ আকৃতি সহ  $\text{SP}^2$ -হাইব্রিডাইজড অবস্থায় থাকে। এই অবস্থায় দুটি  $\text{SP}^2$ -কক্ষ অন্য পরমাণুর সাথে বন্ধনীতে আবদ্ধ থাকে আর তৃতীয়  $\text{SP}^2$ -কক্ষটিতে একটি ইলেকট্রন-যুগল (paired electron) বিপরীতমুখী হয়ে অবস্থান করে। সুতরাং এই রকম আকৃতিতে একটি ‘P’-কক্ষ ফাঁকা পড়ে থাকে যার ফলে কার্বিনের ইলেকট্রন চাহিদার প্রকাশ ঘটে। এই ধরনের গঠন অনেকাংশে কার্বোক্যাটায়নের গঠনের মত।



ট্রিপলেট স্তরে কেন্দ্রস্থিত কার্বন পরমাণুটি  $\text{SP}$ -হাইব্রিডাইজড অবস্থায় থাকে এবং লম্বাটে (Linear) আকৃতির হয়। এই অবস্থায় শুধুমাত্র  $\text{SP}$ -হাইব্রিডাইজড কক্ষ দুটিই ‘বন্ধনী’ তৈরী করে আর অবশিষ্ট দুটি ‘P’ কক্ষের প্রত্যেকটিতে একটা করে ইলেকট্রন থাকে। এই অবস্থা হচ্ছে খুবই সক্রিয় এবং মুক্ত-র্যাডিক্যালের মত।

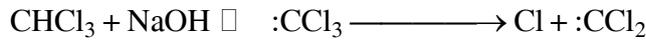


## 1.3 প্রস্তুতি

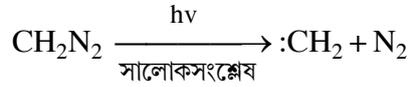
বিভিন্ন ধরনের পদ্ধতিতে কার্বিন যৌগ প্রস্তুত করা হয়। তবে সাধারণত কার্বিন হ্যালাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণই হচ্ছে সব থেকে বেশী ব্যবহৃত পদ্ধতি।

### 1.3.1

তবে কার্বিন হ্যালাইডের মধ্যে ক্লোরোফরমের আর্দ্রবিশ্লেষণ হচ্ছে কার্বিন যৌগ সমূহের প্রস্তুতির অন্যতম প্রধান পদ্ধতি। এই পদ্ধতির বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ—



দ্বি-অ্যাজেনিয়াম লবণের সালোকসংশ্লেষণের ফলে কার্বিন উৎপন্ন হয়।



### 1.3.2

দ্বি-অ্যাজেনিয়াম লবণের তাপীয় বিভাজনের দ্বারা কার্বিন তৈরী করা সম্ভব।



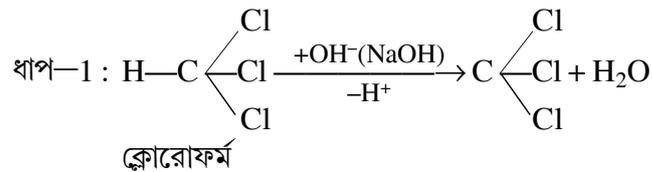
## 1.4 প্রয়োগ

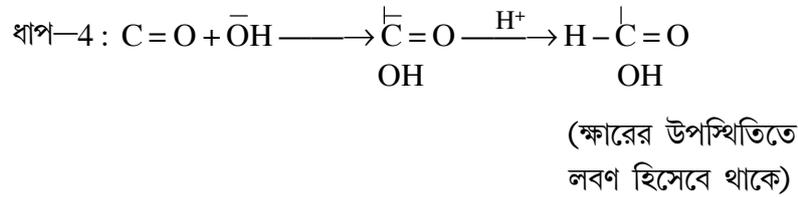
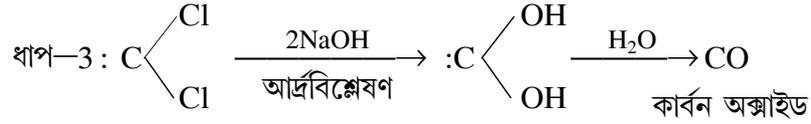
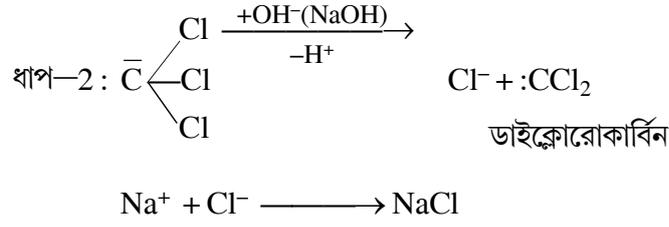
### 1.4.1

আগে উল্লেখ করা হয়েছে যে সক্রিয় মধ্যবর্তী যৌগ হিসেবে কার্বিন তৈরী হওয়ার ভিত্তিতে অনেক জৈব বিক্রিয়া খুব সন্তোষজনক ভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। উদাহরণ হিসেবে ক্লোরোফরমের আর্দ্র বিশ্লেষণ এবং রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়ার (Reimer-Tiemann reaction) উল্লেখ করা যেতে পারে।

(1)

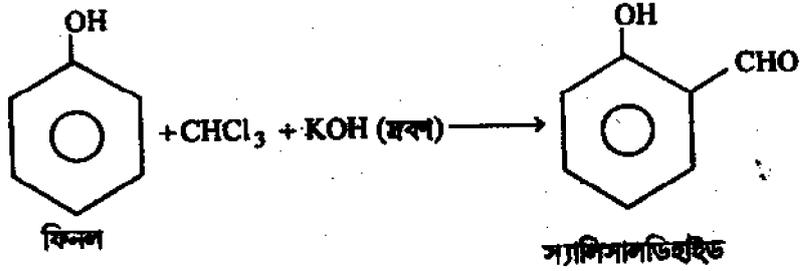
ক্লোরোফরমের ক্ষারীয় আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে ফরমিক অ্যাসিডের উৎপাদন একটা খুবই পরিচিত বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ার প্রাথমিক ধাপে ডাইক্লোরোকার্বিন তৈরী হয় যেটা পরবর্তী ধাপে ফরমিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।



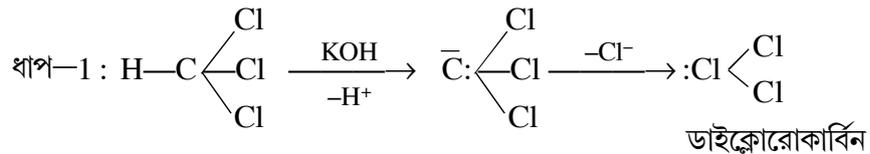


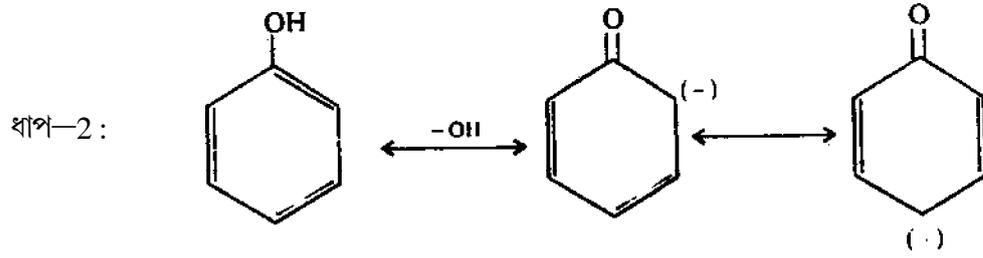
### 1.1.4.3 রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া

রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া হচ্ছে ফিনোলিক অ্যালডিহাইড তৈরীর একটা উৎকৃষ্ট পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণের সাথে ক্লোরোফর্ম মিশ্রণ করে উত্তপ্ত করা হয়। পদ্ধতির মূল বিক্রিয়াটি হচ্ছে নিম্নরূপ—

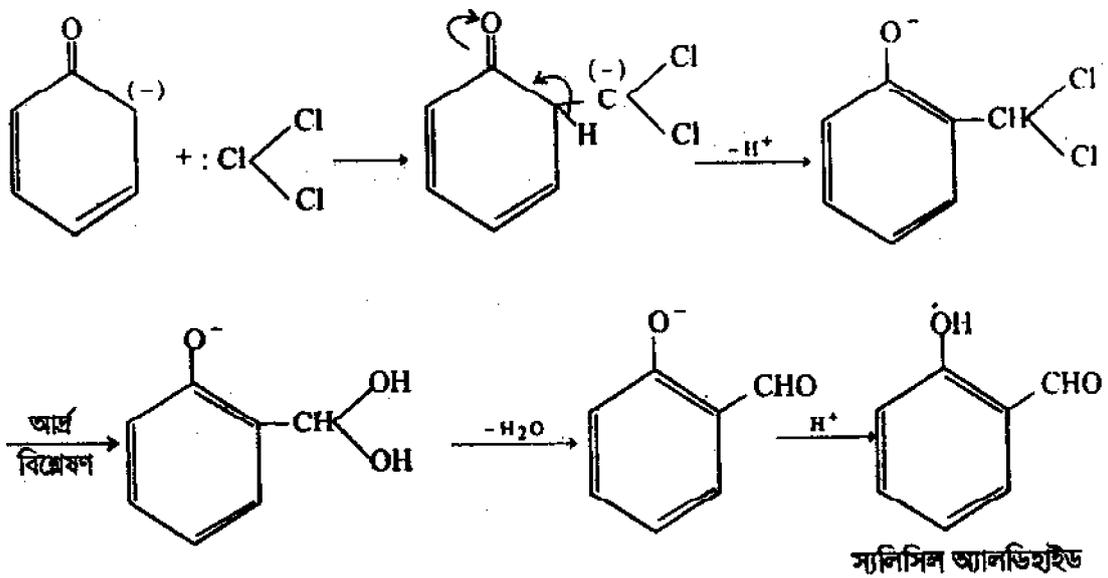


উপরোক্ত বিক্রিয়ায় স্যালিসিল অ্যালডিহাইড সরাসরি তৈরী হয় না। অন্তর্বর্তী ধাপ হিসেবে কার্বিন যৌগের উৎপত্তি ঘটে।





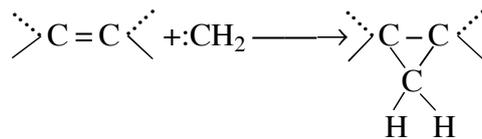
ধাপ-৩:



অনুরূপভাবে প্যারা যৌগ তৈরী হয়।

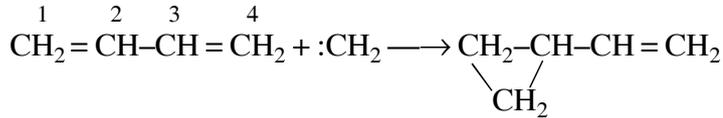
### 1.4.2

বিভিন্নরূম জৈব যৌগের প্রস্তুতির জন্য কার্বিনের ব্যবহার বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। কার্বিনের সাথে প্রারম্ভিক যৌগের যথাযথ বিক্রিয়া ঘটিয়ে নানান ধরনের যে সমস্ত জৈব যৌগের তৈরী করা সম্ভব তাদের মধ্যে কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ জৈব যৌগের প্রস্তুতির আলোচনা নীচে করা হোল।



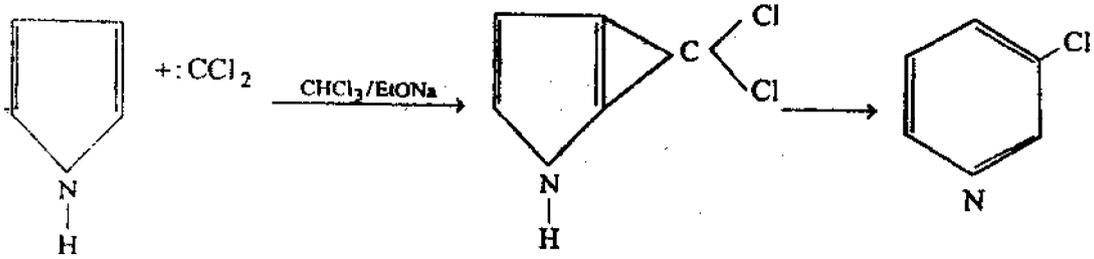
(1)

এখানে উল্লেখ করা অপ্রাসঙ্গিক হবে না যে যদি বিক্রিয়ক হিসেবে ডাইইন নেওয়া হয় সেক্ষেত্রে অ্যাডিশন (addition) বিক্রিয়াকটি ডাইইনের শুধুমাত্র 1, 2 স্থানে ঘটে থাকে।



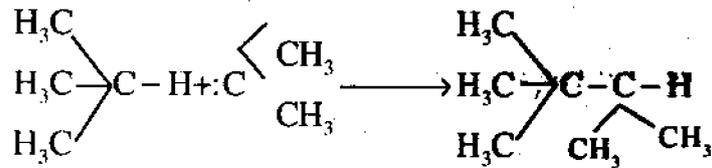
(2) রিং-যৌগের বর্ধিতায়ন

কার্বিনের যুক্তকরণ বিক্রিয়ার সাহায্যে রিংযৌগের বর্ধিতায়ন খুব সহজেই করা যায়।



(3)

C-H বন্ডের মধ্যবর্তীস্থানে সংযুক্তি ঘটানোর ক্ষেত্রে কার্বিন ব্যবহার করা হয়।



## 1.5 নাইট্রিন জাতকগণ

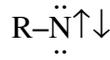
নাইট্রিন নামটি এসেছে NH অণু থেকে যার নাম অ্যাজিন (azene)। নাইট্রিনের N পরমাণুটির যোজ্যতা এক। যদিও স্বাভাবিক অবস্থায় N পরমাণুর যোজ্যতা তিন। স্বভাবতই এই জাতকগণে দুটি যোজ্যতা ইলেকট্রন বন্ধনী তৈরীর কাজে লাগানো যাচ্ছে না। অতএব নাইট্রিন জাতকগণ ইলেকট্রন ঘাটতিওয়ালা জাতকগণের গোষ্ঠীভুক্ত হবে তাতে কোন সন্দেহ নেই। যদিও এরা নিউট্রাল চরিত্রের তবুও

খুবই সক্রিয়। এদের অস্তিত্ব প্রথম লক্ষ্য করা যায় কুর্টিয়াস এবং লোসেনের পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার যথাযথ ব্যাখ্যা করার সময় এবং তখন মনে করা হয় ঐ দুই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় নাইট্রিন হচ্ছে সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক।

### 1.5.1 গঠন

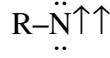
কার্বিনের মত নাইট্রিনেও সেক্সটেট আছে এবং এর দুটি সম্ভাব্য আকৃতি হতে পারে এবং উভয় আকৃতিতেই দুজোড়া চক্রে ঘূর্ণীয়মান (spinning) ইলেকট্রন-যুগ্ম থাকে আর অবশিষ্ট ইলেকট্রন দুটির দুরূম বিন্যাস হতে পারে—

অবশিষ্ট ইলেকট্রন দুটি একই বন্ধনীকক্ষে যুগ্ম অবস্থায় থাকতে পারে যার ফলে এই আকৃতিতে একটি ফাঁকা বন্ধনীকক্ষ পড়ে থাকে। এই ধরনের গঠনকে বলা হয় ‘সিঙ্গেলেট’ আকৃতি।



সিঙ্গেলেট নাইট্রিন

অবশিষ্ট ইলেকট্রন দুটি পৃথক কক্ষে-অযুগ্ম অবস্থায় থাকতে পারে। এই ধরনের গঠনকে বলা হয় ‘ট্রিপলেট’ আকৃতি।

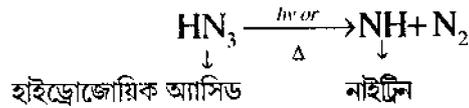


ট্রিপলেট নাইট্রিন

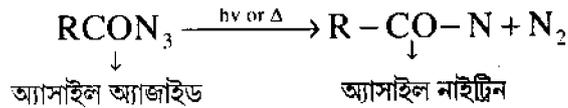
### 1.5.2 প্রস্তুতি

নাইট্রিন ও তার যৌগসমূহ প্রধানত সালোকসংশ্লেষ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয় যেমন—

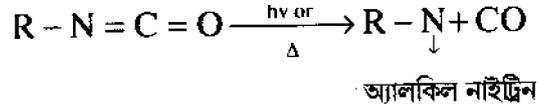
(1)



(2)



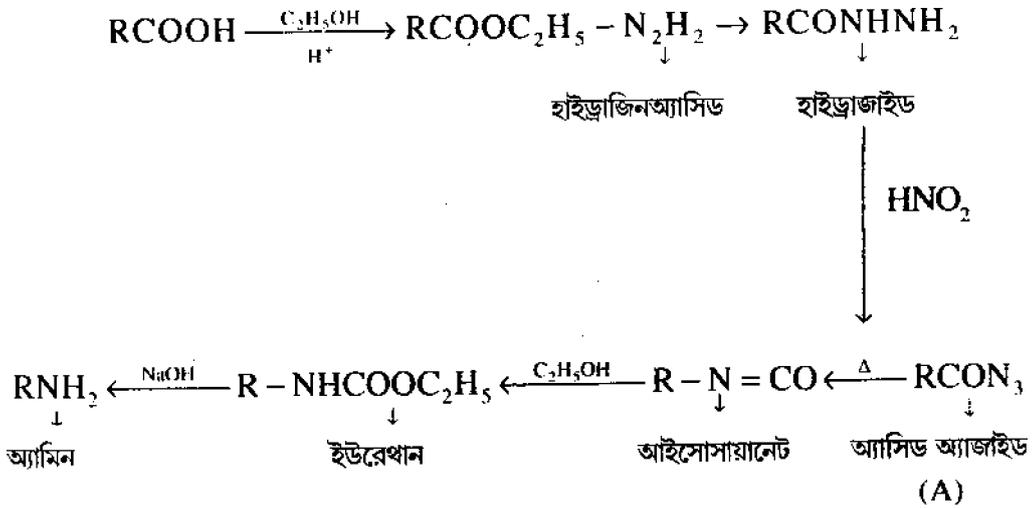
### 1.5.5.3



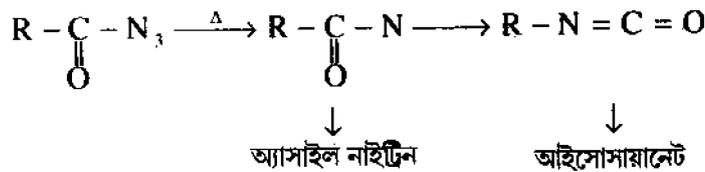
### 1.5.5.3 প্রয়োগ

বিভিন্ন বিক্রিয়ায় সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক হিসেবে নাইট্রিনের উৎপত্তি সর্বজন বিদিত। উদাহরণস্বরূপ সেরকম কয়েকটি বিক্রিয়ার উল্লেখ করা হল :

(1) কুর্টিয়াস পুনর্বিন্যাস :



উপরোক্ত বিক্রিয়া শৃঙ্খলের মধ্যে 'A' যৌগের আইসোসায়ানেটে রূপান্তর নাইট্রিনের মাধ্যমে সংগঠিত হয়—

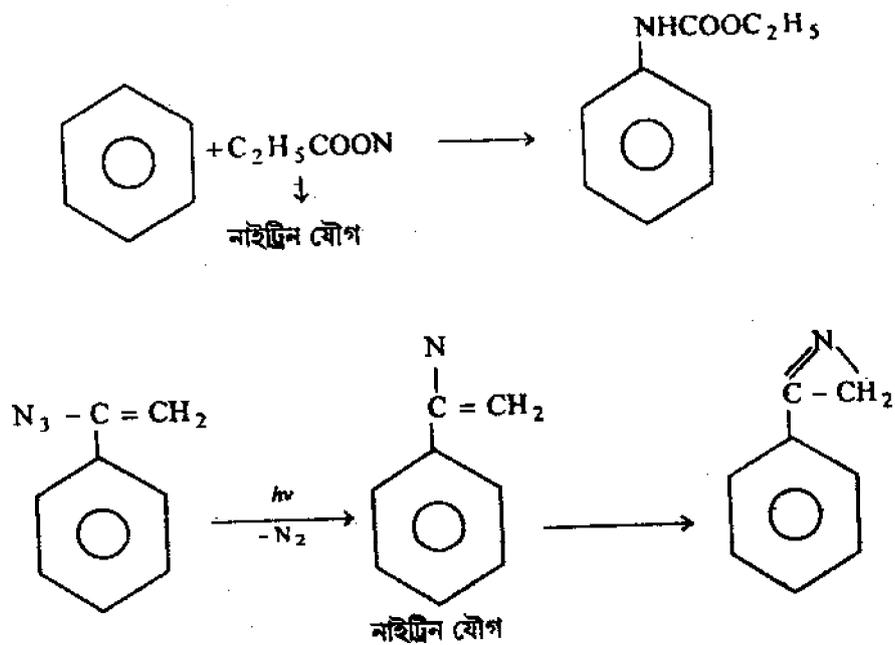


(2) হফম্যান বিক্রিয়া :

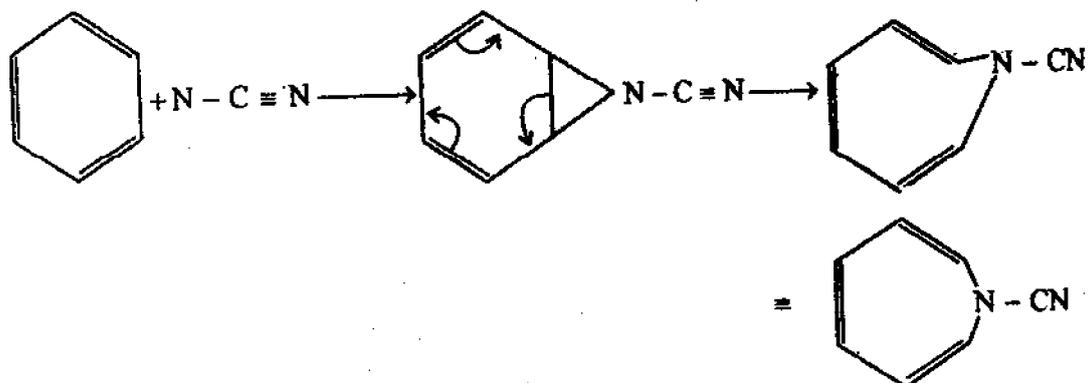
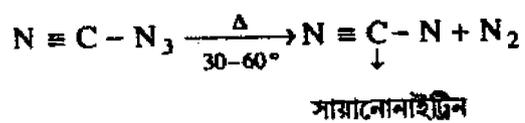


(3)

অলিফিনের সাথে সংযুক্তির ফলে বিভিন্নযৌগের উৎপত্তি ঘটে।

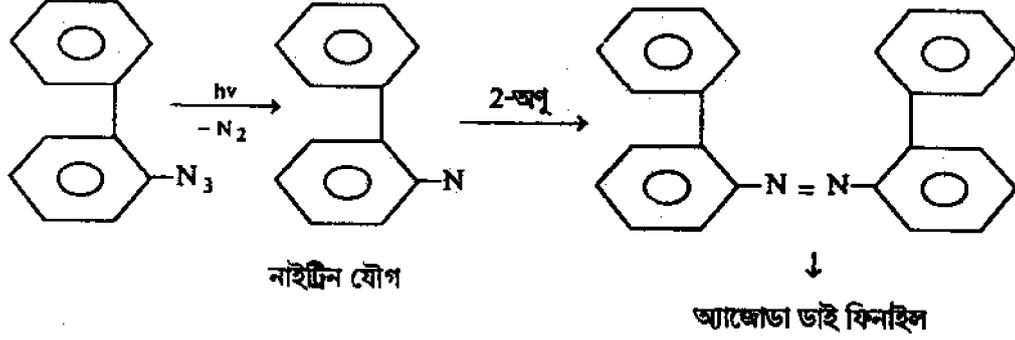


(4) রিং যৌগের বর্ধিতায়ন



(5)

নাইট্রিনের দুটি অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে জটিল অণু তৈরী করতে পারে।



## 1.6 সারাংশ

জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো সাধারণত সরাসরি কোন পণ্য তৈরী করেনা। অধিকাংশ বিক্রিয়া সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়কের মাধ্যমে সংগঠিত হয়। এই ধরনের অসংখ্য সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়কের মধ্যে কার্বিন ও নাইট্রিন হচ্ছে বহুল পরিচিত এবং বিভিন্ন জৈব যৌগের প্রস্তুতি এবং নানান বিক্রিয়ার সুচারু ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে বই দুটি সক্রিয়জাতকগণের প্রয়োগ লক্ষণীয়।

## 1.7 প্রশ্নাবলি

1. সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক বলতে কী বোঝায় ?
2. এই সমস্ত জাতকগণের কয়েকটি নাম করুন।
3. কার্বিন কীভাবে প্রস্তুত করা হয়। এর গঠন সম্পর্কে আলোকপাত করুন।
4. কী কী ক্ষেত্রে কার্বিনের প্রয়োগ লক্ষ করা যায় উদাহরণসহ লিখুন।
5. নাইট্রিন কী ও এর গঠন কী রকম এবং কীভাবে এটি প্রস্তুত করা হয় ?
6. নাইট্রিনের প্রয়োগ সম্পর্কে যা জানেন লিখুন।

---

## 1.8 উত্তরমালা

---

1.1.1 অংশ দেখুন।

2.1.1 অংশ দেখুন।

3.9.1.2 অংশ দেখুন।

5.6.1.5 অংশ দেখুন।

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

---

## একক 2 □ বেনজাইন

---

- 2.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 2.2 বেনজাইনের গঠন
- 2.3 প্রস্তুতি
- 2.4 ব্যবহার
- 2.5 সারাংশ
- 2.6 প্রশ্নাবলি
- 2.7 উত্তরমালা

---

### 2.1 প্রস্তাবনা

---

কার্বিন ও নাইট্রিনের মত বেনজাইন হচ্ছে একটা অন্যতম সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক। এর আণবিক সংকেত হচ্ছে  $C_6H_4$  অর্থাৎ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বেনজিনের আণবিক সংকেতের তুলনায় 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু কম। এই জাতকটি এরাইন এবং ডি-হাইড্রোবেনজিন নামেও পরিচিত। অন্যান্য সক্রিয় জাতকগণের মত জৈবরসায়ন বিক্রিয়ার বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা প্রতিষ্ঠায় এবং বহুবিধ জৈবযৌগের প্রস্তুতিতে বেনজাইন এর ব্যবহার কারও অজানা নেই। আপাতদৃষ্টিতে বেনজাইন নিউট্রালধর্ম বিশিষ্ট বলে মনে হলেও খুবই সক্রিয় ও ক্ষণস্থায়ী এবং এর অণুনাড়ীয় (resonance) শক্তি হচ্ছে মৌল প্রতি 63 কিলোক্যালোরি।

#### উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ ও আলোচনা করে আপনারা বেনজাইনের সম্বন্ধে সম্যক অবহিত হতে পারবেন।

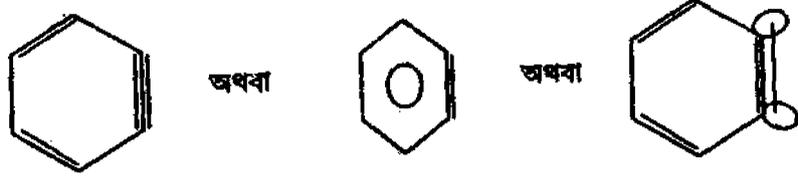
---

### 2.2 বেনজাইনের গঠন

---

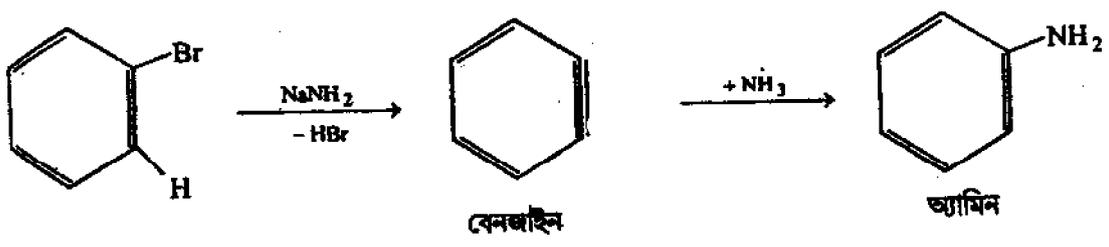
আগেই উল্লেখ করা হয়েছে বেনজাইন হচ্ছে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন-বেনজিনের মত কিন্তু এতে 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু কম আছে। 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু কম থাকার অর্থ বেনজাইনে একটা অতিরিক্ত বন্ধনীর উপস্থিতি। এই অতিরিক্ত বন্ধনীটি খুবই দুর্বল এবং দুটি  $SP^2$  সংকর কক্ষের পারস্পরিক আচ্ছাদনের ফলে গঠিত হয়। কিন্তু অ্যালকাইনের মত লম্বাটে (linear)-ধরনের নয়, অর্থগোণালের মত। এই ধারণাকে

ভিত্তি করে বেনজাইনের যে আকৃতি দাঁড়ায় তা হলো নীচের মত এবং এখনও অবধি এই আকৃতিটি সর্বজন স্বীকৃত।



### 2.3 প্রস্তুতি

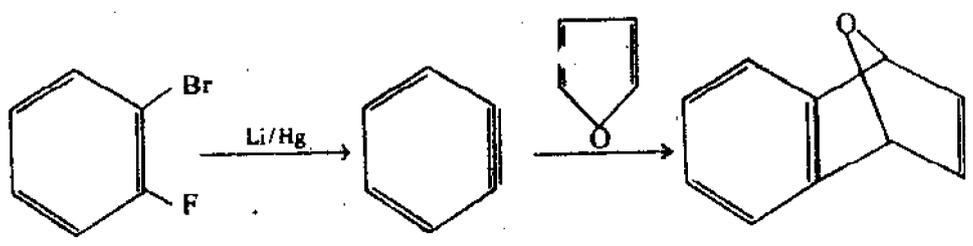
অ্যারাইল হ্যালাইডের সাথে শক্তিশালী ক্ষারীয় পদার্থ যেমন সোডামাইড ( $\text{NaNH}_2$ ) বা কিছু ধাতব অক্সাইডের বিক্রিয়ার সময় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক হিসেবে বেনজাইন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় পর্যায়ক্রমে বর্জন ও সংযোজনের ফলে ক্ষণস্থায়ী বেনজাইন উৎপন্ন হয় যেটা শেষ অবধি অ্যালোমেটিক অ্যামিন তৈরী করে।



উপরোক্ত বিক্রিয়ায় বেনজাইন যে ক্ষণস্থায়ী মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক হিসেবে উৎপন্ন হয় তা সন্দেহাতীত ভাবে প্রমাণিত ঘটনা। এই প্রসঙ্গে কয়েকটি প্রমাণের উল্লেখ করা যেতে পারে।

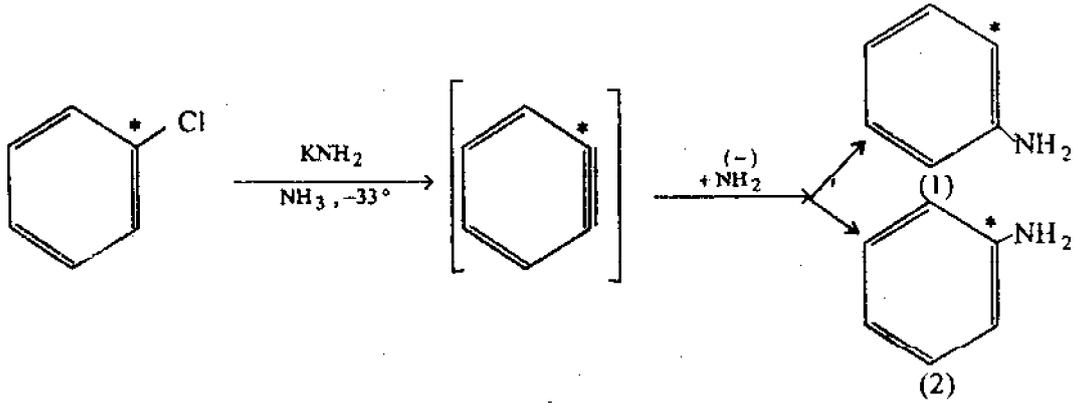
(1)

বিক্রিয়া চলাকালীন ফিউরানের সাহায্যে উৎপন্ন মধ্যবর্তী-বেনজাইন যৌগটিকে তালুবন্দী করা—



(2)

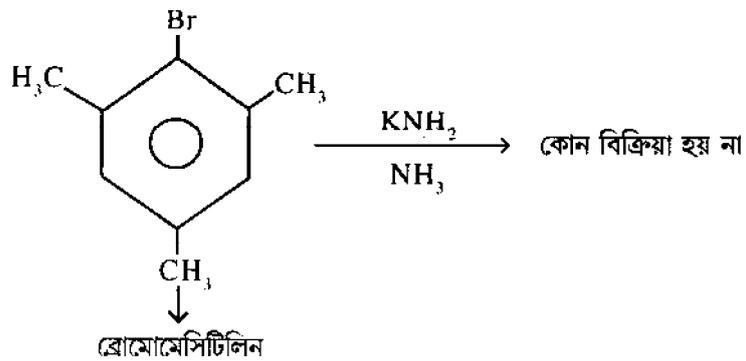
রবার্ট ও তার সহকর্মীরা ব্রোমোবেনজিন থেকে অ্যানিলিন তৈরীর সময় আইসোটোপ ব্যবহার করে প্রমাণ করেন ক্ষণস্থায়ী হিসেবে বেনজাইন তৈরী হয়।



(I) এবং (II) উভয় পণ্যই শতকরা 50 ভাগ করে তৈরী হয় যেটা প্রমাণ করে ক্ষণস্থায়ী মধ্যবর্তী বেনজাইন তৈরী হয়।

(3)

ব্রোমো-মেসিটিলিন যার অর্থো (ortho) অবস্থানে হাইড্রোজেন পরমাণু নেই উপরোক্ত বিক্রিয়া সংগঠিত হয় না।

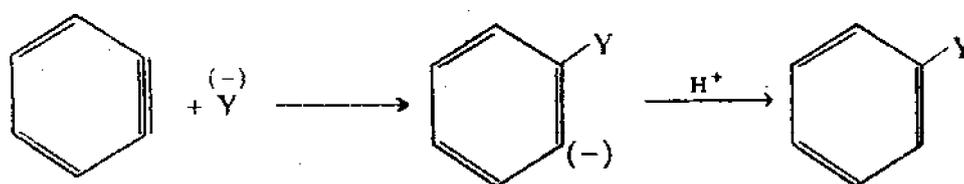


## 2.4 ব্যবহার

ক্ষণস্থায়ী ও সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক রূপে বেনজাইনের বহুল ব্যবহার লক্ষ করা যায়। সেগুলির মধ্যে কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ব্যবহারের আলোচনা করা হল।

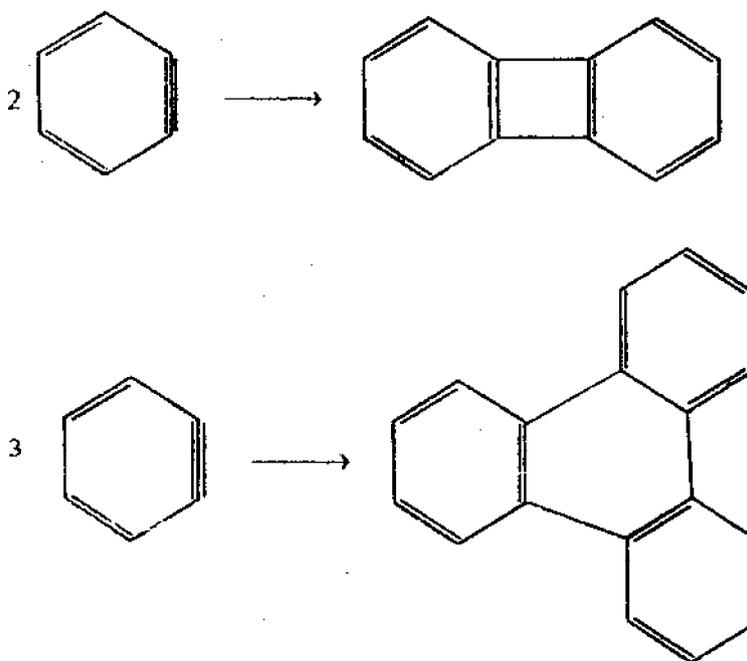
### 2.4.1

খুবই ক্ষণস্থায়ী ও সক্রিয় হওয়ার জন্য বেনজাইন খুব সহজেই বিক্রিয়া মিশ্রণস্থিত যে কোন নিউক্লিয়োফাইলের সাথে বিক্রিয়া করতে পারে।



[ $Y^{-}$  কোন নিউক্লিয়োফাইল যেমন  $OH^{-}$ ,  $NH_2^{-}$ ,  $CH_2^{-}COOEt$  ইত্যাদি]

কিন্তু বিক্রিয়া মিশ্রণে কোন নিউক্লিয়োফাইল না থাকলে পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া ঘটে যেমন—

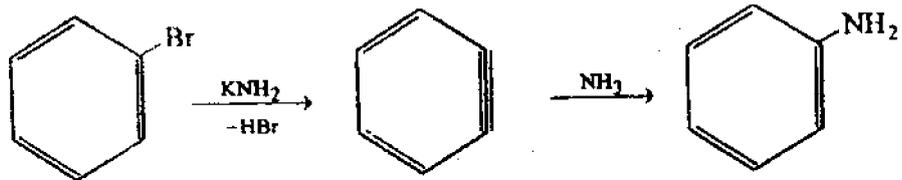


## 2.4.2

বিভিন্ন জাতীয় জৈব যৌগের প্রস্তুতির সময় সক্রিয় মধ্যবর্তী হিসেবে বেনজাইনের ব্যবহার লক্ষণীয়।

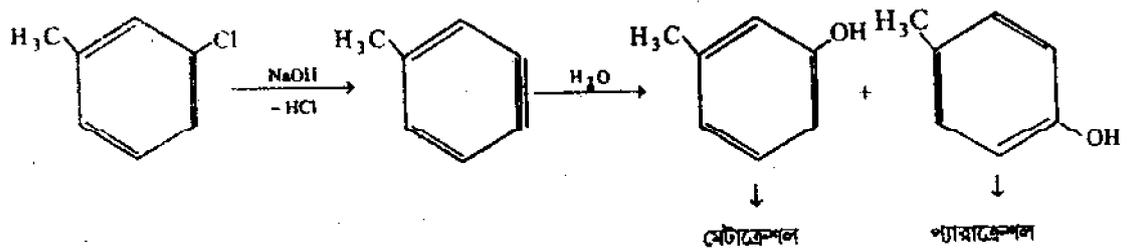
(1)

অ্যারাইল হ্যালাইড থেকে অ্যারাইল অ্যামিনের প্রস্তুতি—



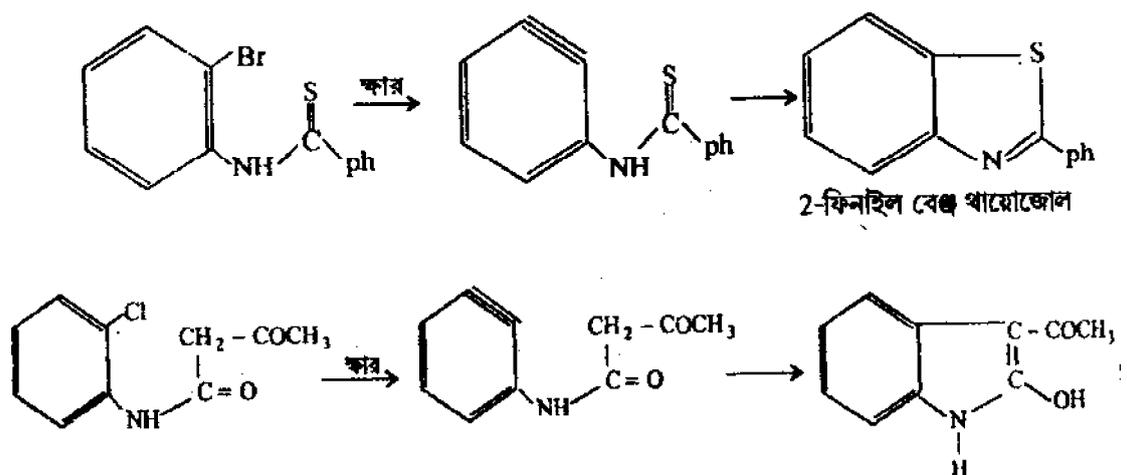
(2)

অ্যারাইল হ্যালাইড থেকে ফিনল প্রস্তুতি—



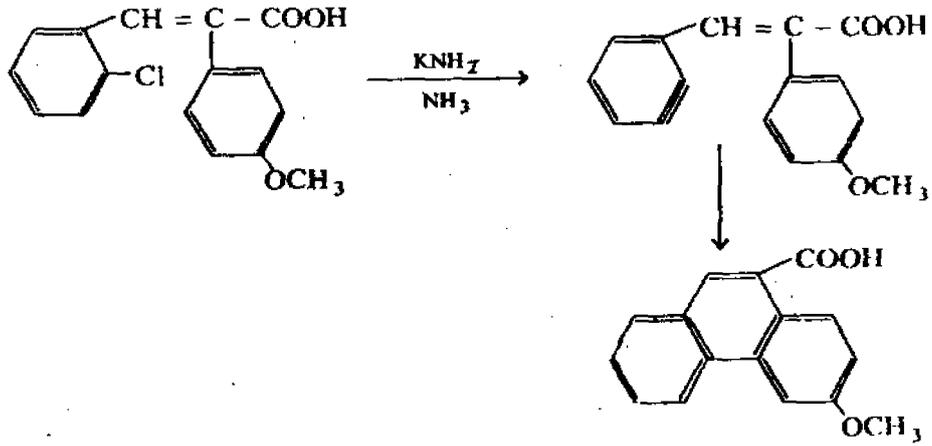
(3)

হেটারোসাইক্লিক যৌগ প্রস্তুতির ক্ষেত্রে বেনজাইনের ব্যবহার লক্ষ্য করা যায়—



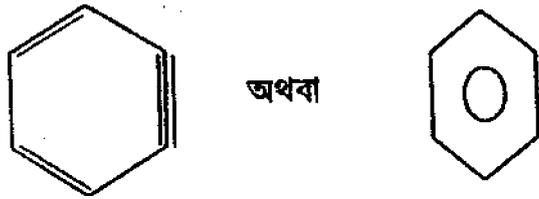
(4)

ফিনানথ্রিন জাতীয় যৌগ তৈরীর ক্ষেত্রেও বেনজাইনের ব্যবহার করা হয়।



## 2.5 সারাংশ

কার্বন ও নাইট্রিনের মত বেনজাইন একটি ক্ষণস্থায়ী ও সক্রিয় মধ্যবর্তী বিক্রিয়ক। অ্যালকাইনের মত এটা ত্রিবন্ধনীয় যৌগ হলেও লম্বাটে ধরনের নয়,—অর্থগোনাল আকৃতির। এর গঠন হচ্ছে,



অ্যারোমেটিক হ্যালাইডের সাথে শক্তিশালী ক্ষারের বিক্রিয়ায় এরা ক্ষণস্থায়ী মধ্যবর্তী হিসেবে উৎপন্ন হয় এবং বিভিন্ন ধরনের জৈবযৌগের প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

---

## 2.6 প্রশ্নাবলি

---

1. বেনজাইন কী ? ইহার গঠন কী রকম ?
2. বেনজাইন কীভাবে প্রস্তুত করা হয় ?
3. “সক্রিয় বিক্রিয়ক মধ্যবর্তী হিসেবে বেনজাইন উৎপন্ন হয়”—এই বক্তব্যের সমর্থনে প্রমাণ দিন।
4. জৈব রসায়নে বেনজাইন ব্যবহারের কয়েকটি উদাহরণ দিন।

---

## 2.7 উত্তরমালা

---

পাঠ্যাংশ থেকে উত্তরগুলি সংগ্রহ করে নিন।

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

---

## একক 3 □ আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

---

### 3.1 প্রস্তাবনা,

উদ্দেশ্য

### 3.2 আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

### 3.3 পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ

#### 3.3.1

### 3.4 অনুঘটক

3.5.1 প্রাইমারী, সেকেন্ডারী ও টারশিয়ারী কোহলের পারস্পরিক রূপান্তর

3.5.2 নিওপেন্টাইল হ্যালাইডের আর্দ্রবিচ্ছেদ

3.5.3 পিনাকল-পিনাকোলন পুনর্বিন্যাস

3.5.4 অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস

3.5.5 ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

3.5.6 ক্লেজেন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

3.5.7 বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া

3.5.8 বেনজিন পুনর্বিন্যাস

### 3.6 সারাংশ

### 3.7 প্রশ্নাবলি

### 3.8 উত্তরমালা

---

## 3.1 প্রস্তাবনা

---

আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (molecular rearrangement) হচ্ছে একটা বিশেষ ধরনের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ায় প্রাথমিকভাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী যৌগের একটা পরমাণু বা একটা

পরমাণুগুচ্ছ (functional group) স্থান পরিবর্তন করে। এর ফলে যৌগটির গঠনগত কিছু পরিবর্তন ঘটে। এরকম বিক্রিয়া জৈব রসায়নে প্রায়শই লক্ষ করা যায় এবং জৈব যৌগের ধর্ম ও গঠন নির্ধারণ ছাড়া নানা প্রকার যৌগ প্রস্তুতিতে বিশেষ সহায়কের ভূমিকা পালন করে। এই ধরনের বিক্রিয়ায় পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের নিজস্ব অবস্থানের ঠিক পরের স্থানে স্থানান্তরিক হওয়ার ঘটনা প্রধানত বেশী করে ঘটে। সেই জন্য পুনর্বিন্যাস জাতীয় বিক্রিয়াগুলো 1, 2-স্থানান্তর (shift) নামেই সমধিক পরিচিত।

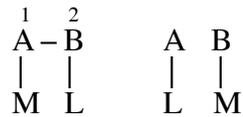
#### উদ্দেশ্য :

এই এককটি পাঠ করে আপনারা উপযুক্ত পদ্ধতি, প্রয়োগ ও শৈলী সম্বন্ধে সম্যক অবহিত হবেন।

### 3.2 আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া প্রসঙ্গে

আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া প্রসঙ্গে একটা কথা মনে রাখা প্রয়োজন—যে পরমাণুটি বা পরমাণুগুচ্ছটি স্থানান্তরিত হচ্ছে সেটা কোন আয়ন কিংবা র্যাডিক্যাল রূপে স্থান পরিবর্তন করে। অতএব স্বাভাবিকভাবেই বলা যায় যে স্থানে ঐ পরমাণুটি বা পরমাণুগুচ্ছটি স্থানান্তরিত হবে সেখানেও প্রয়োজনীয় আয়নিক বা র্যাডিক্যাল কেন্দ্র থাকতে হবে। কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থায় কোন অণুতে আয়নিক বা র্যাডিক্যাল কেন্দ্র থাকে না। সুতরাং এই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যেতে পারে—যে স্থানে অভিপ্রয়োগ (migration) ঘটবে সেখানে স্থানান্তরের আগেই প্রয়োজনীয় আয়নিক অথবা র্যাডিক্যাল কেন্দ্রের সৃষ্টি করতে হবে এবং এটাই হচ্ছে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার পূর্ব শর্ত।

সাধারণত কোন অণুতে আয়নিক বা র্যাডিক্যাল কেন্দ্র সৃষ্টি করা তখনই সম্ভব যখন ঐ অণু থেকে কোন একটি পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ সরিয়ে দেওয়া যায়। সুতরাং এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অণুতে সহজে অপসারণযোগ্য একটি পরমাণু বা পরমাণুগুচ্ছ থাকতে হবে। উপরোক্ত আলোচনার ভিত্তিতে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াকে গঠনগত দিক থেকে নীচের সমীকরণ অনুযায়ী উপস্থানপন করা যেতে পারে।



L-হচ্ছে বিদায়ী পুঞ্জ বা পরমাণু, সাধারণত এটা H, হ্যালোজেন কিংবা -OH, -NH<sub>2</sub>, -SH ইত্যাদি পুঞ্জ হতে পারে। M হচ্ছে পরিযায়ী বা স্থানান্তরীল পুঞ্জের প্রতীক এবং এটা L-এর মত কোন পরমাণু বা পুঞ্জ হতে পারে।

‘A’-স্থানান্তরের উৎস এবং ‘B’ স্থানান্তরের সমাপ্তি স্থল। A এবং B, C, N, O, S ইত্যাদি পারমাণবিক কেন্দ্র।

### 3.3 পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ

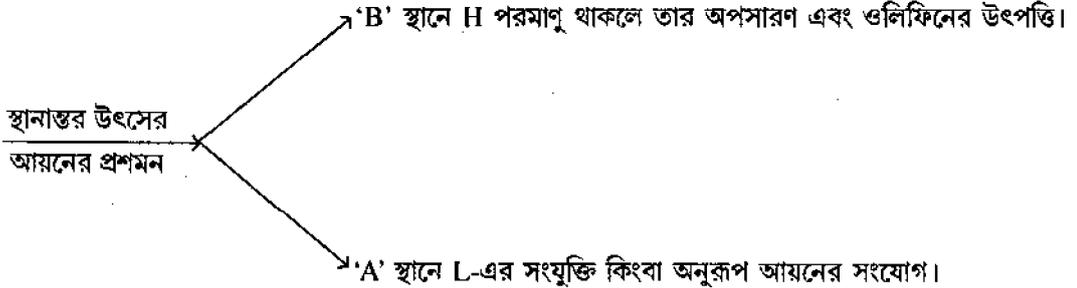
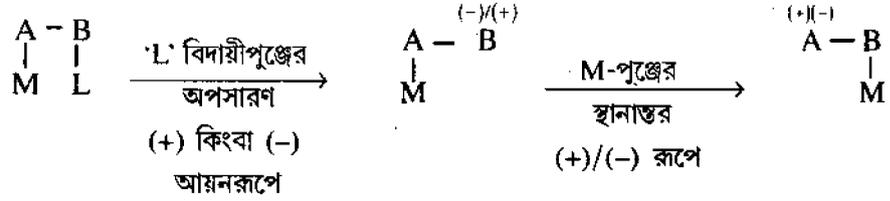
সাধারণভাবে স্থানান্তর প্রক্রিয়ার সমাপ্তিস্থলের প্রকৃতি অনুযায়ী পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াগুলোকে দুটো শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়েছে।

(ক) সমাপ্তিস্থলে আয়নিক কেন্দ্র উৎপন্ন হয়ে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া ঘটলে সেগুলোকে আয়নিক কেন্দ্রে পুনর্বিন্যাস আর (খ) সমাপ্তিস্থলে র্যাডিক্যাল তৈরীর মাধ্যমে বিক্রিয়া হলে সেটিকে র্যাডিক্যাল কেন্দ্রে পুনর্বিন্যাস নামে অভিহিত করা হয়। এগুলোর মধ্যে আয়নিক কেন্দ্রে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াই হচ্ছে স্বাভাবিক ঘটনা।

### 3.3.1

আয়নিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াগুলোকে আবার দুটি পৃথক শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। (ক) যদি আয়নিত কেন্দ্রটি ইলেকট্রন ঘাটতিওয়ালা কেন্দ্র হয় তা হলে ঐ ধরনের বিক্রিয়াকে বলা হয় ইলেকট্রন ঘাটতিওয়ালা কেন্দ্রে পুনর্বিন্যাস আর (খ) যদি আয়নিত কেন্দ্রটি ইলেকট্রন পুষ্ট কেন্দ্র হয় তা হলে সেগুলো হল ইলেকট্রন পুষ্ট কেন্দ্রে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া। এগুলির মধ্যে (ক) শ্রেণীভুক্ত বিক্রিয়াই সাধারণত ঘটে থাকে।

উপরের আলোচনার পটভূমিতে আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার সার্বিক চেহারাটি কয়েকটা ধাপে প্রকাশ করা যায়—



[বিঃ দ্রঃ A এবং B স্থানে (+) কেন্দ্রই সাধারণভাবে উৎপন্ন হওয়ার ঘটনাই সচরাচর লক্ষ করা যায়।]

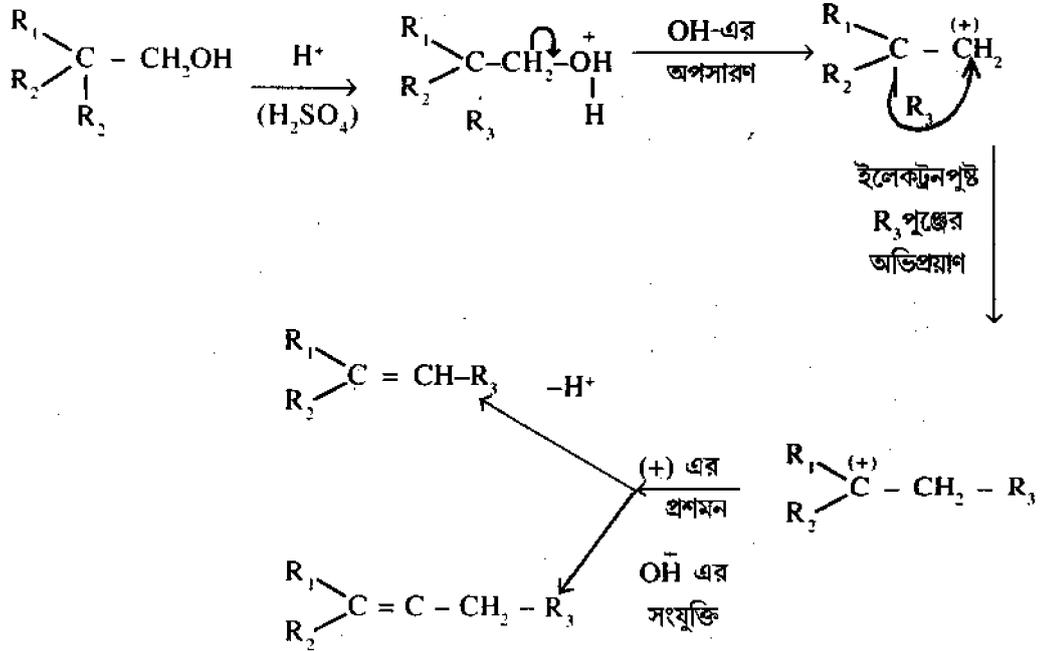
## 3.4 অনুঘটক

পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় অম্ল (খনিজ বা লুইস) কিংবা ক্ষার (অ্যালক্যালি বা অ্যালকক্সাইড) যে কোন ধরনের অনুঘটক ব্যবহার করা যায়। তবে আম্লিক অনুঘটকের ব্যবহার বেশী লক্ষ করা যায়।

## 3.5 উদাহরণ

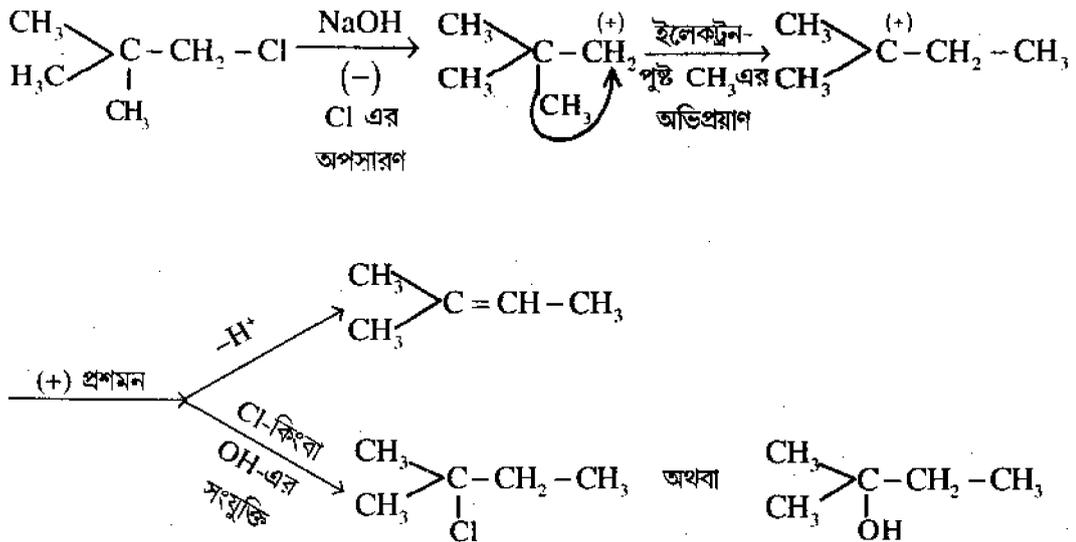
এই প্রসঙ্গে উদাহরণস্বরূপ কয়েকটা বহুল প্রচলিত পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার উল্লেখ করা হল।

### 3.5.1 প্রাইমারী, সেকেন্ডারী ও টারশিয়ারী কোহলের পারস্পরিক রূপান্তর :



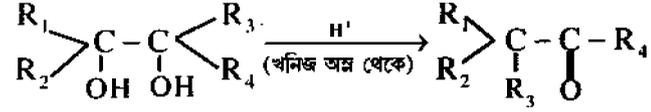
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> ও R<sub>3</sub>-এর মধ্যে যেটি বেশী ইলেকট্রনপুষ্টি সেটির অভিপ্রয়োগ ঘটে।

### 3.5.2 নিওপেন্টাইল হ্যালাইডের আর্দ্রবিচ্ছেদ :



### 3.5.3 পিনাকল-পিনাকোলন পুনর্বিন্যাস :

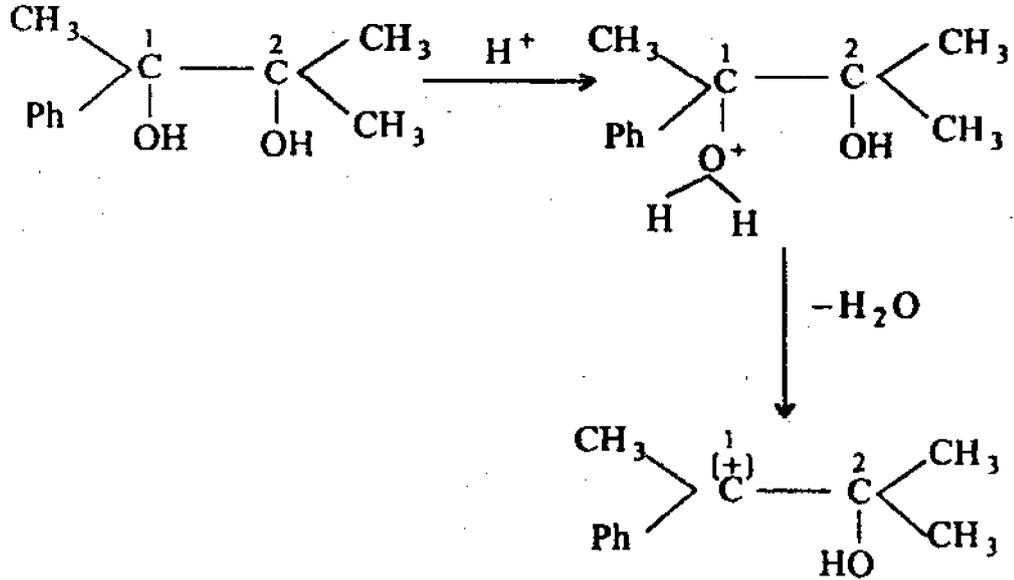
এই বিক্রিয়ায় কোন খনিজ অম্লের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে টারসিয়ারী গ্লাইকল (পিনাকল)-এর অনুরূপ কিটোনে পরিবর্তন ঘটে। যেমন—



এই বিক্রিয়ার গতিপথ সম্পর্কে স্থির সিদ্ধান্তে পৌঁছানো সম্ভব না হলেও একটা বিষয়ে সকলেই একমত যে প্রথম ধাপে দুটি OH পুঞ্জের মধ্যে যে কোন একটিতে প্রোটন যুক্ত হয়। পরবর্তী ধাপ ঠিক কি হবে সে সম্পর্কে কিছু মন্তব্য করার আগে কয়েকটি জরুরি প্রশ্নের সমাধান প্রয়োজন। এই প্রশ্নগুলি হচ্ছে—

1. পিনাকলে দুটি OH পুঞ্জের মধ্যে কোনটি প্রোটনযুক্ত হয় ?
2. বিক্রিয়াটি আন্তঃআণবিক ও অন্তঃআণবিক (inter and intra molecular) এই দুই শ্রেণীর কোন শ্রেণীভুক্ত ?

পরীক্ষায় দেখা গেছে যে OH পুঞ্জটিতে প্রোটন সংযুক্তির মাধ্যমে জল অপসারণের ফলে তুলনামূলকভাবে অধিকতর স্থায়ী কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হতে পারে সাধারণভাবে সেই OH পুঞ্জে প্রোটন যুক্ত হয়, যেমন,

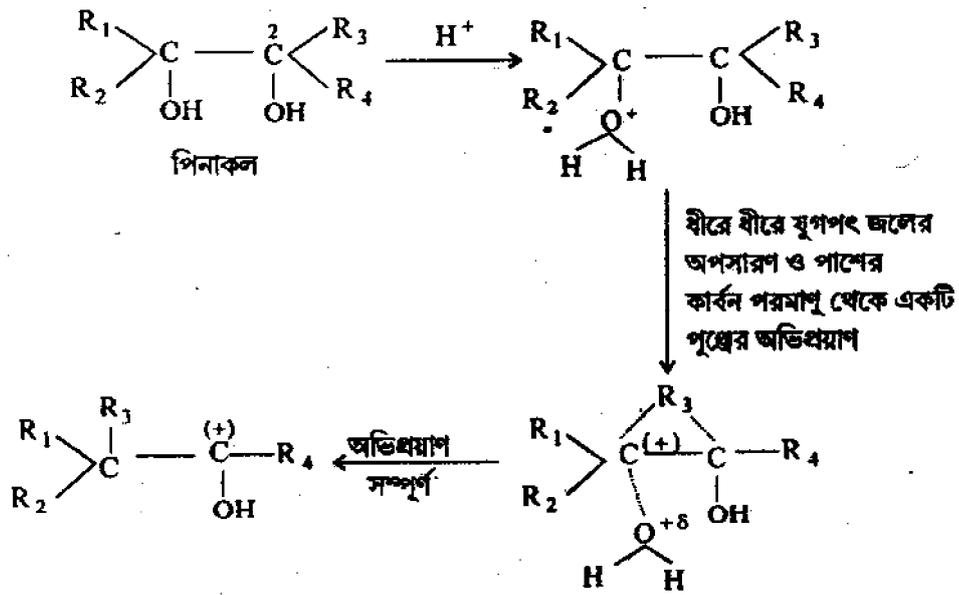


উপরোক্ত যৌগে 1নং কার্বন পরমাণুতে ফিনাইল পুঞ্জ যুক্ত থাকায় অনুবাদ ঘটবে যার ফলে কার্বোক্যাটায়নটির স্থায়িত্ব বেড়ে যাবে।

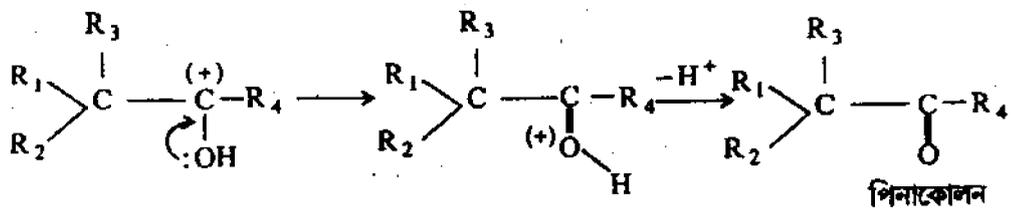
সংকর পণ্য উৎপাদন পরীক্ষা (cross-over experiment) করে দেখা গেছে এই বিক্রিয়ায় সংকর পণ্যের উৎপাদন ঘটে না। সুতরাং এর থেকে প্রমাণিত হয় যে বিক্রিয়াটি অন্তঃআণবিক শ্রেণীর।

উপরোক্ত পর্যবেক্ষণের ভিত্তিতে এই বিক্রিয়ার গতিপথ সম্পর্কে যে ধারণা এখন চালু আছে সেটিকে নিম্নবর্ণিত ধাপে প্রকাশ করা যেতে পারে।

ধাপ-1 :

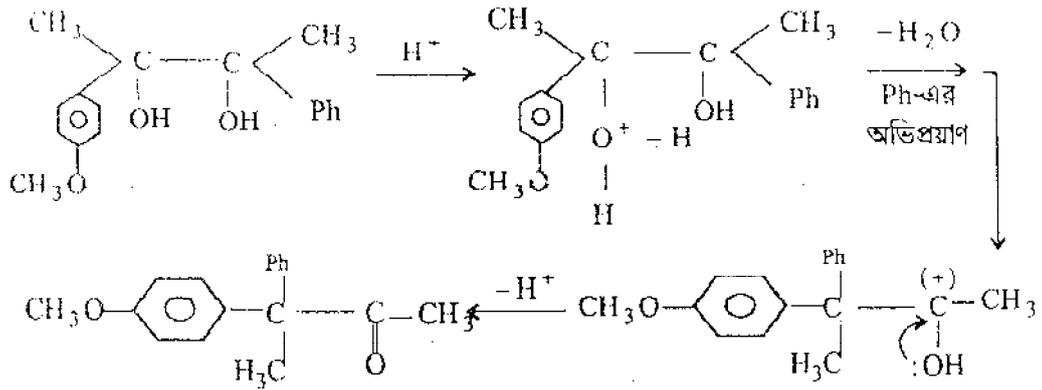


ধাপ-2 : +ve চার্জের উপশম :



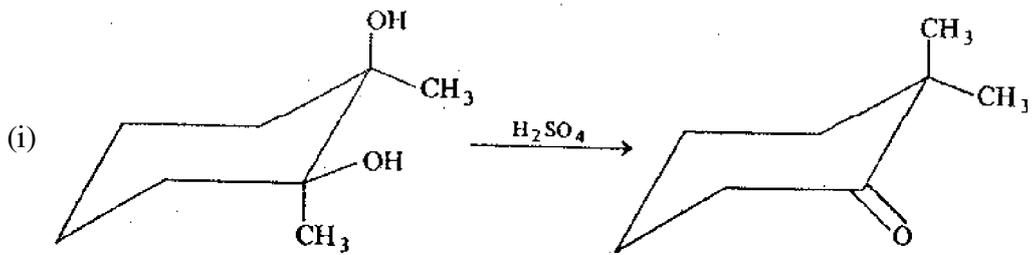
### 3.5.3.1 অভিপ্রয়াণ প্রবণতা

প্রতিস্থাপিত পুঞ্জটি যেহেতু ইলেকট্রন পুষ্ট (nucleophile) পুঞ্জরূপে অভিপ্রয়াণ করে একাধিক অভিপ্রয়াসী পুঞ্জ থাকলে তুলনামূলকভাবে অধিকতর ইলেকট্রনপুষ্ট পুঞ্জটির অভিপ্রয়াণ ঘটবে, যেমন—

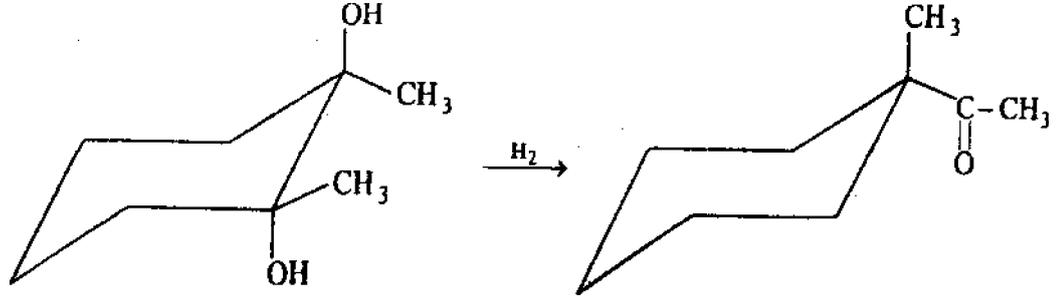


### 3.5.3.2 দিক-বিন্যাস (stereo chemical) চাহিদা

বহু পরীক্ষানিরীক্ষার পর দেখা গেছে যে অভিপ্রয়াসী (migrating) এবং বিদায়ী পুঞ্জ দুটি পরস্পর বিপরীতমুখী হলে বিক্রিয়াটি খুব ভাবভাবে সংঘটিত হয়। এই প্রসঙ্গে নীচের উদাহরণটির উল্লেখ করা যেতে পারে।



(ii)

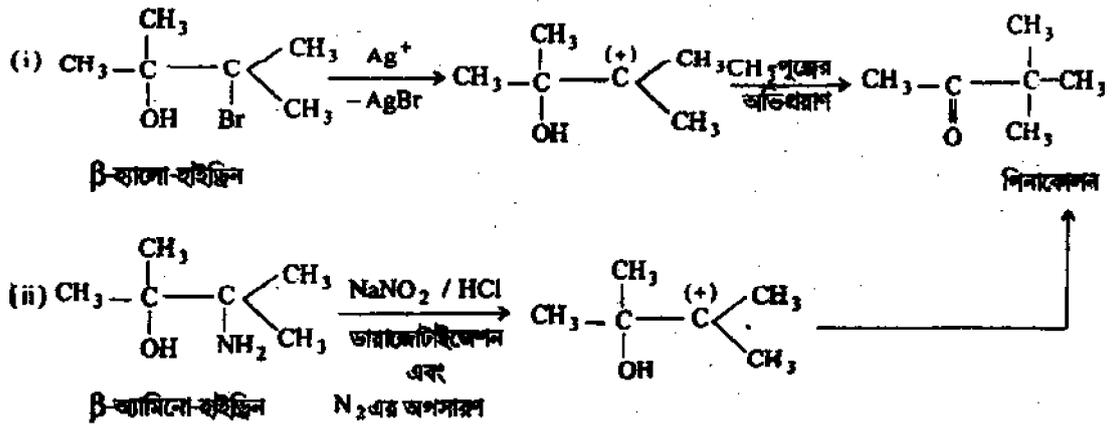


(6) নম্বর উদাহরণে বিষমপক্ষীয় CH<sub>3</sub> পুঞ্জটি এবং (ii) উদাহরণে বিষমপক্ষীয় 'a' বন্ধনীটি স্থানান্তরিত হচ্ছে।

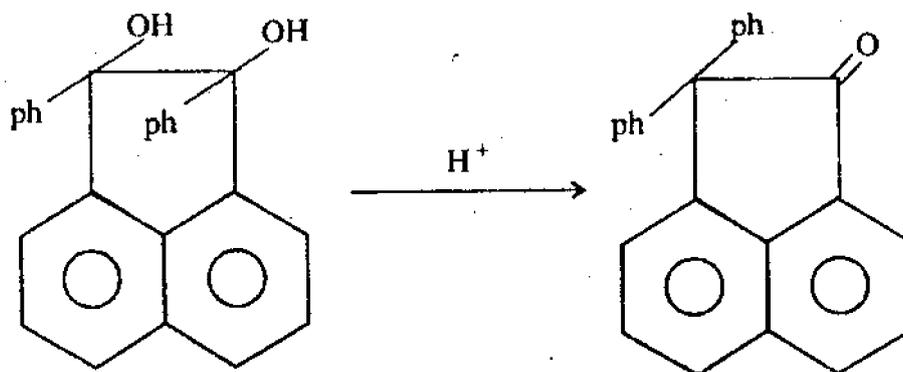
### 3.5.3.3 বিস্তার ও প্রয়োগ

(1)

যেহেতু পিনাকল-পিনাকোলন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটি কার্বোনিয়াম আয়নের মাধ্যমে ঘটে থাকে সুতরাং এটা সহজেই অনুমান করা যায় পিনাকলের মত গঠনযুক্ত যে কোন যৌগ এই ধরনের বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। প্রকৃতপক্ষে β-হ্যালো-হাইড্রিন এবং β-অ্যামিনো-হাইড্রিনকে যথাক্রমে Ag-দ্রবণ কিংবা NaNO<sub>2</sub>/HCl দিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে প্রত্যাশিত পিনাকোলন পাওয়া যায়।

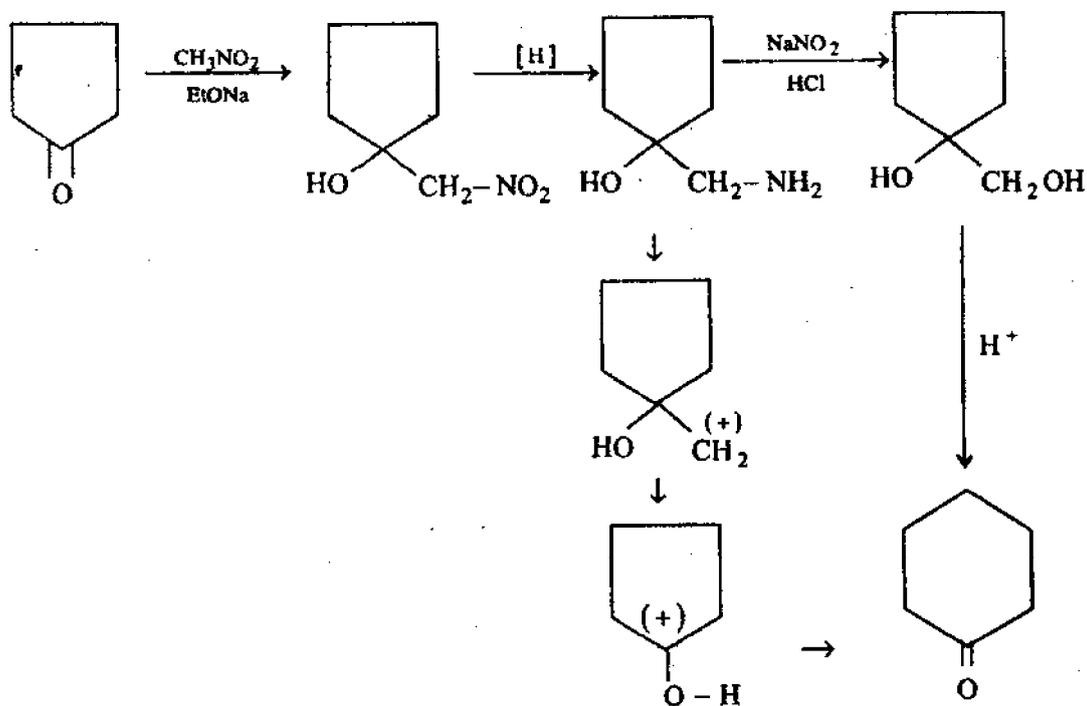


এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কষ্টসাধ্য টারশিয়ারী কিটোনগুলি খুব সহজেই প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন, 7, 8-ডাইফিনাইল 7, 8-ডাই-অল এর অনুরূপ কিটোনে পরিবর্তন—



## (2) চক্রাকৃতি যৌগের বর্ধিতায়ন

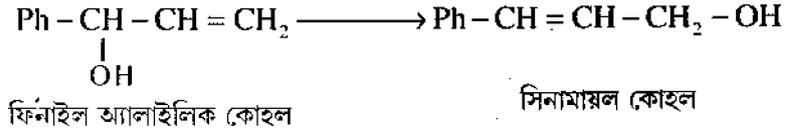
পিনাকল-পিনাকোলন বিক্রিয়ার সহায়তার চক্রাকৃতি যৌগের অনায়াসে সম্ভব।



### 3.5.4 অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস :

ক্ষার বা অম্ল জাতীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে যে কোন প্রতিস্থাপিত অ্যালাইলিক যৌগের নতুন আরেকটি অ্যালাইলিক যৌগে পরিবর্তন বিক্রিয়া সাধারণভাবে অ্যালাইলিক পরিবর্তন বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

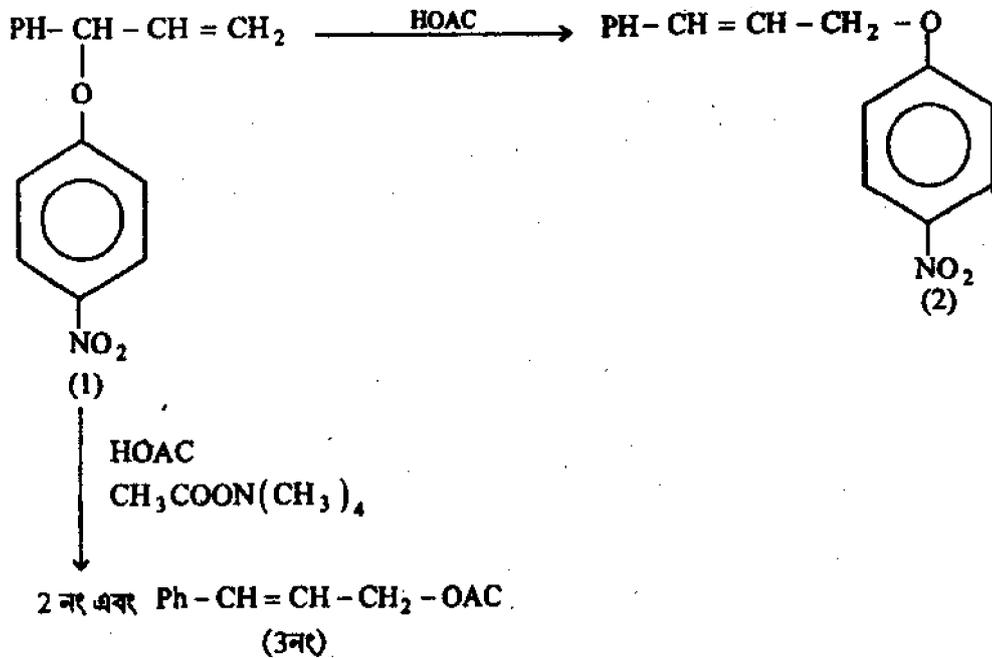
যেমন :



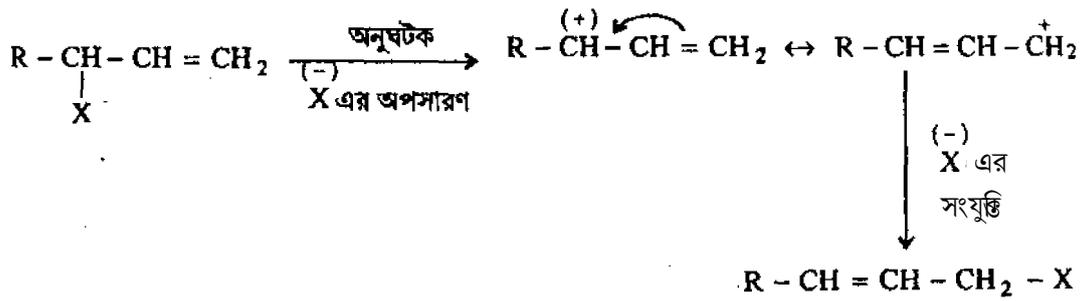
এখানে উল্লেখ করা বোধহয় অপ্রাসঙ্গিক হবে না যে এই বিক্রিয়াটি হচ্ছে অ্যানায়নিক সকল সমসংকেতকতার (Anionotropic type of tautomerism) প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

বিক্রিয়ার গতিপথ (মেকানিজম) :

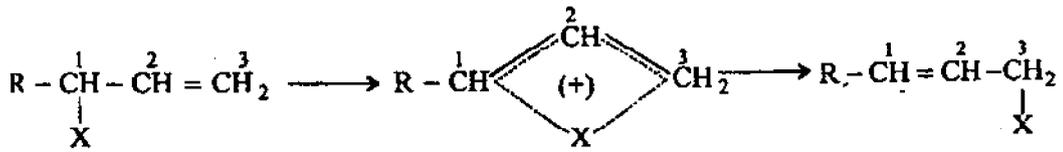
এই বিক্রিয়াটির গতিপথ সম্পর্কে প্রথম আলোকপাত করেন রাসায়নবিদ বার্টন (Barton)। তিনি লক্ষ্য করেন যে যখন 1 নং প্রতিস্থাপিত অ্যালাইলিক যৌগটিকে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করানো হয় তখন শুধুমাত্র 2 নং যৌগটি উৎপন্ন হয়। কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং টেট্রা-মিথাইল অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের মিশ্রণের উপস্থিতিতে ঐ যৌগটির বিক্রিয়া ঘটালে 2 নং যৌগের সাথে বেশ কিছু পরিমাণে 3 নং যৌগের উৎপত্তি ঘটে।



অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে 2 নং-এর সাথে 3 নং যৌগের উৎপন্নের ঠিকমত ব্যাখ্যা করতে হলে প্রাথমিক ধাপে প্রতিস্থাপিত অ্যালাইলিক কোহলিক পুঞ্জের অপসারণের ফলে কার্বোনিয়াম আয়নের উৎপত্তি ঘটেছে এরকম ধারণা করতেই হবে। পরবর্তী ধাপে কার্বোনিয়াম আয়নের সাথে অপসারিত পুঞ্জ কিংবা বিক্রিয়া চলাকালীন প্রাপ্ত অ্যানায়নের সংযুক্তি ঘটে। উপরোক্ত ব্যাখ্যার ভিত্তিতে বার্টন এই বিক্রিয়ার গতিপথটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করেন।



উপরোক্ত গতিপথটা হলে SN<sup>1</sup>-এর মত এবং মেরু দ্রাবকে খুব ভালভাবে সংগঠিত হয়। এই পথটিকে SN<sup>1</sup> নামে চিহ্নিত করা হয়ে থাকে। কিন্তু পরবর্তীকালে দেখা যায় এই বিক্রিয়াটি দ্রাবকে কিংবা কোন দ্রাবক ছাড়াই সংঘটিত হতে পারে। এরকম পরিস্থিতিতে এই বিক্রিয়ার গতিপথটি SN<sup>2</sup>-এর মত বলে মনে করা হয় এবং গতিপথটিকে SN<sup>2</sup> রূপে প্রকাশ করা হয়। SN<sup>2</sup> গতিপথে একটি চক্রাকার অবস্থান্তর অবস্থার কল্পনা করা হয়ে থাকে।



চক্রাকার অবস্থান্তর অবস্থা

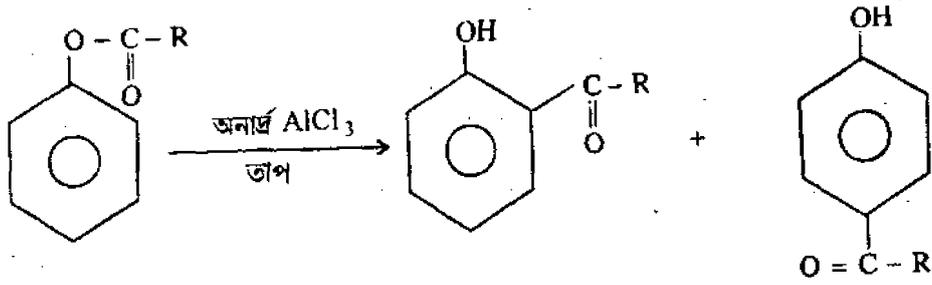
**প্রয়োগ :**

অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটি প্রায়শই টারশিয়ারী কোহলকে প্রাইমারী কোহলে রূপান্তরের জন্য বিশেষ করে সিট্রাল, ভিটামিন-এ এবং স্ফারনেসল এর মত উদ্ভিজ্জ যৌগের সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

**মন্তব্য :** অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটি পেরিসাইক্লিক শ্রেণীর বিক্রিয়ার 1:3 স্থানান্তরণ জাতীয় সিগমাত্রোপিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার প্রধান উদাহরণ।

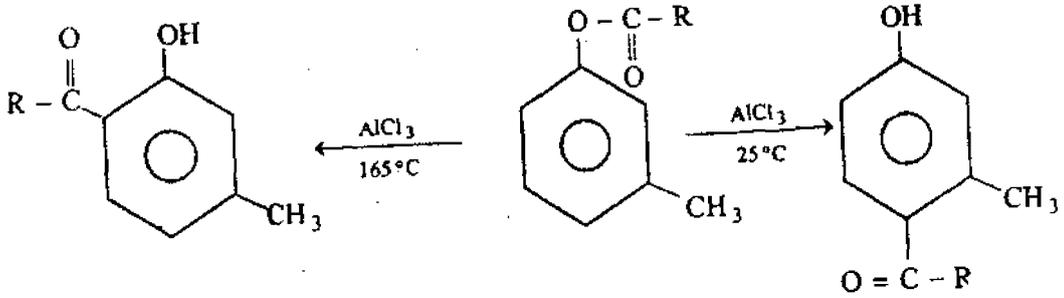
### 3.5.5 ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস :

1908 সালে রসায়নবিদ ফ্রায়েজ লক্ষ করেন যে কোন ফিনলের এস্টার বা অ্যাসাইলেটেড ফিনলকে অনার্দ্র  $AlCl_3$ -এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অর্থো এবং প্যারা-হাইড্রোক্সি অ্যারোমেটিক কিটোন উৎপন্ন হয়। যেমন—



#### পরীক্ষাগারিক শর্তসমূহ :

**তাপমাত্রার প্রভাব :** এই বিক্রিয়ায় তাপমাত্রার প্রভাব লক্ষণীয়। সাধারণত নিম্নতাপমাত্রায় প্যারা এবং উচ্চ তাপমাত্রায় অর্থো পণ্য উৎপন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ মেটা-ক্রেসাইল অ্যাসিটেটের উল্লেখ করা যেতে পারে।



**দ্রাবক :** বিক্রিয়াটিকে সংঘটিত করতে হলে দ্রাবকের ব্যবহার খুব জরুরী এবং সাধারণত নাইট্রোবেঞ্জিন দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

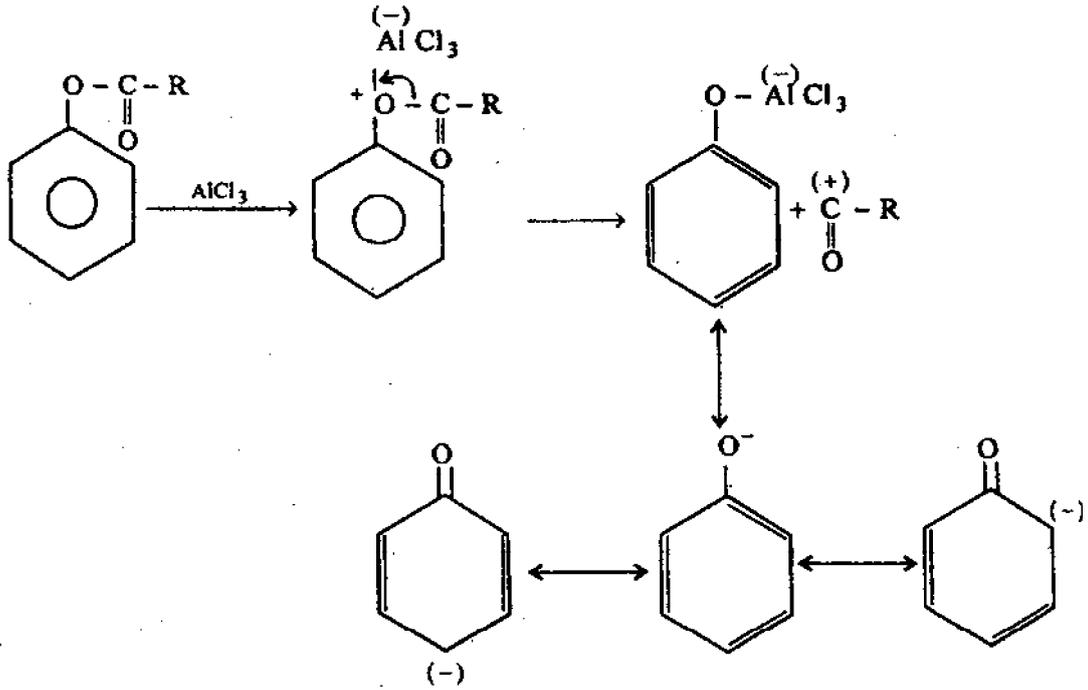
#### গতিপথ :

ফ্রায়েজের পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার গতিপথ সম্পর্কে নানান মতামত চালু আছে। কিন্তু কোনটিরই স্বপক্ষে নির্দিষ্টভাবে কিছু বলা এখনও অবধি সম্ভব হয়নি।

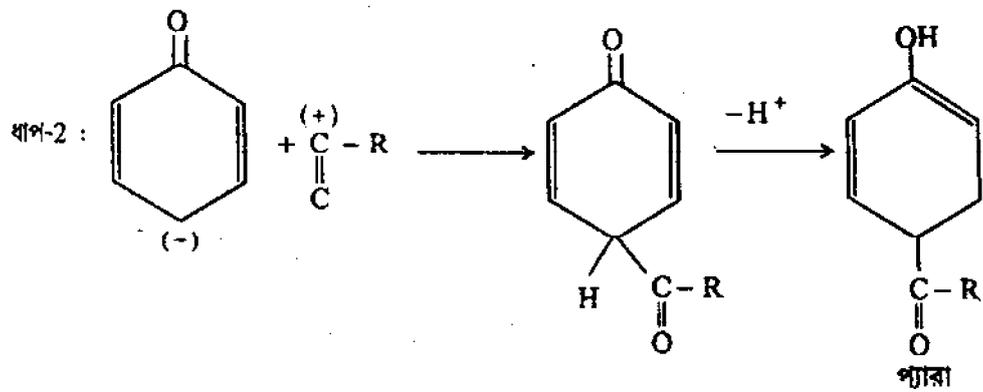
একদল রসায়নবিদ লক্ষ করেন যে সংকরপণ্য উৎপাদন পরীক্ষায় এই বিক্রিয়াটি অধিকাংশ ক্ষেত্রে

সংকর পণ্য উৎপন্ন করে। অতএব এই বিক্রিয়াটি আন্তঃআণবিক (Intermolecular) শ্রেণীভুক্ত এবং ইহার গতিপথটা হবে নিম্নরূপ :

ধাপ-1 :



ধাপ-2 :

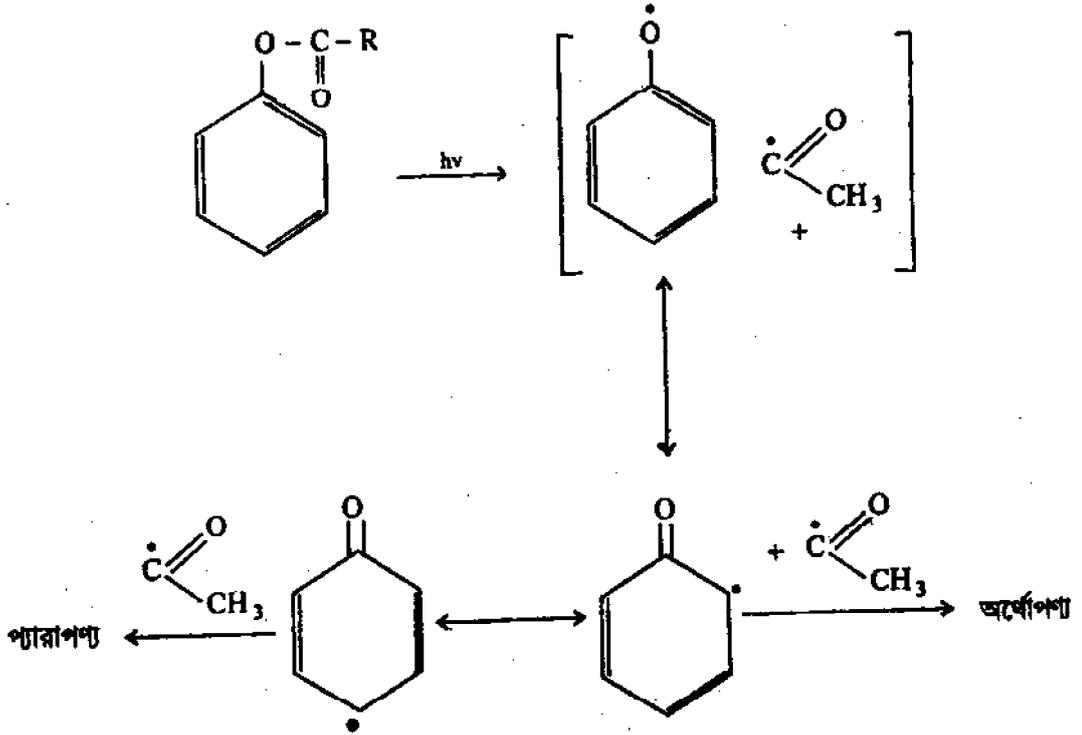


অনুরূপভাবে অর্থা পণ্য তৈরী হয়।

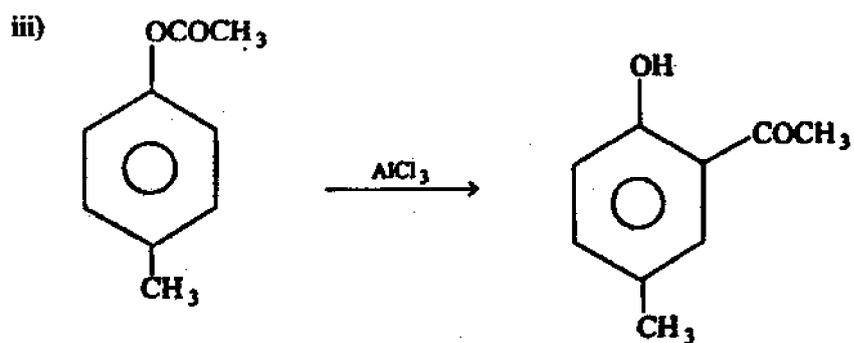
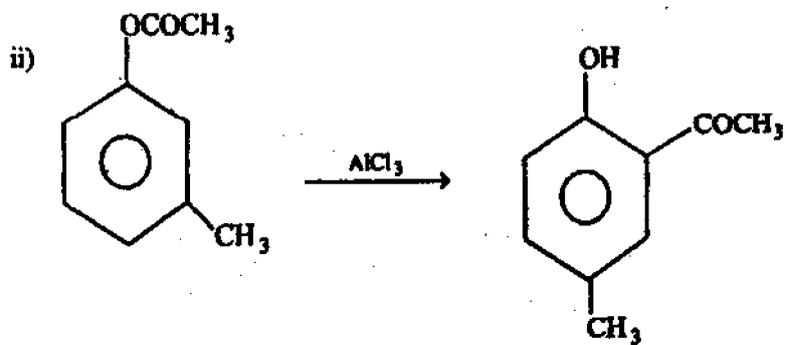
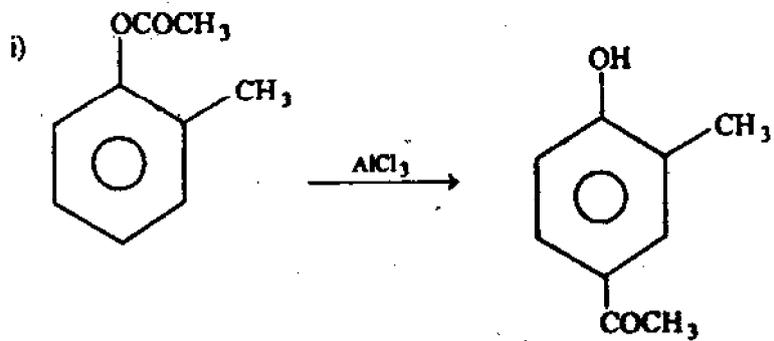
নিম্নতাপমাত্রায় প্যারা পণ্যের উৎপাদনও আন্তঃআণবিক মতবাদকে সমর্থন করে।

**মন্তব্য:** (ক) সাধারণভাবে বিক্রিয়াটির গতিপথ আন্তঃআণবিক হলেও বেশ কিছু ফিনাইল এস্টারের ক্ষেত্রে এর গতিপথ অন্তঃআণবিক হতে পারে। কেননা কিছু কিছু ফিনাইল এস্টারের ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাসের সময় সংকর-পণ্য উৎপাদন-পরীক্ষায় কোন রকম মিশ্র পণ্য উৎপাদন হয় না। এই অন্তঃআণবিক (intramolecular) গতিপথের চেহারাটা হবে নীচের মত :

(খ) অধুনা দেখা গেছে এই বিক্রিয়াটি র্যাডিক্যাল গতিপথেও ঘটতে পারে এবং সেক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির ফটো-ফ্রায়েজ পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া নামে অভিহিত করা হয়। র্যাডিক্যাল গতিপথটা হচ্ছে নিম্নরূপ :



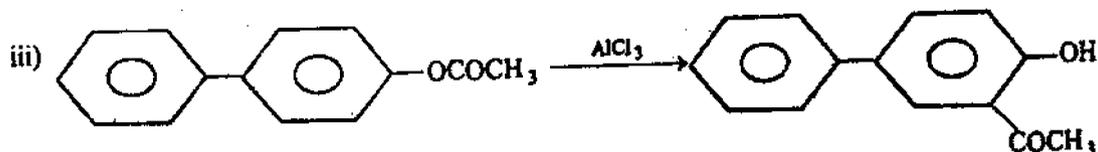
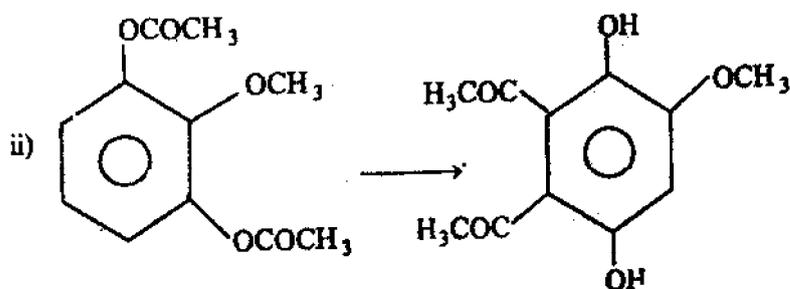
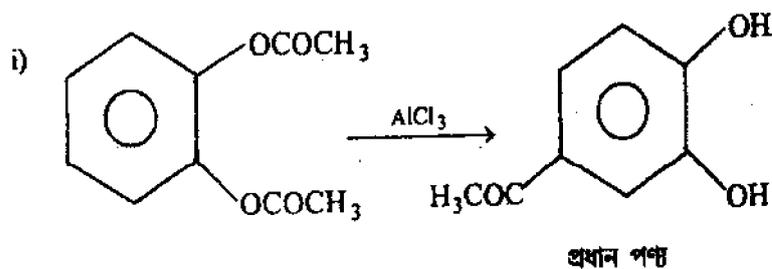
(গ) এই বিক্রিয়ায় অ্যাসাইল গ্রুপের প্রকৃতি ও অবস্থানের বড় ভূমিকা আছে। এই বক্তব্যের সমর্থনে নীচের উদাহরণের উল্লেখ করা যেতে পারে—



প্রয়োগ :

অ্যারোমেটিক হাইড্রোক্সি কিটোনের প্রস্তুতির জন্য ফ্রায়েজের এই বিক্রিয়াটি খুব ব্যবহার করা হয়। এর

কারণ হচ্ছে ফিনোলিক যৌগের উপর সরাসরি ফ্রিডল-ক্র্যাফট বিক্রিয়ার প্রয়োগ সম্ভব নয়। এছাড়া এই বিক্রিয়ার আরেকটি বড় সুবিধা—বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অর্থো ও প্যারা উভয় কিটোনদ্বয়কে সহজেই পৃথক করা যায়। এই প্রসঙ্গে কয়েকটি উদাহরণের উল্লেখ করা হল :



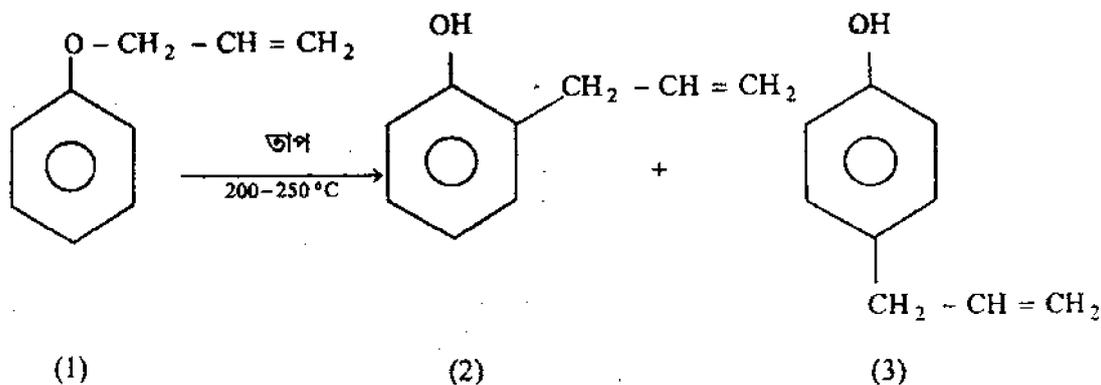
#### সীমাবদ্ধতা :

এই বিক্রিয়ার কয়েকটি গুরুতর সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন ফিনাইল এস্টার গ্রুপের গঠনের উপরই নির্ভর করবে বিক্রিয়াটি ঘটবে কি ঘটবে না। আবার বিক্রিয়াটি ঘটার সম্ভাবনা থাকলে অর্থো না প্যারা কোন পণ্যটি পাওয়া যাবে তাও নির্ভর করে এস্টার গ্রুপের গঠনের উপর। এছাড়া আগেই বলা হয়েছে যে পরীক্ষাগারিক শর্তের উপরেও গণ্যের প্রকৃতি নির্ভর করে।

#### 3.5.6 ক্লেজেন পুনর্বিन্যাস বিক্রিয়া :

ক্লেজেন লক্ষ করেন যে কোন ফিনলের অ্যালাইন ইথারকে (1) অনুঘটকের উপস্থিতি ছাড়াই স্বাভাবিক

চাপে ও 200-250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অর্থো (2) এবং প্যারা অ্যালাইল ফেনলের (3) উৎপত্তি ঘটে। এই বিক্রিয়াটি ক্লেজেনের পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া নামে পরিচিত।



এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে যে, অর্থো-অ্যালাইল জাতীয় (2) পণ্যই সাধারণভাবে উৎপন্ন হয় কিন্তু অর্থো অবস্থানটি অধিকৃত থাকলে প্যারা অ্যালাইল পণ্যটি (3) পাওয়া যায়। আরেকটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে বিক্রিয়াটিকে বিজারণ-পরিমণ্ডলে অর্থাৎ হাইড্রোজেন, কার্বন ডাইঅক্সাইড কিংবা নাইট্রোজেন আবহাওয়ায় সংঘটিত করলে পণ্য উৎপাদনের পরিমাণ বেশ ভাল হয়।

#### দ্রাবক :

প্যারাফিন তেল, টেট্রালিন, কেরোসিন, ডাইমিথাইল অ্যানিলিন কিংবা ডাই-অ্যালাইন-অ্যানালিন ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ-এর যে কোন একটিকে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করলে উৎপাদনের হার বেশ সন্তোষজনক হয়।

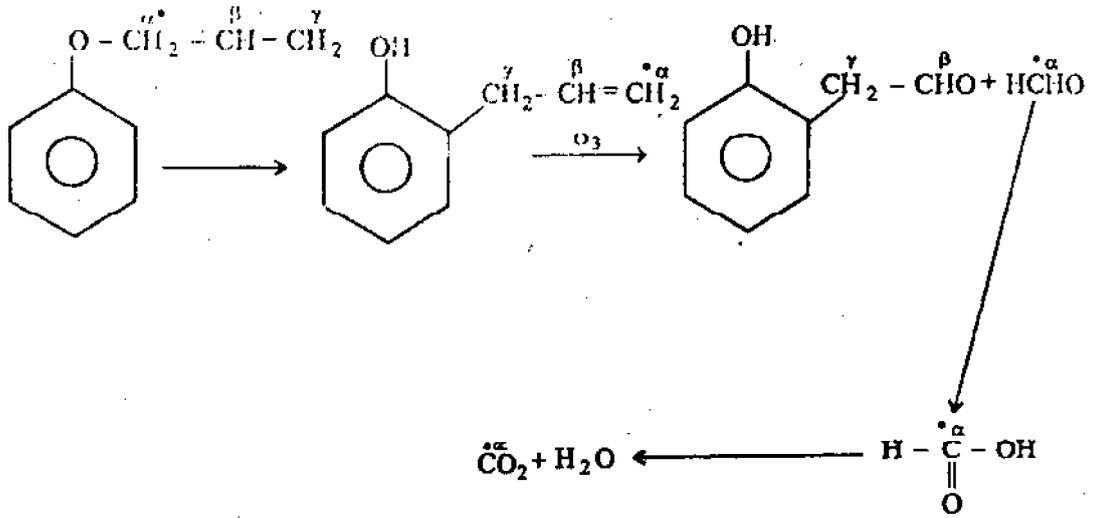
#### ব্যাখ্যা :

এই বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা সম্পর্কে অনেক গবেষণামূলক কাজ হয়েছে এবং গবেষণালব্ধ ফলাফল থেকে এই বিক্রিয়ার বিষয়ে নীচের তথ্যগুলো জানা গেছে।

(ক) সংকর-পণ্য উৎপাদন পরীক্ষার কোনরকম মিশ্র পণ্য উৎপন্ন হয় না। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে বিক্রিয়াটি অস্তঃআণবিক গোষ্ঠীভুক্ত।

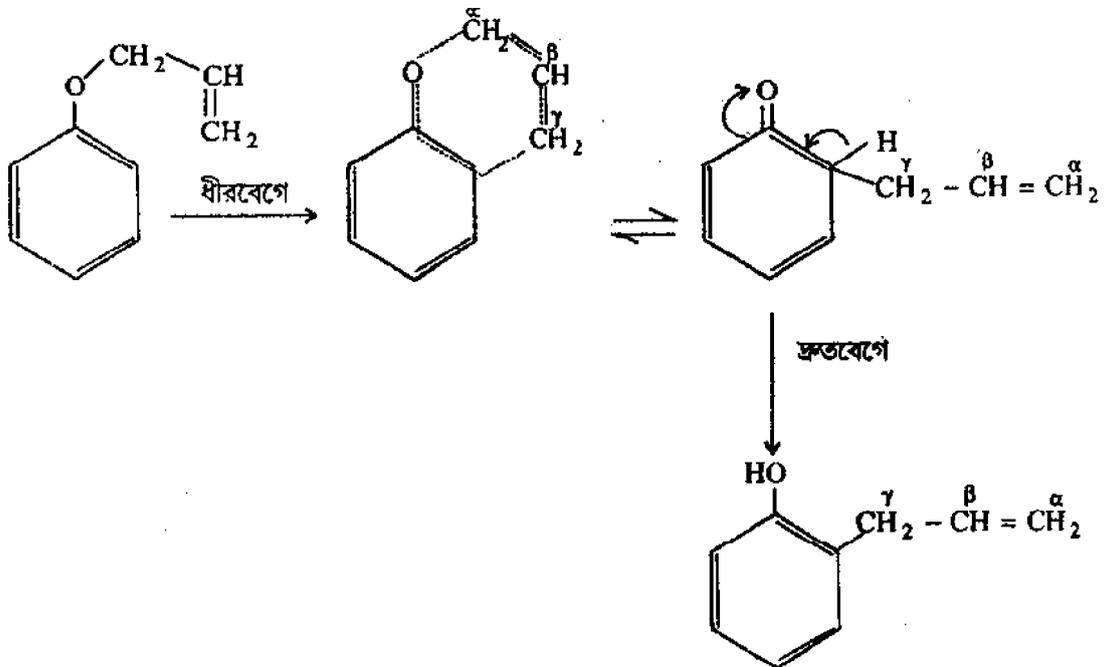
(খ) অ্যারোমেটিক বলয়ের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে H-গুলোকে ডয়টোরিয়াম দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে সেই প্রতিস্থাপিত যৌগের ক্লেজেন বিক্রিয়া ঘটালে দেখা যায় অর্থো-অবস্থানের ডয়টোরিয়ামটির প্রতিস্থাপন ঘটেছে। স্বভাবতই এই ধারণার অনুমান করা হয় যে এই বিক্রিয়ায় সাধারণভাবে অর্থো-অবস্থানেই স্থানান্তর ঘটে।

(গ) অ্যালাইল গ্রুপের  $\alpha$ -অবস্থানে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ দিয়ে লেবেল করে বিক্রিয়া ঘটিয়ে যে পণ্যটি পাওয়া যায় সেটার ওজোনোলিসিস করলে তেজস্ক্রিয় কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়—অর্থাৎ,

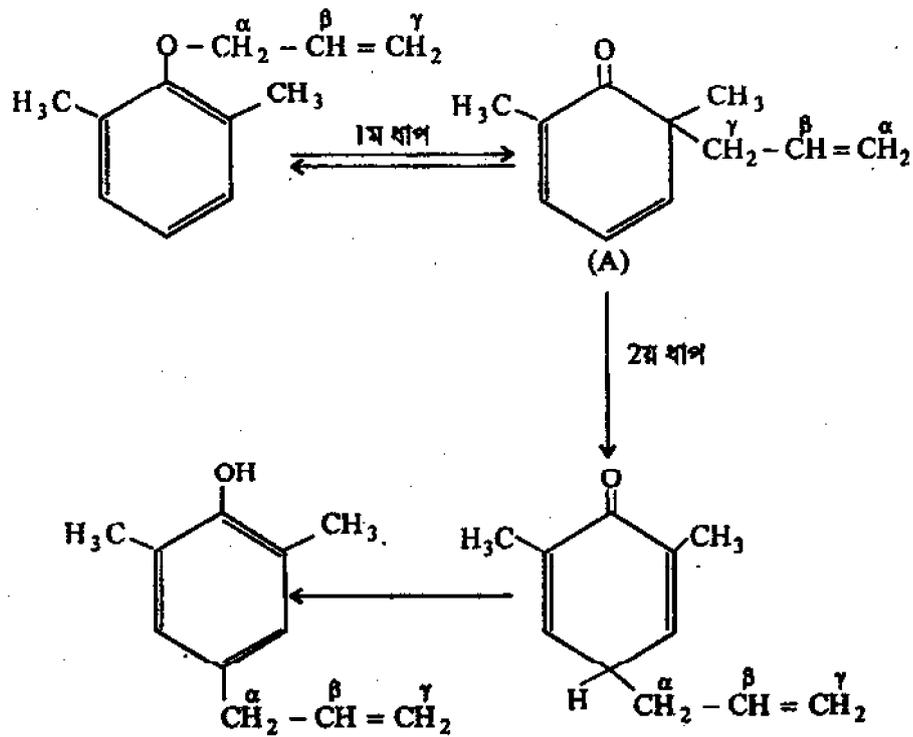


উপরোক্ত পরীক্ষাটি সঠিক ও যুক্তি সংগতভাবে প্রমাণ করে যে, বিক্রিয়া চলাকালীন অ্যালাইল গ্রুপটি উল্টো দিক থেকে অ্যারোমেটিক বলয়ের অর্ধে অবস্থানে সংযোজিত হয়।

আলোচিত এই সমস্ত তথ্যের ভিত্তিতে ক্লেজেনের পুনর্বিন্যাসের সঠিক গতিপথ সম্পর্কে যে ধারণা জন্মায় সেটাকে নীচের সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা যেতে পারে।



**প্যারা পণ্য :** এখানে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য যে প্যারা পণ্যের উৎপাদনের সময় অর্থাৎ যখন বিবেচনাধীন যৌগটির অর্থা-অবস্থানটি অধিকৃত তখন পণ্যটিতে অ্যালানি গ্রুপটি কিছু উল্টানো অবস্থায় থাকে না। উল্টোদিকে না থাকার কারণ প্যারা পণ্যের উৎপাদনের সময় বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে সংঘটিত হয়। প্রথম ধাপে অ্যালানি গ্রুপটি যথারীতি উল্টোদিক থেকে অর্থা অবস্থানে সংযোজিত হয়ে একটা মধ্যবর্তী পণ্য উৎপাদন করে যেটা দ্বিতীয় ধাপে প্যারা-অবস্থানে আবার উল্টো দিক থেকে যুক্ত হয়। একই অ্যালানি গ্রুপের পরপর দুবার উল্টানোর দরুন চূড়ান্ত পণ্যে সেটি অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে। প্যারা পণ্য উৎপাদনের এই ব্যাখ্যাটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়—

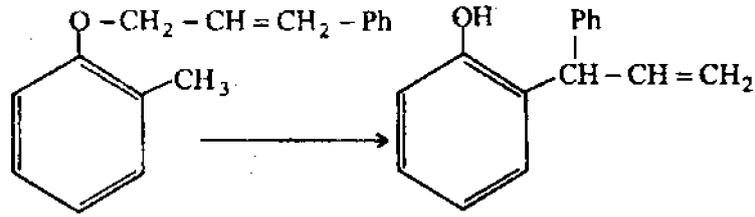


এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করা বোধ হয় অপ্রাসঙ্গিক হবে না যে ডাই-ইনোন (A) যৌগটিকে ম্যালিক অ্যানহাইড্রের সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে ডিল্‌স-অ্যালডার পণ্য পাওয়া যেতে পারে।

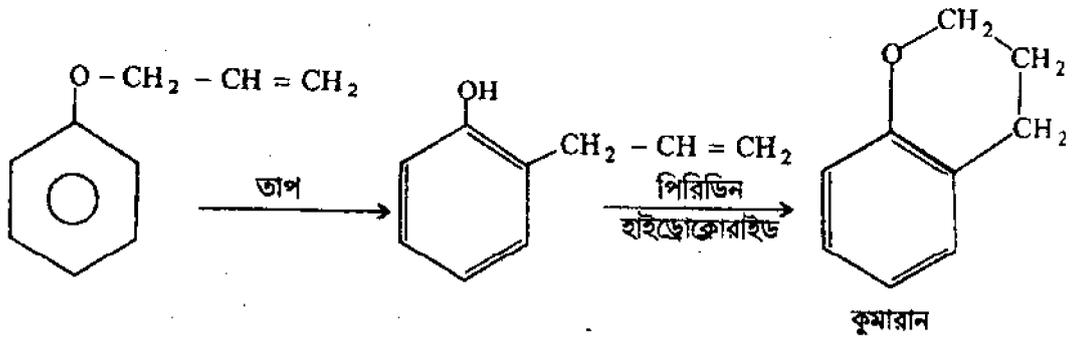
আরেকটি বিষয় উল্লেখযোগ্য যে ক্রেজেন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটিকে 3,3 পরিবর্তন শ্রেণীভুক্ত সিগ্‌মাত্রাপিক জাতীয় পেরিসাইক্লিক বিক্রিয়ার উৎকৃষ্ট উদাহরণ।

**প্রয়োগ :**

বিভিন্ন ধরনের ফেনলিক যৌগে খুব সহজে অ্যালানি গ্রুপের সংযোজনের জন্য এই বিক্রিয়াটি প্রায়শঃ ব্যবহার করা হয়।

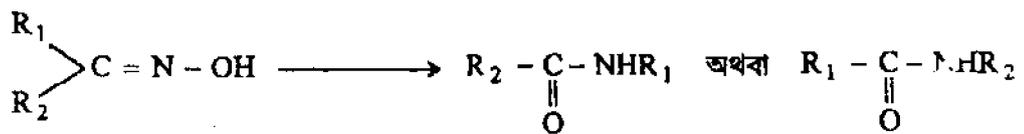


এছাড়া কুমারান শ্রেণীর যৌগ প্রস্তুতিতে এই বিক্রিয়ার ব্যবহার লক্ষ করা যায়।



### 3.5.7 বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া :

কিটো-অক্সিম জাতীয় জৈব যৌগের প্রতিস্থাপিত অ্যামাইডে রূপান্তর হওয়ার ঘটনা প্রথম লক্ষ করেন প্রথিতযশা রসায়নবিদ ই. বেকম্যান এবং বিক্রিয়াটি বেকম্যান-পুনর্বিন্যাস নামে পরিচিত। যথা—



#### বিক্রিয়ার সাধারণ শর্ত :

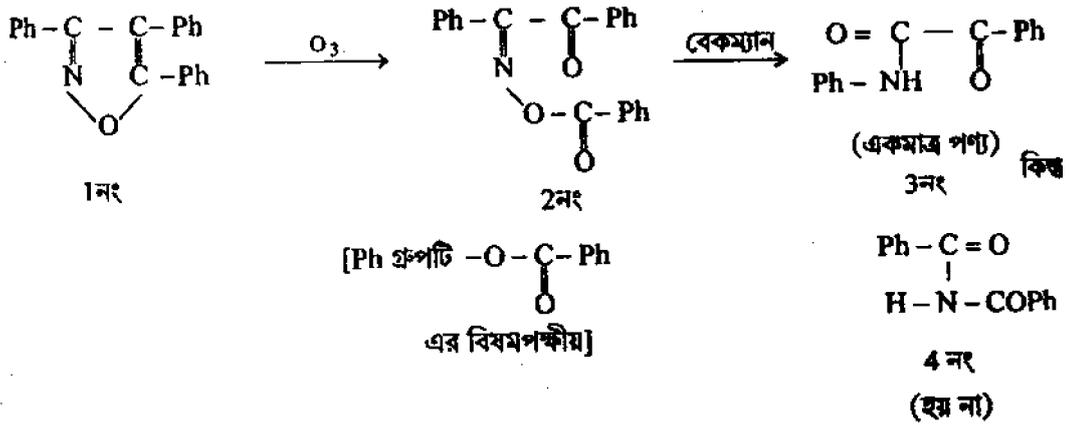
বেকম্যানের এই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটিতে যে কোন লুইস শ্রেণীভুক্ত আম্লিক অনুঘটক ব্যবহার করা যেতে পারে তবে সাধারণত সেই ধরনের অনুঘটক ব্যবহার করা হয় যেগুলো ইলেকট্রন-যুগলের সাথে অসমযোজী বন্ধন তৈরী করতে সক্ষম যেমন  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$  ইত্যাদি। এগুলির মধ্যে অবশ্য  $\text{PCl}_3$  এবং  $\text{P}_2\text{O}_5$  এর ব্যবহার হয় সব থেকে বেশী।

বিক্রিয়ায় দ্রাবকের প্রয়োজন হয় এবং প্রধানত ইথারই দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়াটি স্বাভাবিক তাপমাত্রায় সংঘটিত হয় এবং বিক্রিয়া শেষে বরফ-ঠান্ডা আল্মিক জল দিয়ে বিক্রিয়ায় যে জটিল-যৌগটি তৈরী হয় সেটির বিভাজন ঘটালে পণ্য পাওয়া যায়।

### কৌশল বা মেকানিজম :

এই বিক্রিয়ার প্রকৃত গতিপথ সম্পর্কে কোন কিছু মন্তব্য করার আগে পরীক্ষা লক্ষ্য কয়েকটি তথ্য বিশেষভাবে অনুধাবন করা একান্ত প্রয়োজন :

(ক) মাইসেনজেমার পরীক্ষাগারে ট্রাই-ফিনাইল আইসো-অক্সাজোল যৌগটিকে (1নং) ওজোনোলিসিস করে একটা নির্দিষ্ট বিন্যাস বিশিষ্ট কিটো-অক্সিন (2নং) উৎপাদন করেন এবং সেই যৌগটির (2নং) উপর বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া সংঘটিত করার পর পরীক্ষা শেষে পণ্য হিসেবে শুধুমাত্র (3নং) যৌগটি উৎপাদিত হয় কিন্তু (4নং) যৌগটি আদৌ উৎপন্ন হয় না।

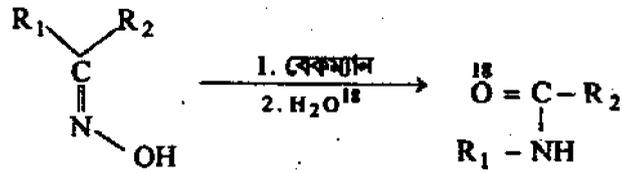


উপরোক্ত বিক্রিয়ায় 2নং অক্সিম থেকে 2নং যৌগটি একমাত্র পণ্য রূপে উৎপন্ন হওয়া সুস্পষ্টভাবে প্রমাণ করে যে স্থানান্তরণের ক্ষেত্রে গ্রুপের ইলেকট্রনিক ধর্ম গুরুত্বপূর্ণ নয়—যে গ্রুপটি অক্সিম হাইড্রক্সিল এর বিষম পক্ষে অবস্থিত সেই গ্রুপটিই স্থানান্তরিত হয়।

(খ) সংকরপণ্য উৎপাদন পরীক্ষায় প্রায় সবক্ষেত্রেই কোন মিশ্রপণ্য পাওয়া যায় না। এছাড়া স্থানান্তরকারী গ্রুপে অসমমিত কেন্দ্র থাকলে উৎপন্ন পণ্যে সেই অসমমিত কেন্দ্রের বিন্যাস ব্যবস্থার কোন রকম বিবর্তন হয় না। এই দুই পরীক্ষার নিরেখে এই ধারণাই গ্রহণযোগ্য হয়ে উঠে যে বিক্রিয়াটি অন্তঃ-আণবিক জাতীয়।

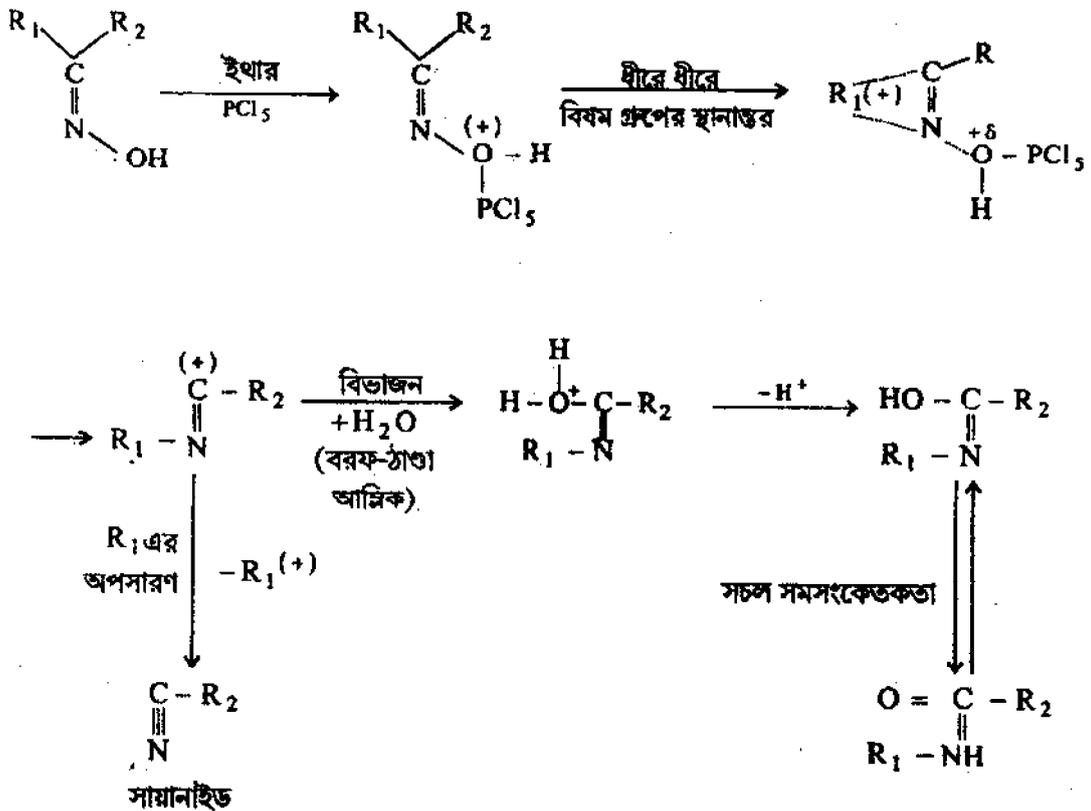
(গ) বেকম্যান বিক্রিয়ার শেষে যে জটিল যৌগটি উৎপন্ন হয় সেটির বিভাজনের জন্য অক্সিজেন পরমাণুতে তেজস্ক্রিয় লেবেলযুক্ত জল ব্যবহার করা হলে পণ্যের অ্যামাইড-অক্সিজেন পরমাণুতে শতকরা 100 ভাগ তেজস্ক্রিয়তা লক্ষ করা যায়। অতএব একথা বলা যায় যে পণ্যের অ্যামাইড-অক্সিজেন পরমাণুটি

অক্সিমের হাইড্রক্সিল গ্রুপের অক্সিজেন পরমাণু নয়—এটা বিভাজনের সময় ব্যবহৃত বরফ ঠাণ্ডা আম্লিক জলের অক্সিজেন পরমাণু।



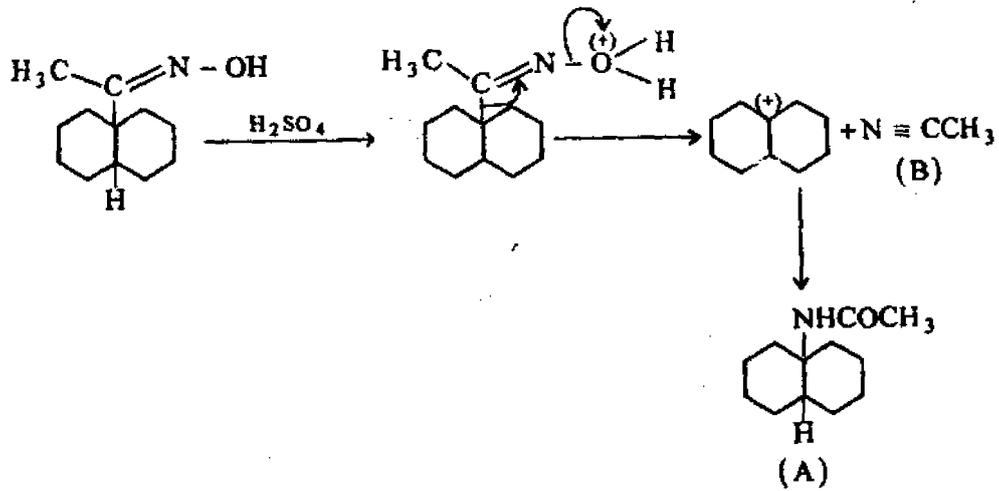
(ঘ) এই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় প্রায় সর্বক্ষেত্রেই পার্শ্বপণ্য রূপে সায়ানাইড উৎপন্ন হয়।

উপরের আলোচিত তথ্যের পটভূমিতে বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় গতিপথের সমীকরণটা হবে নিম্নরূপ—



মন্তব্য :

(ক) যদিও বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটি অন্তঃআণবিক শ্রেণীর তবুও কোন কোন ক্ষেত্রে এটি আন্তঃ-আণবিক হতে পারে। এই প্রসঙ্গে নীচের উদাহরণটির উল্লেখ করা যেতে পারে।



উপরোক্ত পরীক্ষায় (A) এবং (B) উভয় পণ্যই উৎপন্ন হয়। এছাড়া কিছু ক্ষেত্রে মিশ্র-পণ্য উৎপাদন পরীক্ষায় মিশ্র পণ্য উৎপাদিত হয়।

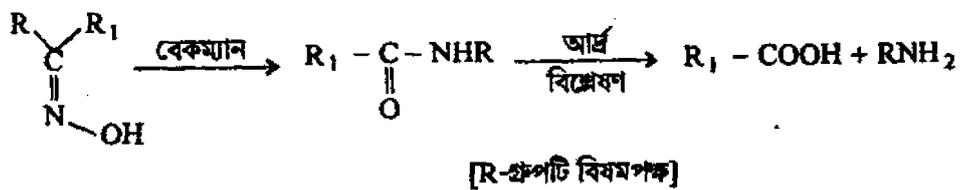
(খ) এই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটি ইলেকট্রন-ঘাটতি নাইট্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্রের পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার একটি বহুল প্রচলিত উদাহরণ।

**প্রয়োগ :**

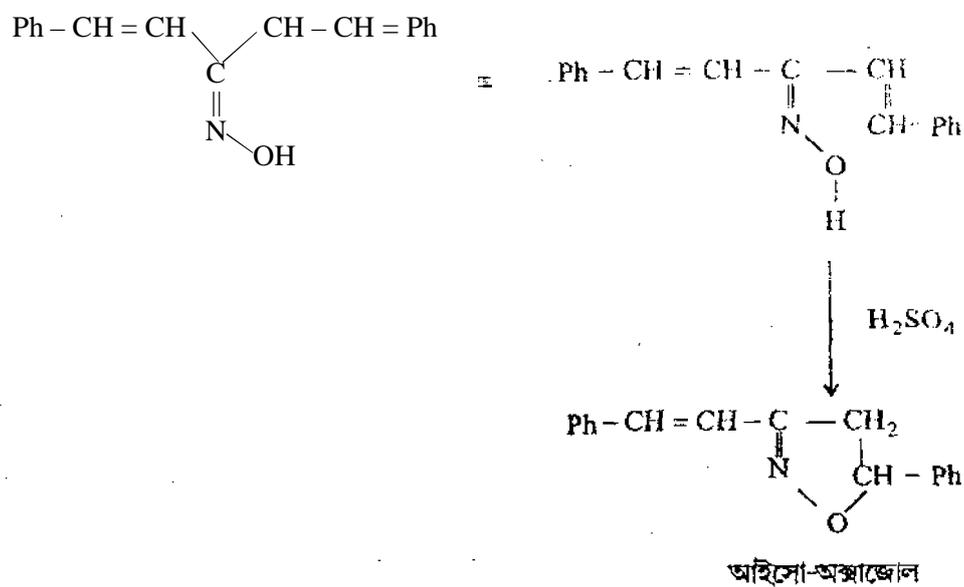
বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার বহুবিধ ব্যবহার লক্ষ্য করা যায় তার মধ্যে কয়েকটির উল্লেখীতে করা হল।

(ক) কিটো-অক্সিমের বিন্যাস ব্যবস্থার নির্ধারণ :

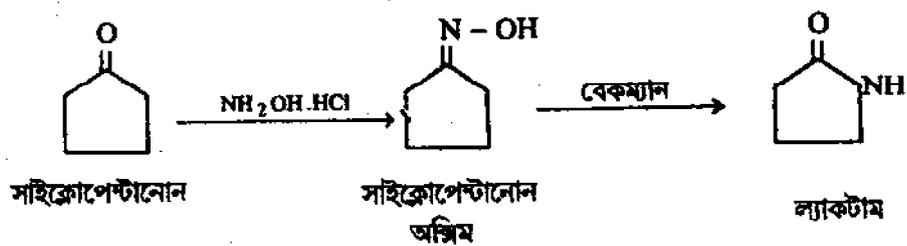
এই বিক্রিয়ায় যেহেতু সুনির্দিষ্টভাবে বিষমপক্ষী গ্রুপের স্থানান্তর ঘটে সেই জন্য কিটো-অক্সিমগুলোর বিন্যাস ব্যবস্থা নির্ধারণে এই বিক্রিয়াটি ব্যবহার করা হয়।



(খ) আইসো-অক্সাজোলিনের সংশ্লেষ :

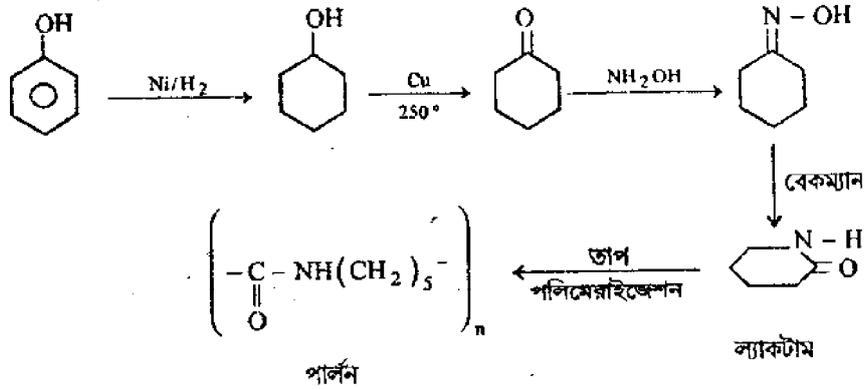


(গ) বৃত্তাকারে সম্প্রসারণ ও ল্যাকটামের সংশ্লেষ :



(ঘ) কৃত্রিম বস্ত্র উৎপাদন :

কৃত্রিম তন্তু উৎপাদনের ক্ষেত্রে বেকম্যান পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াটির ব্যবহার করা যেতে পারে। যেমন—

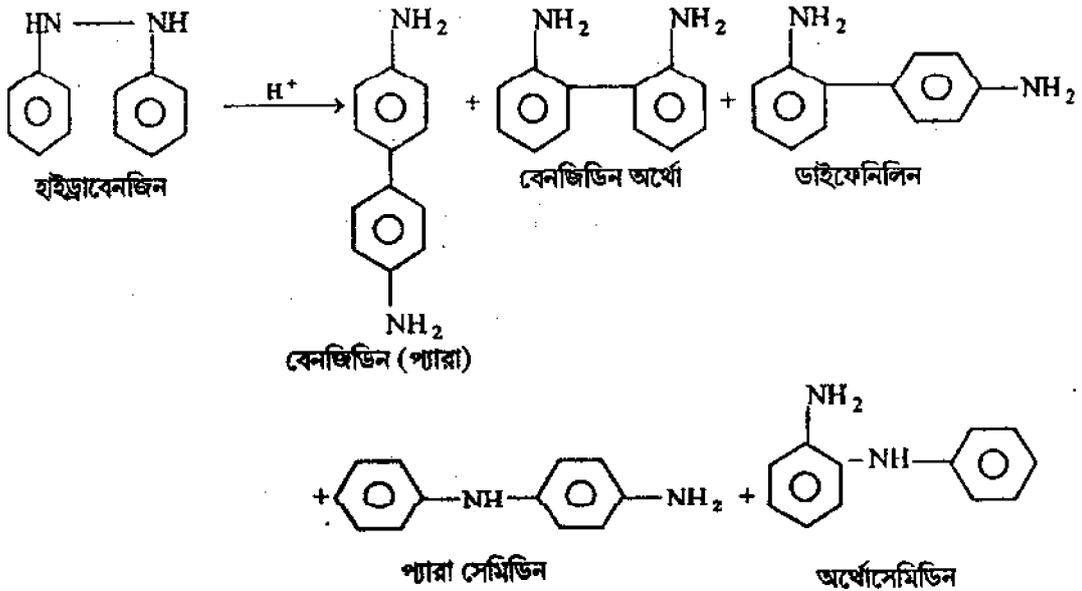


### 3.5.8 বেনজিডিন পুনর্বিন্যাস :

ভূমিকা :

বেনজিডিন পুনর্বিন্যাস নামটির হাইড্রাজোবেনজিনের 4:4-ডাই-অ্যামিনো-ডাইফিনালাইল (বেনজিডিন) এ রূপান্তরের সময় প্রথম উদ্ভব ঘটে।

এখানে উল্লেখ করা বোধকরি অপ্রাসঙ্গিক হবে না যে এই পুনর্বিন্যাসটি প্ররিমাণগত বিক্রিয়া নয়। এই পুনর্বিন্যাসে বেনজিডিন ছাড়া অন্য পণ্য যেমন ডাইফেনিলিন এবং সেমিডিন (অর্থো ও প্যারা) উৎপন্ন হয়। অতএব বেনজিডিন পুনর্বিন্যাসকে অ্যারোমেটিক হাইড্রাজোবেনজিন জাতকগণের বেনজিডিন (অর্থো ঠাও প্যারা), ডাইফেনিলিন এবং সেমিডিন এ রূপান্তরবলে আখ্যায়িত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সাধারণভাবে জলীয় বা কোহলীয় হাইড্রোক্লোরিক কিংবা সালফিউরিক অ্যাসিড অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। অতএব বেনজিডিন পুনর্বিন্যাসের সমীকরণগত আকারটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যেতে পারে—



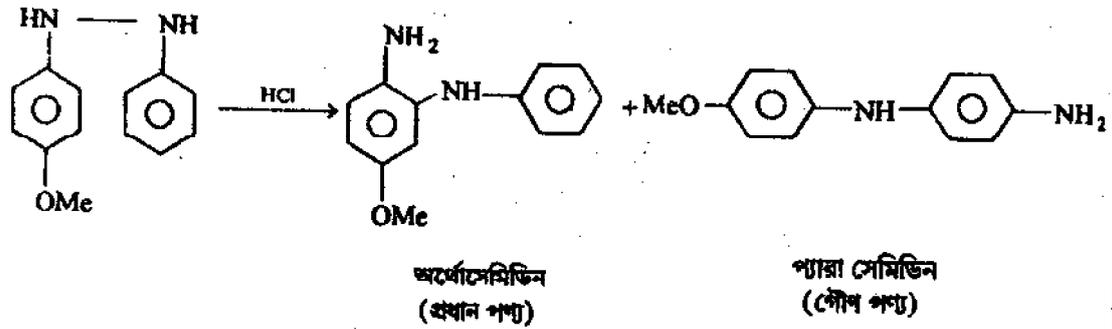
**প্রতিস্থাপকের প্রভাব :**

এই পুনর্বিন্যাসে হাইড্রোজোবেনজিনে প্রতিস্থাপকের উপস্থিতির প্রভাব লক্ষ করা যায়। এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজোবেনজিনের বেনজিন-বৃত্তে বিশেষ করে প্যারা স্থানে প্রতিস্থাপকের উপস্থিতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। অর্থো ও মেটা স্থানে প্রতিস্থাপকের অবস্থান সাধারণত গৌণ পণ্যের উৎপাদন কমিয়ে প্রধান পণ্য—বেনজিডিনের উৎপাদন বাড়াতে সাহায্য করে।

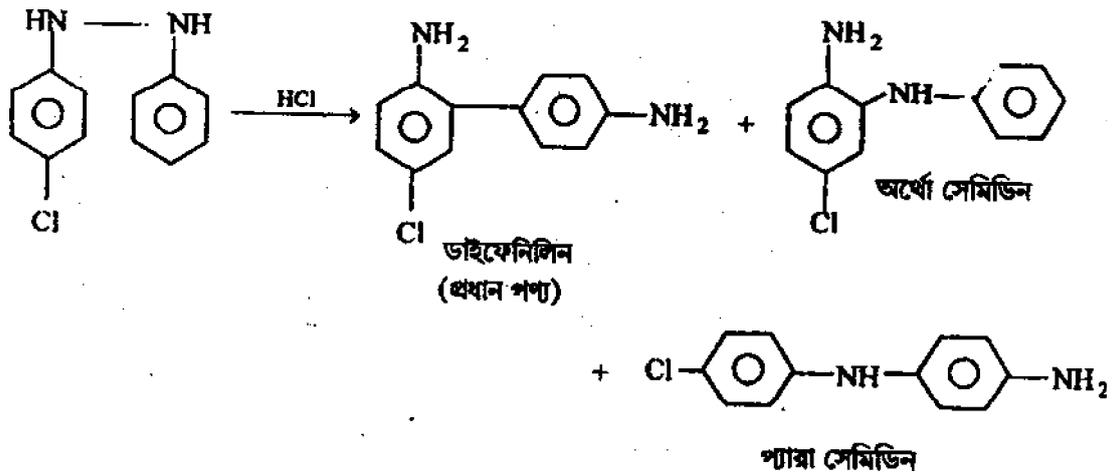
হাইড্রোবেনজিনের বেনজিন বৃত্তের প্যারা পজিশনটি অধিকৃত থাকলে ঐ গ্রুপের প্রকৃতি অনুযায়ী অর্থো কিংবা প্যারা সেমিডিন উৎপন্ন হয়। এইজন্য কখনো কখনো এই পুনর্বিন্যাসটিকে সেমিডিন পুনর্বিন্যাস নামে অভিহিত করা হয়।

বিভিন্ন ধরনের প্রতিস্থাপকের প্রভাবের কয়েকটি উদাহরণের উল্লেখ করা হল।

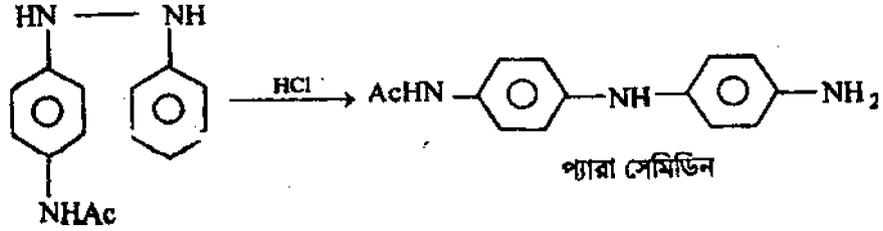
প্যারা অবস্থানটি মিথাইল, মিথক্সি কিংবা ইথক্সি গ্রুপ দ্বারা অধিকৃত হলে খুব সামান্য পরিমাণে প্যারা সেমিডিন সহ প্রধানত অর্থো সেমিডিন উৎপাদিত হয়।



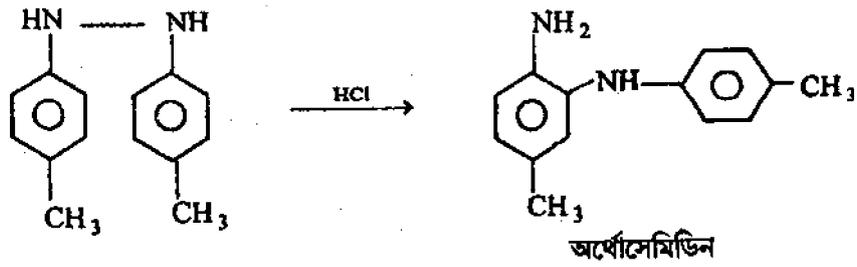
(খ) কিন্তু প্যারা পজিশনে হ্যালোজেন অথবা আইসো-প্রপাইল গ্রুপ অবস্থিত হলে খুব সামান্য পরিমাণ অর্থো ও প্যারা সেমিডিন সমতে প্রধান পণ্য ডাইফেনিলিন উৎপন্ন হয়।



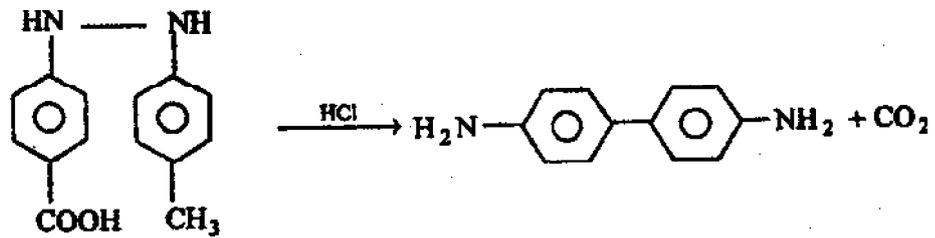
(গ) আবার প্যারা পজিশনে  $-NH_2$ , কিংবা  $NHAc$  গ্রুপ থাকলে প্যারা-সেমিডিনের প্রধান পণ্যরূপে উৎপাদন ঘটে।



(ঘ) হাইড্রাজোবেনজিনের উভয় বেনজিনবৃত্তের প্যারা অবস্থানগুলি অধিকৃত থাকলে একমাত্র পণ্য—অর্থো-সেমিডিন উৎপন্ন হয়।



(ঙ) পরিশেষে আর একটি কথা উল্লেখ করা বোধহয় জরুরী যে এই পুনর্বিন্যাসে কিছু কিছু গ্রুপের যেমন সালফোনিক ( $-SO_3H$ ), কার্বোক্সাইলিক ( $-COOH$ ) ইত্যাদির অপসারণ ঘটে।



কৌশল বা মেকানিজম :

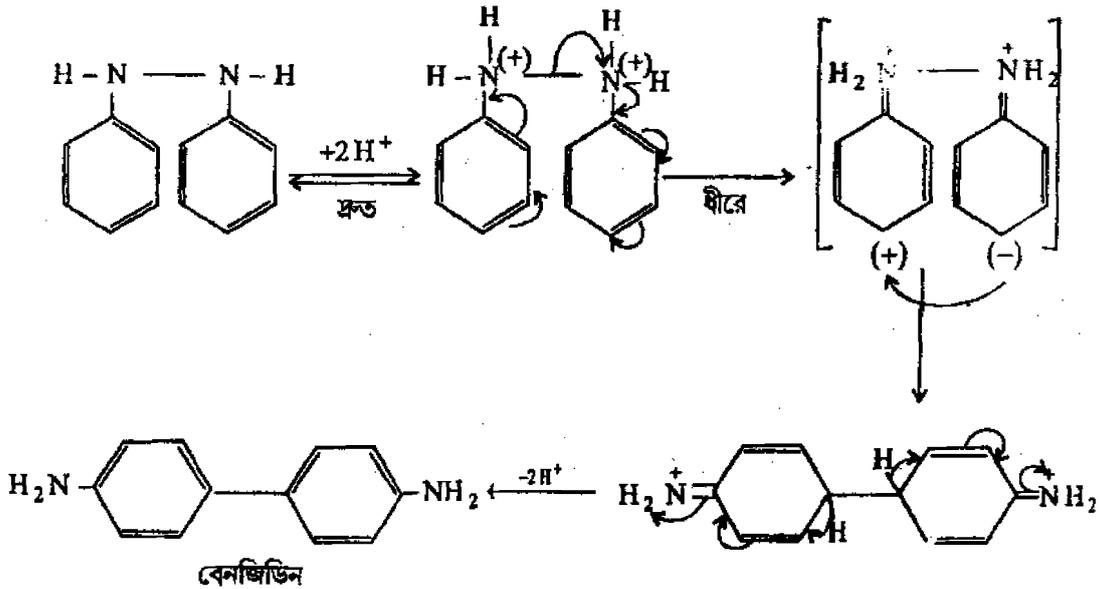
এই পুনর্বিন্যাসের সঠিক মেকানিজম সম্পর্কে রসায়নবিদ মহলে যথেষ্ট মতভেদ রয়েছে। তবে

পরীক্ষাগারিক প্রাপ্ত তথ্যগুলো পুঙ্খানুপুঙ্খাবে অনুধাবন করে একটা মোটামুটি সন্তোষজনক ব্যাখ্যা তারা খাড়া করেছেন। প্রাপ্ত তথ্যগুলো হল—

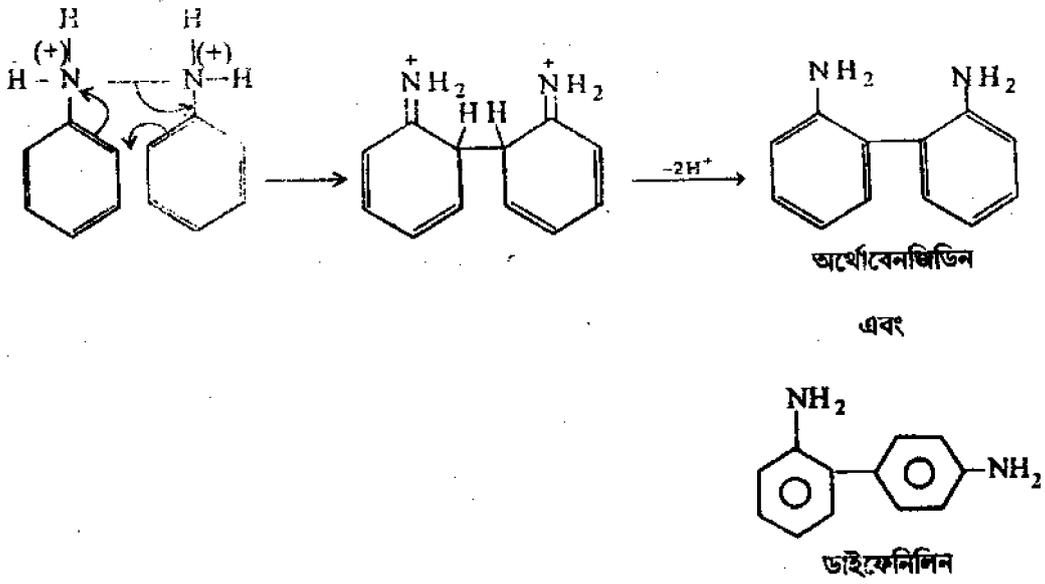
(ক) সংকর-পণ্য উৎপাদন পরীক্ষায় অধিকাংশ ক্ষেত্রে মিশ্রপণ্য পাওয়া যায় না। অতএব পুনর্বিन্যাসটি অন্তঃআণবিক শ্রেণীর।

(খ) বিক্রিয়ার গতি-প্রকৃতি পরীক্ষায় (Kinetic study) দেখা যায় যে পুনর্বিन্যাসটি ত্রি-আণবিক (ter-molecular) এবং পুনর্বিन্যাসের গতিবেগের হারটি (rate) হাইড্রোজেন আয়নের বর্গের অনুপাতিক। স্বভাবতই রসায়নবিদরা অনুমান করেন যে পুনর্বিন্যাসের প্রাথমিক পর্যায়ে হাইড্রোজেন আয়নের উভয় নাইট্রোজেন পরমাণুই প্রোটনিত হয়।

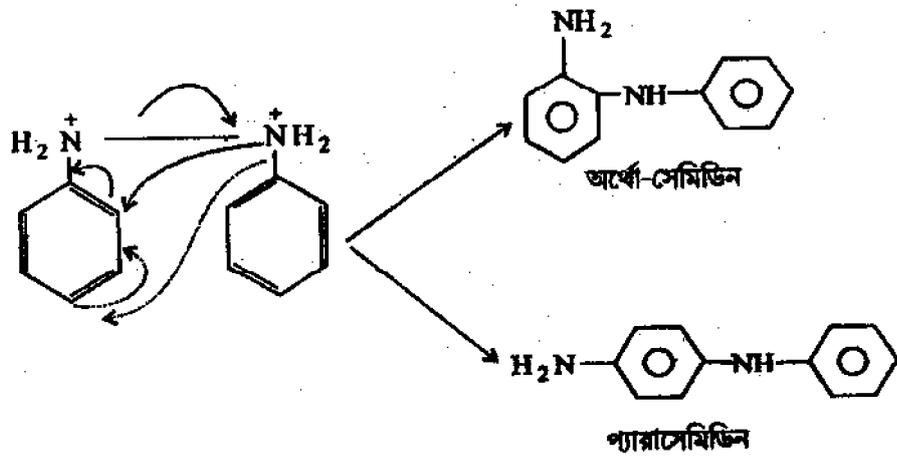
উল্লিখিত তথ্যের নিরিখে বেনজিডিন-পুনর্বিन্যাস-এর মেকানিজম সম্পর্কে যে ধারণাটা স্পষ্ট হয়ে উঠে সেটাকে নীচের সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা যেতে পারে :



অনুপূর্ণভাবে অন্য পণ্য উৎপন্ন হয়—

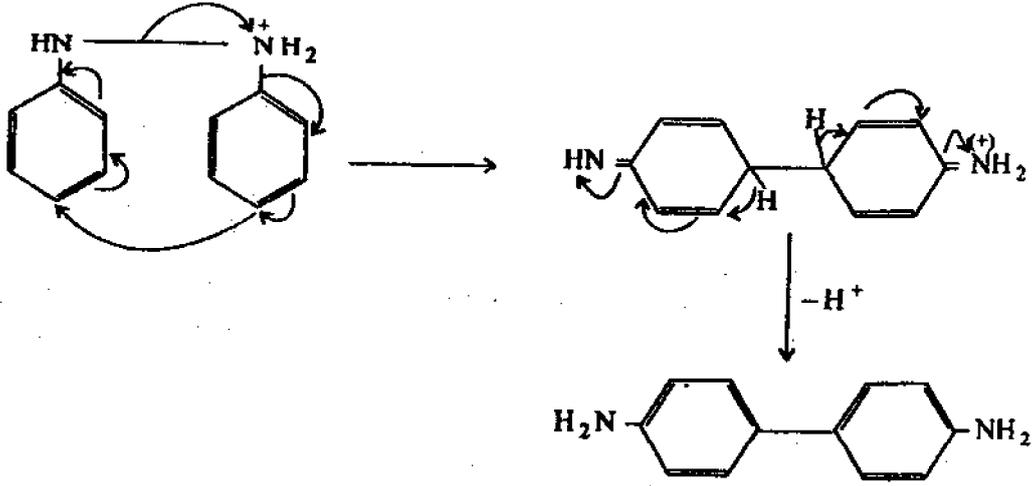


আবার :



উপরোক্ত মেকানিজমটি সকলের কাছে গ্রহণযোগ্য হলেও কেউ কেউ মনে করেন যে পুনর্বিন্যাসের প্রাথমিক পর্যায়ে বেনজিডিনের যে কোন একটি নাইট্রোজেন পরমাণুতে প্রোটিন সংযুক্ত হয়। এই প্রসঙ্গে

প্রখ্যাত রসায়নবিদ ইনগোল্ডের পরীক্ষার কথা উল্লেখযোগ্য। তাঁর পরীক্ষায় লক্ষ করা যায় যে বিক্রিয়ার গতির হার হাইড্রোজেন আয়নের আনুপাতিক। সুতরাং পুনর্বিন্যাসের মেকানিজমের ছবিটা হবে নিম্নরূপ—



অনুরূপভাবে অন্যান্য পণ্যের উৎপাদনের ব্যাখ্যা দেওয়া যেতে পারে।

উপরের আলোচনা থেকে পরিষ্কার বোঝা যাচ্ছে এই পুনর্বিন্যাসের মেকানিজম সম্পর্কে দুটি স্বাধীন মতবাদ চালু আছে—একটির ক্ষেত্রে হাইড্রাজোবেনজিনের দুটি নাইট্রোজেন পরমাণু প্রোটনিত হয় আর অন্য মতবাদে দুটির মধ্যে একটি মাত্র নাইট্রোজেন পরমাণুতে প্রোটন সংযুক্তি ঘটে। এখানে মনে রাখা দরকার যে এই দুই মতবাদে কিন্তু কতকগুলি মৌলিক প্রশ্নের সদুত্তর মেলে না— যেমন—

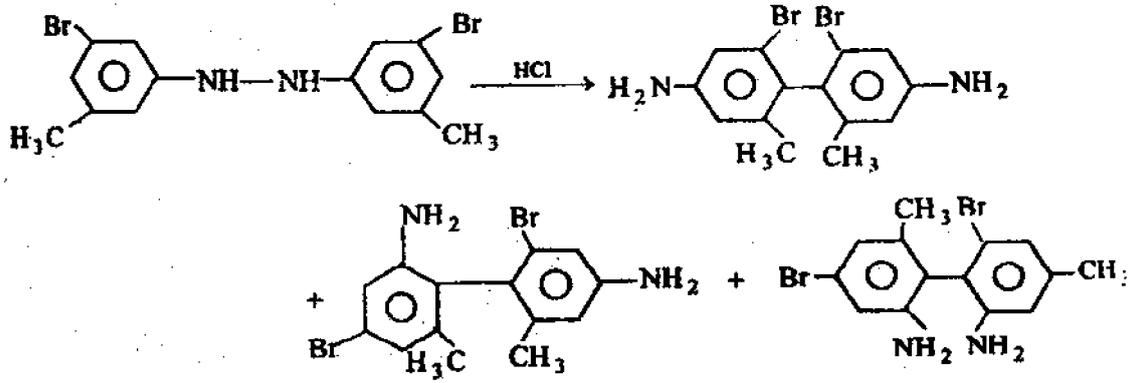
(ক) কোন্ বিশেষ শক্তি স্থানান্তর অবস্থায় (Transition state-এ) হাইড্রাজোবেনজিনের বেনজিন বৃত্ত দুটিকে ঘনিষ্ঠভাবে ধরে রাখে এবং

(খ) হাইড্রাজোবেনজিনের একটিমাত্র প্যারা পজিশনে প্রতিস্থাপক থাকা সত্ত্বেও কেন একটি বিশেষ পণ্য উৎপাদনের প্রধান্য ঘটে।

এই সমস্ত প্রশ্নগুলো সম্পর্কে নানান ব্যাখ্যা দেওয়া হলেও কোনটিই কিন্তু সন্তোষজনক নয়।

**প্রয়োগ :**

বর্তমান পুনর্বিন্যাসটি বিভিন্ন ধরনের বেনজিডিন ও সেমিডিন উৎপাদনের একটি প্রয়োজনীয় ও মূল্যবান পদ্ধতি হিসাবে স্বীকৃত। এই প্রসঙ্গে নীচের উদাহরণটি উল্লেখ করা হল—



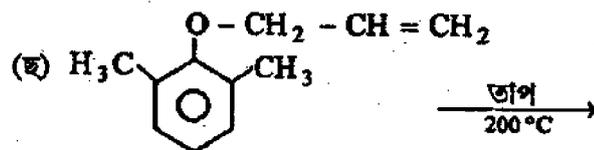
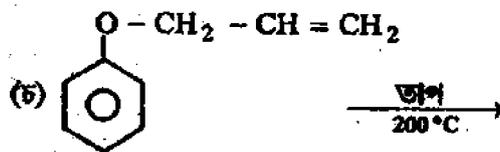
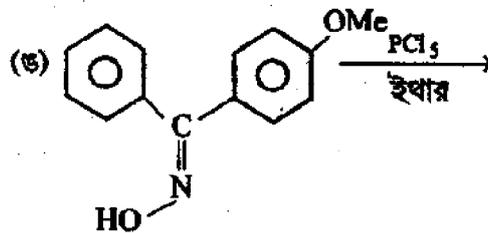
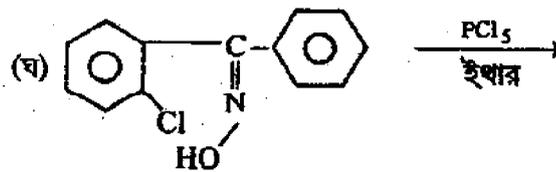
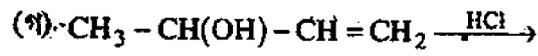
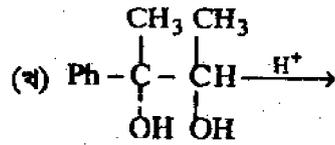
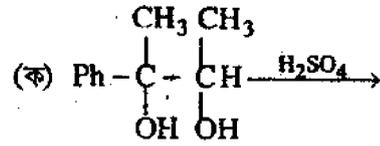
### 3.6 সারাংশ

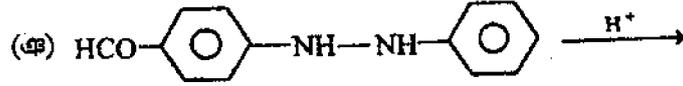
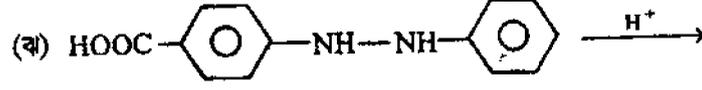
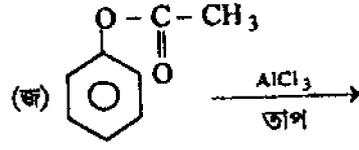
আণবিক পুনর্বিন্যাস হচ্ছে একটা বিশেষ ধরনের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ায় বিবেচনাধীন যৌগের কোন একটি গ্রুপ অন্যত্র বিশেষ করে পরবর্তী স্থানে স্থানান্তরিত হয় যার ফলে যৌগটির কাঠামোগত কিছু পরিবর্তন ঘটে। যেহেতু স্থানান্তরকামী গ্রুপটি র্যাডিক্যাল কিংবা আয়নরূপে স্থানান্তরিত হয় অতএব যে স্থানে স্থানান্তরিত হবে সেখানে স্থানান্তরের আগেই প্রয়োজনীয় র্যাডিক্যাল কিংবা আয়নিক কেন্দ্র উৎপন্ন করা দরকার। সাধারণত আয়নিক কেন্দ্র বিশেষ করে ইলেকট্রন ঘাটতি কেন্দ্রই সচরাচর উৎপন্ন হতে দেখা যায়। এই প্রসঙ্গে কয়েকটি অতি প্রয়োজনীয় ও সাধারণ পুনর্বিন্যাস যেমন পিনাকল-পিনাকোলন, ফ্রায়েজ-পুনর্বিন্যাস, ক্লেজেন, বেকম্যান, আলাইলিক ও বেনজিডিন পুনর্বিন্যাস এর আলোচনা হয়েছে।

### 3.7 প্রশ্নাবলি

1. আণবিক পুনর্বিন্যাস বলতে কী বোঝেন? কীসের ভিত্তিতে এই বিক্রিয়াগুলোর শ্রেণীবিভাগ করা হয়?
2. কীভাবে প্রমাণ করা যায় যে কোন একটি পুনর্বিন্যাস আন্তঃ কিংবা অন্তঃআণবিক জাতীয় উদাহরণসহ আলোচনা করুন।
3. টীকা লিখুন।
  - (ক) পিনাকল-পিনাকোলন পুনর্বিন্যাস
  - (খ) ফ্রায়েজের বিক্রিয়া
  - (গ) অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস
  - (ঘ) বেকম্যান পুনর্বিন্যাস ও
  - (ঙ) বেনজিডিন পুনর্বিন্যাস

4. নীচের বিক্রিয়াগুলোর সম্ভাব্য ব্যাখ্যাসহ পণ্য বা পণ্য সমষ্টির নাম লিখুন :





5. নীচের বস্তুব্যাগুলির ব্যাখ্যা করুন :

(ক) বেনজিফিনোন অক্সিমকে  $\text{PCl}_5$  দিয়ে বিক্রিয়া ঘটিয়ে  $\text{H}_2\text{O}^{18}$  দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে  $\text{Ph}-\overset{\text{O}^{18}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NHPh}$  উৎপন্ন হয়।

(খ) গামা অবস্থানে তেজস্ক্রিয় লেবেল যুক্ত ফিনলের অ্যালাইল ইথার এর ক্রোমেন-পুনর্বিन্যাসের পর প্রাপ্ত পণ্যটির ওজোনোলিসিস করলে তেজস্ক্রিয় কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যায়।

(গ) বেনজিডিন পুনর্বিন্যাসের গতিবেগ হাইড্রোজেন আয়নের বর্গের আনুপাতিক।

(ঘ) ফ্লায়েজ পুনর্বিন্যাসের নিম্নতাপমাত্রায় প্যারা হাইড্রোক্সি কিটোন প্রধান পণ্য রূপে উৎপন্ন হয়।

### 3.8 উত্তরমালা

পাঠ্যাংশ থেকে উত্তরগুলি সংগ্রহ করে নিন।

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

---

## একক 4. □ পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া

---

- 4.1 প্রস্তাবনা,  
উদ্দেশ্য
- 4.2 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া
- 4.3 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ
- 4.4 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার তাত্ত্বিক ব্যাখ্যা
  - 4.4.1 উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি
  - 4.4.2 FMO তত্ত্ব
- 4.5 ইলেকট্রোবৃত্তীয় বিক্রিয়া
  - 4.5.1 ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয়ীভবন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির প্রয়োগ
  - 4.5.2 তাপপ্রয়োগ ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয় উন্মুক্তীভবন বিক্রিয়ায় উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির প্রয়োগ
- 4.6 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া
  - 4.6.1 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া এবং FMO পদ্ধতি
  - 4.6.2 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় উডওয়ার্ড হফম্যান নীতির প্রয়োগ
- 4.7 বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে [2+2] বৃত্তীয় সংযোজনের সম্ভাব্যতা
- 4.8 [4+2] বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া
- 4.9 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া
  - 4.9.1 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া বা [4+2] বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া
  - 4.9.2 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়ায় লুইস অ্যাসিড অনুঘটকের প্রভাব
- 4.10 সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস
- 4.11 পরিবর্তিত FMO তত্ত্ব
- 4.12 ক্রেসেন পুনর্বিন্যাস
- 4.13 সারাংশ
- 4.14 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
- 4.15 উত্তরমালা

---

## 4.1 প্রস্তাবনা

---

বেশীরভাগ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াই (Organic reactions) হ'ল আয়নীয় (ionic) বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে ইলেকট্রন সমৃদ্ধ পরমাণু থেকে ইলেকট্রন ঘাটতি রয়েছে এমন পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয় এবং অন্তর্বর্তী (intermediate) ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মাধ্যমে কয়েকটি ধাপে বিক্রিয়া সম্পাদিত হয়। এই বিক্রিয়াগুলি দ্রাবকের প্রকৃতি ও অনুঘটক দ্বারা প্রভাবিত হয়।

এছাড়া আরও কিছু বিক্রিয়া আছে যেগুলি হল মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া (Free radical reactions)। এগুলি আপনারা ECH 10, Block-1 এবং Block-2 এর বিভিন্ন এককে পাঠ করেছেন। এই এককে আমরা আর একটি বিশেষ ধরনের বিক্রিয়া পাঠ করবো যেটি হল পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া (Pericyclic reactions)।

### উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া নামে এক বিশেষ ধরনের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে অনেক কিছু জানতে পারবেন।
- এই বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ, তাত্ত্বিক ব্যাখ্যা ইত্যাদি জানতে পারবেন।
- বিক্রিয়াগুলিকে প্রথম উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির (Woodward Hoffmann rule) সাহায্যে ও পরে FMO নীতির সাহায্যে কীভাবে ব্যাখ্যা করা হয় তাও জানতে পারবেন।

---

## 4.2 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া

---

জৈব যৌগের একপ্রকার বিশেষ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া হল পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ার কয়েকটি বৈশিষ্ট্য হল:

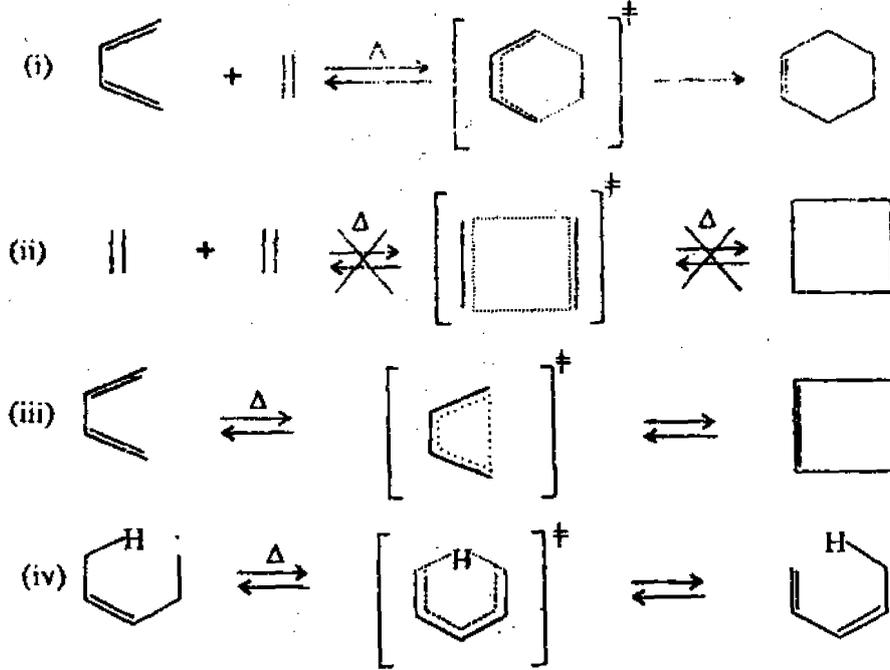
(i) তাপ বা বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়াটি এক ধাপে সম্পাদিত হয়।

(ii) বন্ধন ভাঙা-গড়ায় অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনগুলির পুনর্বিন্যাস সম্পাদনের সময় ক্রিয়াশীল অরবিট্যালগুলো একটি বৃত্তাকার বন্ধ পরিকাঠামো প্রাপ্ত হয়।

(iii) বিক্রিয়াপথে কোন অন্তর্বর্তী (intermediate) যৌগ গঠিত হয় না। বিক্রিয়ক অণু পরাবর্তী অবস্থার মধ্য দিয়ে বিক্রিয়াজাত অণুতে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়াগুলি উভমুখী বিক্রিয়া।

(iv) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত অণুগুলোর মধ্যে অন্ততঃপক্ষে একটি অণু অসংপৃক্ত প্রকৃতির হয়।

পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ :



### 4.3 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ

সমস্ত পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়াই বস্তৃত বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া (cycloaddition reaction) অথবা বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ার ঠিক বিপরীত বিক্রিয়া (retrogression), তবুও সুবিধার জন্য বিক্রিয়াগুলিকে কয়েকটি ভাগ করা হয়েছে। পরিবৃত্তীয় মুখ্য বিক্রিয়াগুলি হল :

- (1) ইলেকট্রোবৃত্তীয় বিক্রিয়া (Electrocyclic reaction)
- (2) বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া (Cycloaddition reaction)
- (3) সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস (Sigmatropic rearrangement)

### 4.4 পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার তাত্ত্বিক ব্যাখ্যা

অরবিট্যাল প্রতিসাম্যের নিত্যতা (conservation of orbital symmetry) সূত্রের উপর ভিত্তি করে উডওয়ার্ড-হফম্যান (Woodward-Hoffmann) নীতির প্রয়োগে যদিও পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নির্দেশপূর্ণ ব্যাখ্যা পাওয়া যায়, তবুও HOMO-LUMO মিথস্ক্রিয়ার উপর ভিত্তি করে FMO পদ্ধতির প্রয়োগে

পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়ার ত্রিমাত্রিক বিন্যাসগত পরিবর্তনের (stereochemistry) ব্যাখ্যা অধিকতর সহজে দেওয়া যায়।

আলোচ্য অধ্যায়ে প্রক্টম উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি ও পরে FMO পদ্ধতি প্রয়োগ করে বিভিন্ন পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া আলোচনা করা হল।

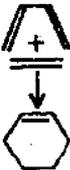
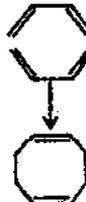
#### 4.4.1 উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি :

উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি অনুযায়ী তাপীয় অবস্থার ভূমিস্তরে (ground state) পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়াটি প্রতিসাম্য সমর্থিত (symmetry allowed) হয় তখনই যখন  $(4q+2)_s$  এবং  $(4r)_a$  উপাংশ দুটির যোগফল অযুগ্ম হয়।

আবার, বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে উদ্দীপ্ত অবস্থায় (excited state) পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়াটি প্রতিসাম্য সমর্থিত হয় তখনই যখন  $(4q+2)_s$  এবং  $(4r)_a$  উপাংশ দুটির যোগফল শূন্য অথবা যুগ্ম হয়।

যেখানে  $q$  এবং  $r$  হল শূন্য সমেত দুটি পূর্ণ সংখ্যা।

উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির বিশ্লেষণ :

বন্ধন (bonding) ত্রিমাত্রিক বিন্যাস (stereochemistry)	বিক্রিয়া তাপীয় অবস্থায়	সমদিকমুখী $(4q+2)_s$	বিপরীতদিকমুখী $(4r)_a$	মোট উপাংশ $(4q+2)_s + (4r)_a$	উপেক্ষিত	
(i) $[\pi^4_s + \pi^2_s]$		1	1	0	0	$1+0=1$ অযুগ্ম অতএব, বিক্রিয়াটি প্রতিসাম্য-সমর্থিত
(ii) $[\pi^4_s + \pi^4_s]$		0	1+1	0	0	$0+0=0$ শূন্য অতএব বিক্রিয়াটি প্রতিসাম্য-অসমর্থিত
(iii) $[\pi^4_s + \pi^4_a]$		0	1	0	1	$0+1=1$ অযুগ্ম অতএব প্রতিসাম্য সমর্থিত।

#### 4.4.2 FMO (Frontier Molecular Orbital) তত্ত্ব :

FMO তত্ত্ব অনুসারে HOMO এর সাথে LUMO এর মিথস্ক্রিয়া বিবেচনা করে পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা বিচার করা হয়।

FMO পদ্ধতি প্রয়োগ করে বিক্রিয়াপথের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসগত পরিবর্তনের (stereochemistry) সহজে ব্যাখ্যা করা যায়।

পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার FMO পদ্ধতি অনুসারে ব্যাখ্যা নিম্নরূপ। বিক্রিয়াকালে দুটি ভিন্ন অণু বা একই অণুর দুটি ভিন্ন অংশ যখন পরস্পরের কাছে আসে তখন একটি অণুর ইলেকট্রন-অধিকৃত (filled) MO অপর অণুর কাছাকাছি শক্তিস্তরের ইলেকট্রন-অধিকৃত MO এর মিথস্ক্রিয়ার ফলে একটি সংকর বন্ধনীয় (bonding) MO এবং একটি সংকর অবন্ধনীয় (antibonding) MO উৎপন্ন হয়। বন্ধনীয় MO তে দুটো ইলেকট্রনের অবস্থানের ফলে যতটা স্থিতিশীলতা অর্জিত হয়, অবন্ধনীয় MO তে দুটো ইলেকট্রন অবস্থানের ফলে তার চেয়ে বেশী স্থিতিশীলতা বিনষ্ট ঘটে না। কিন্তু একটি অণুর HOMO এর সাথে অপর অণুর LUMO এর মিথস্ক্রিয়ার ফলে একটি সংকর বন্ধনীয় (bonding) এবং একটি সংকর অবন্ধনীয় (antibonding) অরবিট্যালে উৎপন্ন হয়। HOMO-তে দুটি ইলেকট্রন থাকায় এবং LUMO তে কোন ইলেকট্রন না থাকায় মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় দুই। এই দুটি ইলেকট্রন সংকরায়িত বন্ধনীয় আণবিক অরবিট্যালে অবস্থান করে কিন্তু সংকরায়িত অবন্ধনীয় আণবিক অরবিট্যালে কোন ইলেকট্রন অবস্থান করে না। ফলে পরাবর্তী দশার স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায় এবং এপথেই বিক্রিয়াটি ঘটে। সুতরাং পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার একধাপে (concerted) বিক্রিয়াপথে বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা বিচারের ক্ষেত্রে একটি অণুর HOMO এবং অপরটির LUMO এর মিথস্ক্রিয়া হওয়া জরুরী। HOMO এবং LUMO এর মিথস্ক্রিয়ার প্রয়োজনে অণুগুলি জ্যামিতিক বিন্যাস একটি নির্দিষ্ট প্রকৃতির হতে হয়। তাই পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়াগুলি স্টিরিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া হয়।

পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া যেহেতু উভয়মুখী বিক্রিয়া তাই বিক্রিয়ার অভিমুখ প্রধানত কোন দিকে হবে সেজন্য বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থের আপেক্ষিক স্থিতিশীলতা বিচার করা হয়। স্টেরিক ক্রিয়া (interaction), কৌণিক পীড়ন ইত্যাদির প্রভাবে যদি উৎপন্ন পদার্থের স্থিতিশীলতা হ্রাস পায় তবে বিক্রিয়াটির বিপরীতদিকে যাওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়।

---

#### 4.5 ইলেকট্রোবৃত্তীয় বিক্রিয়া (Electrocyclic reaction)

---

ইলেকট্রোবৃত্তীয় বিক্রিয়ায় তাপ বা বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে অণুবন্ধ পলিইনের প্রান্তীয় পরমাণু দুটির মধ্যে  $\sigma$  (সিগমা) বন্ধন গঠিত হয়ে বৃত্তীয় অসম্পৃক্ত যৌগ সাইক্লোঅ্যালকিন উৎপন্ন হয় অথবা এর বিপরীত বিক্রিয়া অর্থাৎ বৃত্তীয় অসম্পৃক্ত যৌগ সাইক্লোঅ্যালকিনের একটি  $\sigma$  বন্ধন ভেঙে গিয়ে অণুবন্ধ পলিইনে রূপান্তর ঘটে।

প্রথমক্ষেত্রে, সামগ্রিকভাবে একটি  $\pi$  (পাই) বন্ধনের  $\sigma$  বন্ধনে রূপান্তর ঘটে। একে ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয়ীভবন বিক্রিয়া (Electrocyclic ring closure reaction) বলে।

দ্বিতীয়ক্ষেত্রে অর্থাৎ বিপরীত বিক্রিয়াতে একটি  $\sigma$  বন্ধনের  $\pi$  বন্ধনে রূপান্তরণ ঘটে। একে ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয় উন্মুক্তীভবন বিক্রিয়া (Electrocyclic ring opening reaction) বলে।

উদাহরণ,



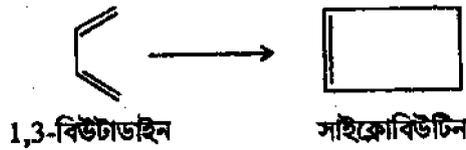
1,3-বিউটাডাইইনের ও সাইক্লোবিউটিনের রূপান্তরণ



1,3,5-হেক্সট্রাইইন ও সাইক্লোহেক্সাডাইইনের রূপান্তরণ

#### 4.5.1 ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয়ীভবন বিক্রিয়ার (Electrocyclic ring closure reaction) ক্ষেত্রে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির (Woodward-Hoffmann rule) প্রয়োগ

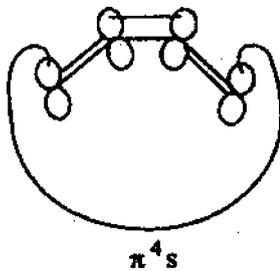
এই বিক্রিয়া তাপ এবং বিকিরিত রশ্মির সাহায্যে সম্পাদিত হয়। যেমন, প্রথমক্ষেত্রে,



1,3-বিউটাডাইইন

সাইক্লোবিউটিন

অর্থাৎ পলিইনের (এক্ষেত্রে ডাইইন) বলয়ীভবনের ক্ষেত্রে:



$$\text{এখানে, } (4q+2)_s = 0$$

$$(4r)_a = 0$$

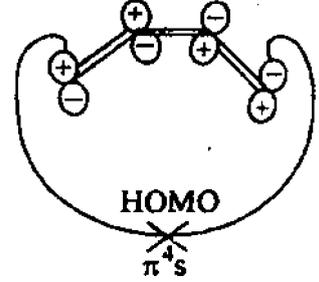
$$\text{মোট উপাংশের সংখ্যা} = 0 \text{ (শূন্য)}$$

অতএব তাপ প্রয়োগে বিক্রিয়াটির বলয়ীভবন এইভাবে সম্ভব নয়। কিন্তু বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়াটি এইভাবে সম্ভব।

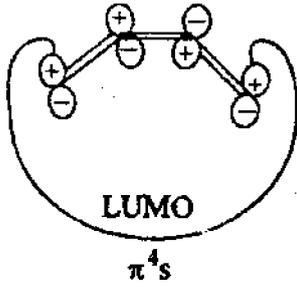
FMO পদ্ধতি অনুসারে তাপীয় অবস্থায় পলিইন থেকে বৃত্তীয় যৌগ গঠনের বা বলয়ীভবনের ব্যাখ্যা দেওয়ার ক্ষেত্রে পলিইনের HOMO চিত্রটি নিয়ে আলোচনা করতে হবে।

উপরের উদাহরণে, 1, 3-বিউটাডাইইনের HOMO চিত্রটি নিম্নরূপ:

চিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে,  $\pi^4$  ডাইইনের প্রান্তীয় লোবের উপরের দিক দুটি (suprafacial) ভিন্ন দশায় থাকবার ফলে এগুলি যুক্ত হয়ে  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে পারে না।

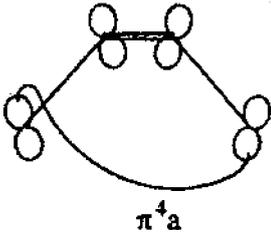


কিন্তু, বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়াটি ( $\pi^4s$ ) সম্ভব। এক্ষেত্রে FMO পদ্ধতি অনুযায়ী আমরা পলিইনের LUMO চিত্রটি নিয়ে আলোচনা করব।



চিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে,  $\pi^4$  ডাইইনের উপরদিকের প্রান্তীয় লোবদুটি একই দশায় থাকবার ফলে এরা যুক্ত হয়ে  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে পারে।

অন্যভাবে,



$$\text{এখানে, } (4q+2)_s = 0$$

$$(4r)_a = 1$$

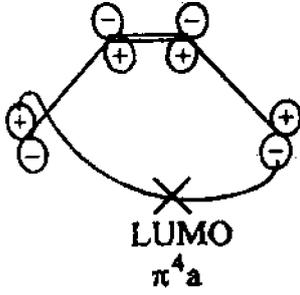
$$\text{মোট উপাংশের সংখ্যা} = 1 \text{ (অযুগ্ম)।}$$

অতএব তাপ প্রয়োগে বিক্রিয়াটির বলয়ীভবন এইভাবে সম্ভব হলে বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে সম্ভব নয়।

FMO বিচারে,



চিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে,  $\pi^4$  ডাইইনে বিপরীতদিকের প্রান্তীয় লোবদুটি একই দশায় থাকবার ফলে এরা যুক্ত হয়ে  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে পারে।

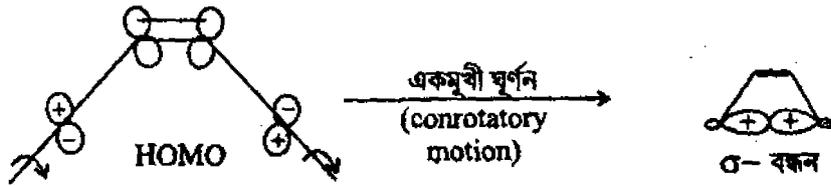


বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়াটি ( $\pi^4 a$ ) সম্ভব নয়। এক্ষেত্রেও FMO অনুযায়ী পলিইনের LUMO চিত্রটি নিয়ে আমরা আলোচনা করবো।

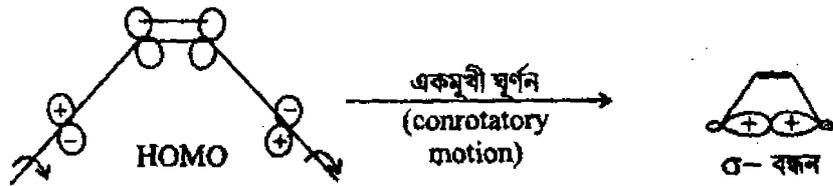
চিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে,  $\pi^4$  ডাইইনের বিপরীতদিকের (antarafacial) প্রান্তীয় লোবদুটি ভিন্ন দশায় থাকবার ফলে এরা যুক্ত হয়ে  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে পারে না।

তাহলে আমরা দেখলাম যে, তাপ প্রয়োগে অণুবন্ধ ডাইইনের ( $\pi^4$ ) বলীয়ভবনের ক্ষেত্রে প্রান্তীয় লোবদুটির বিপরীত দশায়  $\sigma$  বন্ধন গঠন সম্ভব। এই  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে হলে লোব দুটির একমুখী ঘূর্ণন (conrotatory motion) প্রয়োজন।

অর্থাৎ,

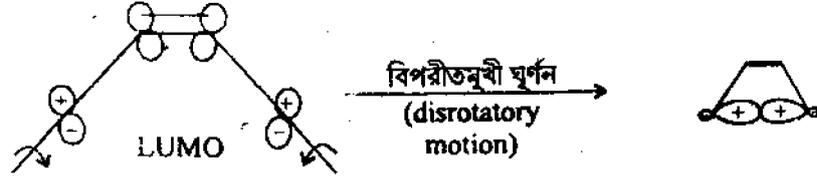


অথবা,

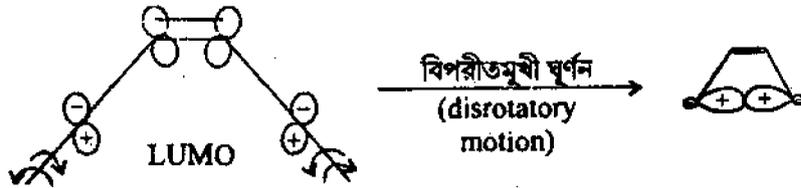


আমরা আরও দেখলাম, যে বিকিরিত রশ্মি ( $h\nu$ ) প্রয়োগে অণুবন্ধ ডাইইনের ( $\pi^4$ )  $\sigma$  বন্ধন গঠন সম্ভব। আর এই  $\sigma$  বন্ধন গঠন করতে হলে লোব দুটির বিপরীতমুখী ঘূর্ণন (disrotatory motion) প্রয়োজন।

অর্থাৎ



অথবা,



সিদ্ধান্ত :  $\pi^4$  অণুবন্ধ ডাইইনের বলীয়ভবনের অর্থাৎ প্রান্তীয় পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে  $\sigma$  বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে তাপের প্রভাবে ( $\Delta$ ) প্রান্তীয় লোবদুটির একমুখী ঘূর্ণন (conrotatory motion) এবং বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে বিপরীতমুখী ঘূর্ণন (disrotatory motion) প্রয়োজন।

দ্বিতীয়ক্ষেত্রে এই নীতির প্রয়োগ :



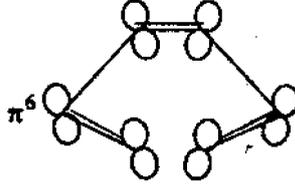
1, 3, 5-হেক্সট্রাইন থেকে অসম্পৃক্ত বৃত্তীয় যৌগের গঠন সম্বন্ধে এখন আমরা আলোচনা করব। প্রাথমিকভাবে পলিইনটি হল  $6\pi$  ইলেকট্রনের ( $\pi^6$ ) একটি অণুবন্ধ ট্রাইইন। এর থেকে বৃত্তীয় যৌগ গঠন করার অর্থ হল প্রান্তীয় পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে  $\sigma$  বন্ধন গঠন।

এক্ষেত্রে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির প্রয়োগ করবার জন্য নীচের ধাপগুলি অনুসরণ করুন

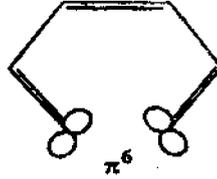
1) বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল আঁকুন



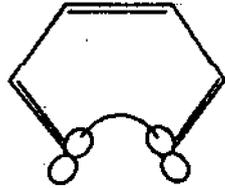
2) ক্রিয়া-কৌশলে অংশগ্রহণকারী উপাংশগুলি (এখানে p-অরবিট্যাল) নির্ধারণ করুন



3) ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিক অবয়বে p-অরবিট্যালগুলি এমনভাবে আঁকুন যাতে প্রান্তীয় পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে  $\sigma$  বন্ধন গঠন হওয়া সম্ভব।

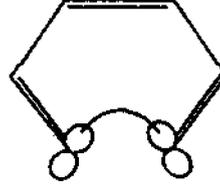


4) প্রান্তীয় p-অরবিট্যাল দুটি এমনভাবে যুক্ত করুন যাতে নতুন  $\sigma$  বন্ধন গঠিত হতে পারে। এগুলিতে দু'ভাবে যুক্ত করা যেতে পারে—প্রথমটি হ'ল একইদিকে (Suprafacial) এবং দ্বিতীয়টি হল বিপরীতদিকে (antarafacial).



একইদিকে (suprafacial)

$\pi^6_s$



বিপরীতদিকে (antarafacial)

$\pi^6_a$

5) প্রথমক্ষেত্রে,  $(4q+2)s = 1 (q=1)$

এবং  $(4r)a = 0$

$\therefore$  মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)

তাপ প্রয়োগে বিক্রিয়াটি সম্ভব

কিন্তু বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে সম্ভব নয়

দ্বিতীয়ক্ষেত্রে,  $(4q+2)s = 0$

এবং  $(4r)a = 0$

$\therefore$  মোট উপাংশের সংখ্যা = 0

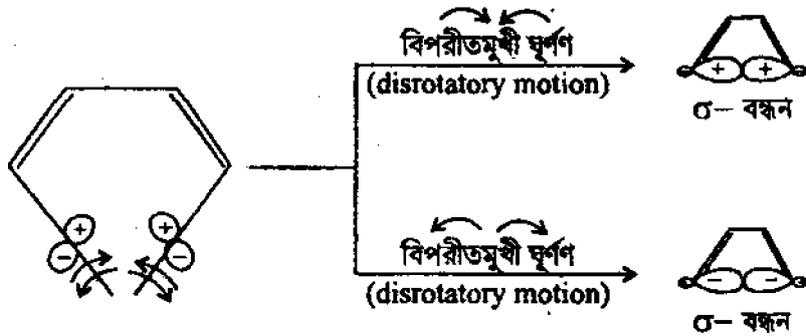
তাপ প্রয়োগে বিক্রিয়াটি সম্ভব নয়

কিন্তু বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে সম্ভব।

তাপ প্রয়োগের ক্ষেত্রে, FMO পদ্ধতি অনুযায়ী  $\pi^6$  এর HOMO চিত্রটি নিয়ে আলোচনা করব।



একই চিহ্নযুক্ত (+) লোবের মধ্যে বন্ধন মিথস্ক্রিয়া (bonding interaction) সম্ভব।



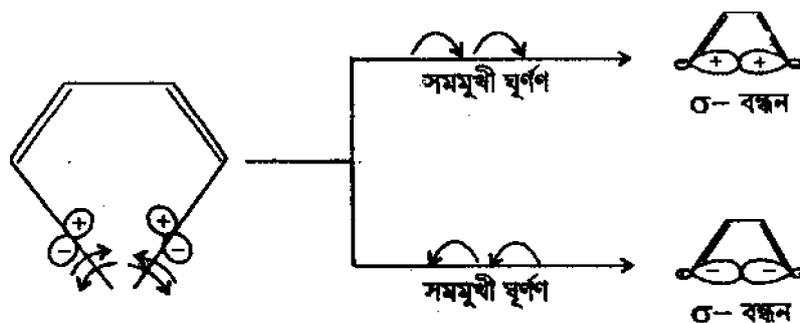
অর্থাৎ তাপীয় প্রভাবে, লোবগুলির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার (bonding interaction) প্রয়োজনে বিপরীতমুখী ঘূর্ণনের (disrotatory motion) মধ্য দিয়ে বলয়ীভবন প্রক্রিয়াটি সম্পাদিত হয়।

অন্যদিকে, বিকিরিত রশ্মির প্রয়োগের ক্ষেত্রে, FMO পদ্ধতি অনুযায়ী  $\pi^6$  এর LUMO চিত্রটি নিয়ে আমরা আলোচনা করব।



একই চিহ্নযুক্ত (+) লোবের মধ্যে বন্ধন মিথস্ক্রিয়া (bonding interaction) সম্ভব।

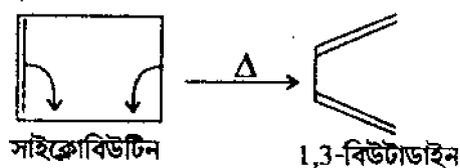
অর্থাৎ একই দশাপ্রাপ্ত লোব দুটির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার প্রয়োজনে সমমুখী ঘূর্ণন (conrotatory motion) আবশ্যিক।



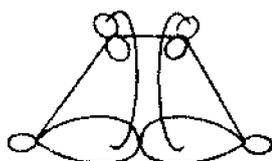
সিদ্ধান্ত :  $\pi^6$  অনুবন্ধ ডাইইনের বনীয়ভবনের অর্থাৎ প্রান্তীয় পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে  $\sigma$  বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগে প্রান্তীয় লোবদুটির বিপরীতমুখী ঘূর্ণন (disrotatory motion) এবং বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে এদের একমুখী ঘূর্ণন (conrotatory motion) আবশ্যিক।

#### 4.4.2 তাপ প্রয়োগে ইলেকট্রোবৃত্তীয় বলয় উন্মুক্তিভবন বিক্রিয়ায় উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির প্রয়োগ (The Woodward-Hoffmann rules applied to thermal electrocyclic ring opening reactions) :

প্রথমক্ষেত্রে,



(1)  $[\pi^2s + \sigma^2s]$

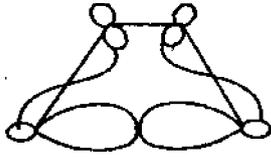


$$(4q + 2) = 1 + 1 = 2$$

$$(4r)_a = 0$$

---

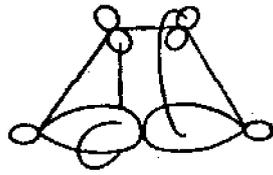

$$\text{মোট উপাংশের সংখ্যা} = 2 \text{ (যুগ্ম)}$$



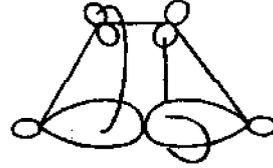
অথবা

অতএব, তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়াটির বলয় উন্মুক্তভবন এইভাবে সম্ভব নয়, কিন্তু বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে এইভাবে সম্ভব।

(2)  $[\pi^2a + \sigma^2s]$ :



অথবা



এখানে,

$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 0$$

---

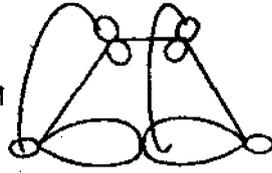
মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)

অতএব বিক্রিয়াটি তাপীয় অবস্থায় সম্ভব কিন্তু বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে সম্ভব নয়।

(3)  $[\pi^2s + \sigma^2a]$ :



অথবা



$$(4q + 2)_s = 1$$

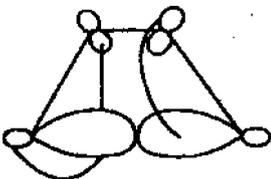
$$(4r)_a = 0$$

---

মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)

অতএব তাপীয় অবস্থায় যৌগটির বলয় উন্মুক্তভবন এইভাবে সম্ভব হলেও বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে এইভাবে সম্ভব নয়।

(4)  $[\pi^2a + \pi^2a]$ :



$$(4q + 2)_s = 0$$

$$(4r)_a = 0$$

---

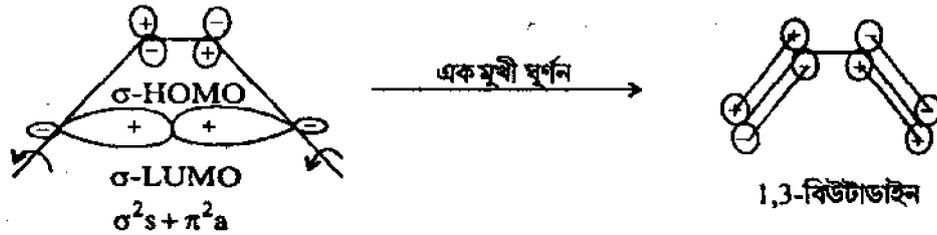
মোট উপাংশের সংখ্যা = 0 (শূন্য)

অতএব বিক্রিয়াটি বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে সম্ভব হলেও তাপীয় প্রভাবে সম্ভব নয়।

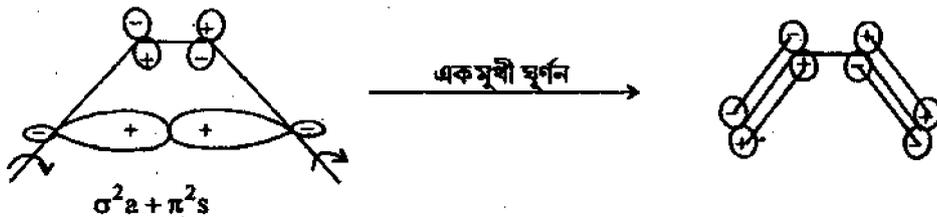
FMO পদ্ধতি অনুযায়ী সাইক্লোবিউটিন অণুর বলয় উন্মুক্তভবন বিক্রিয়ার (ring opening reaction)

ক্ষেত্রে লোবগুলির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার (bonding interaction) প্রয়োজনে  $\sigma$  বন্ধনে আবদ্ধ লোব দুটির একমুখী ঘূর্ণনের মধ্য দিয়ে বলয় উন্মুক্তিকরণ ভবন প্রক্রিয়াটি সম্পাদিত হয়।

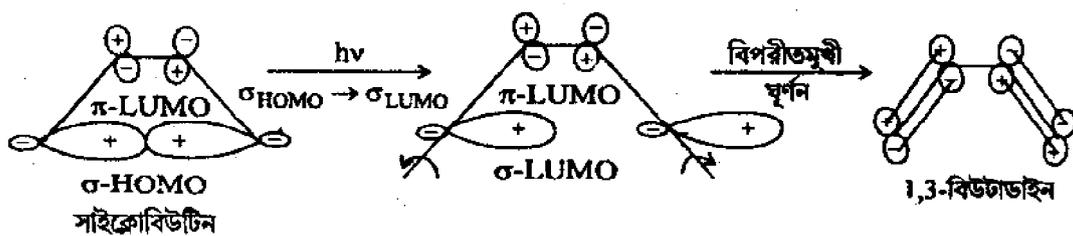
তাপীয় প্রভাবে,



অথবা,



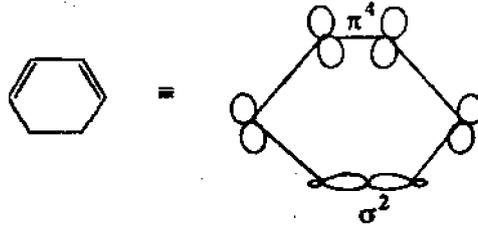
বিকিরিত রশ্মির প্রয়োগে সাইক্লোবিউটিনের বলয় উন্মুক্তিকরণ বিক্রিয়ার  $\sigma$  বা  $\pi$  অংশের যে কোন একটির ইলেকট্রন HOMO থেকে উজ্জীবিত হয়ে LUMO স্তরে উন্নীত হয়। ফলে, রশ্মি প্রয়োগে উজ্জীবিত এই LUMO স্তরটি এক্ষেত্রে HOMO হিসাবে বিবেচিত হয় এবং এর সাথে অপর অংশ LUMO-র মিথস্ক্রিয়া (interaction) সম্পাদিত হয়। অর্থাৎ রশ্মি প্রয়োগে  $\sigma$  LUMO এবং  $\pi$  LUMO এর মিথস্ক্রিয়ার বলয় উন্মুক্তিকরণ বিক্রিয়াটি সম্পাদিত হয়।



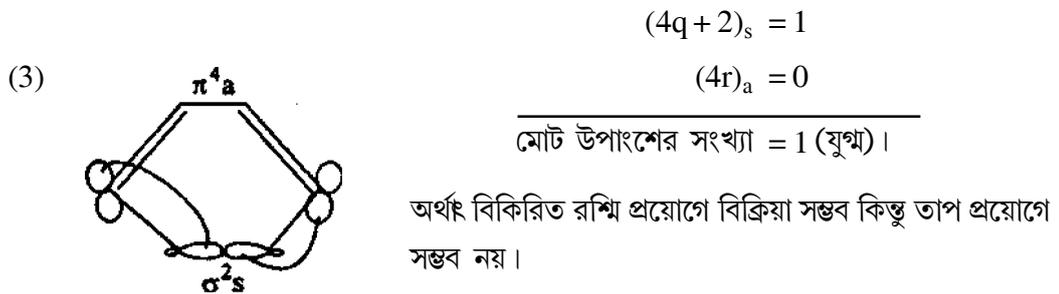
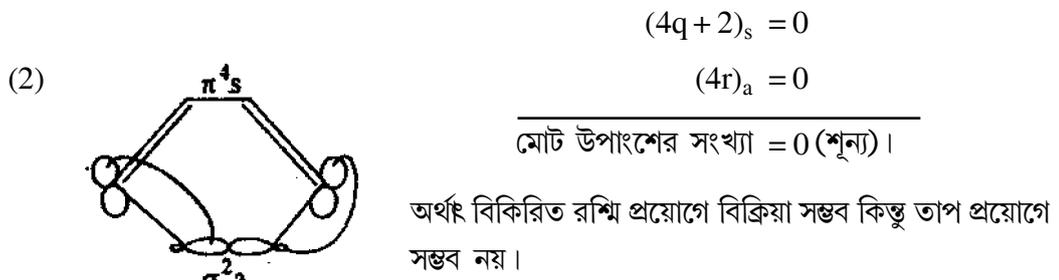
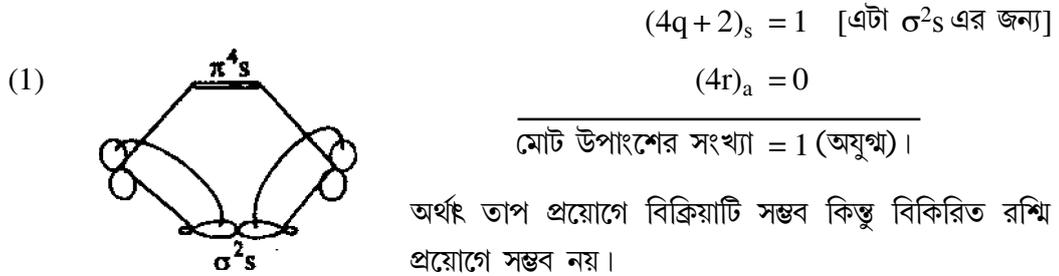
**সিদ্ধান্ত :** সাইক্লোবিউটিনের বলয় উন্মুক্তিকরণের ক্ষেত্রে তাপীয় প্রভাবে  $\sigma$  HOMO এবং  $\pi$  LUMO এর মিথস্ক্রিয়া সম্পাদনে অর্থাৎ নোডগুলির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার (bonding interaction) প্রয়োজনে একমুখী ঘূর্ণনের মধ্য দিয়ে এবং বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে বিপরীতমুখী ঘূর্ণনের মধ্য দিয়ে বলয় উন্মুক্তিকরণ ক্রিয়া সম্পাদিত হয়।

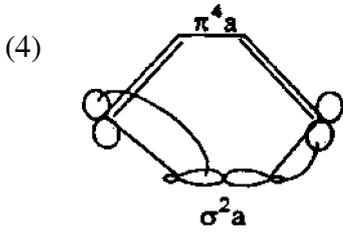


অর্থাৎ, সাইক্লোহেক্সাডাইনের বলয় উন্মুক্তভবনের ক্ষেত্রে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতির প্রয়োগ :



সম্ভাব্য মিশ্রক্রিয়া :





$$(4q+2)_s = 0$$

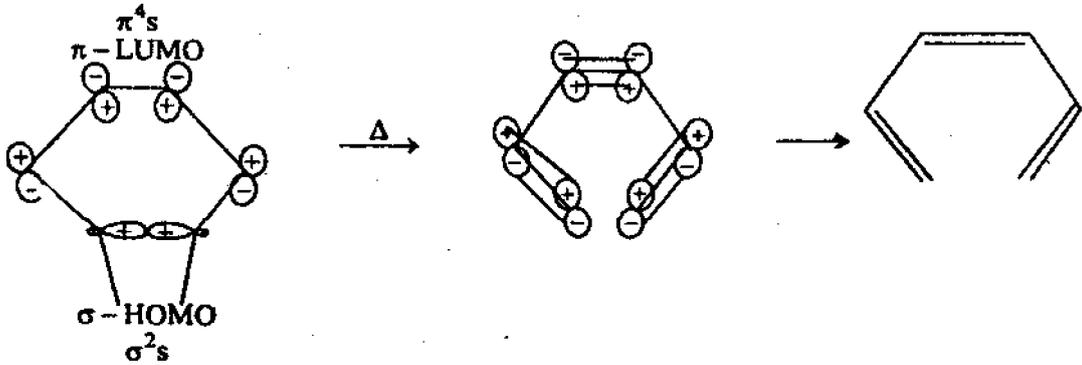
$$(4r)_a = 1$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)।

কাজেই তাপ প্রয়োগে এইরূপ বন্ধন মিথস্ক্রিয়া সম্ভব, কিন্তু বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে এই মিথস্ক্রিয়া সম্ভব নয়।

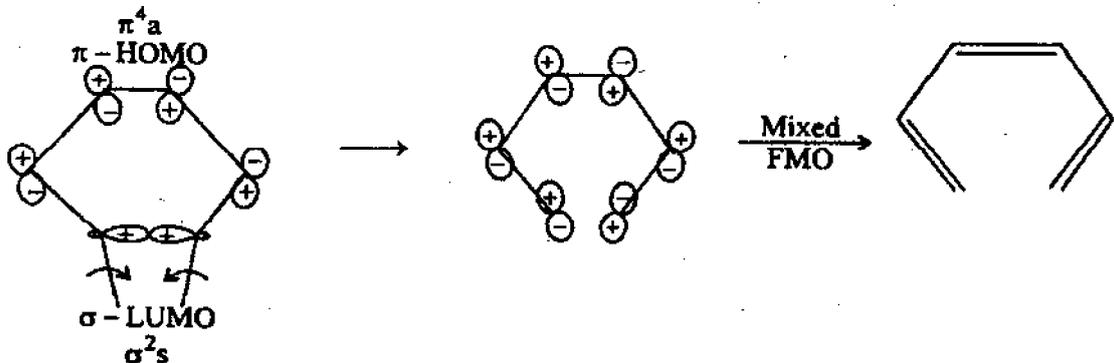
উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগে তাপীয় অবস্থায় সম্ভাব্য বিক্রিয়া হল :  $[\pi^4s + \sigma^2s]$  এবং  $[\pi^4a + \sigma^2a]$ । FMO বিচারে তাপীয় অবস্থায়  $\pi^4$  অনুবন্ধ ডাইইনের জন্য HOMO এবং  $\sigma^2$ -এর জন্য LUMO অথবা  $\pi^4$ -এর জন্য LUMO এবং  $\sigma^2$ -এর জন্য HOMO বিবেচনা করতে হবে।

$[\pi^4s + \sigma^2s]$  এর ক্ষেত্রে,  $\pi^4$  অনুবন্ধ ডাইইনের LUMO ( $\psi_3$ ) এবং  $\sigma$ -HOMO ধরা হয়েছে।



লোবগুলির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার প্রয়োজনে বিপরীতমুখী ঘূর্ণনের মধ্য দিয়ে বলয় উন্মুক্তভবন প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়।

অথবা  $[\pi^4a + \sigma^2a]$  এর ক্ষেত্রে,

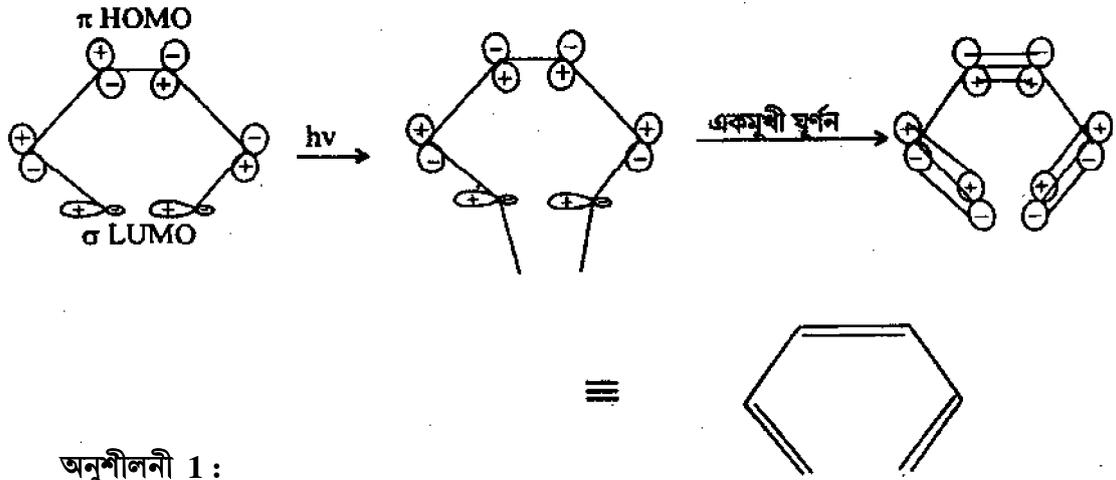


$\pi^4$  অনুবন্ধ ডাইইনের HOMO ( $\psi_2$ ) এবং  $\sigma$ -LUMO ধরা হয়।

আবার বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগ করে যে বিক্রিয়াগুলি সম্ভব তা হল :

$[\pi^4s + \sigma^2a]$  এবং  $[\pi^4a + \sigma^2s]$

FMO পদ্ধতি অনুসারে  $\pi^4$  অনুবন্ধ ডাইইনের HOMO স্তর রশ্মিপ্রয়োগে উজ্জীবিত হয়ে LUMO স্তরে উন্নীত হয়। রশ্মি প্রয়োগে উজ্জীবিত এই LUMO স্তরটি এক্ষেত্রে HOMO স্তর হিসাবে বিবেচিত হয় এবং এর সাথে  $\sigma$  LUMO এর লোবগুলির বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার প্রয়োজনে একমুখী ঘূর্ণনের মধ্য দিয়ে বলয় উন্মুক্তভবন ক্রিয়া সম্পাদিত হয়।

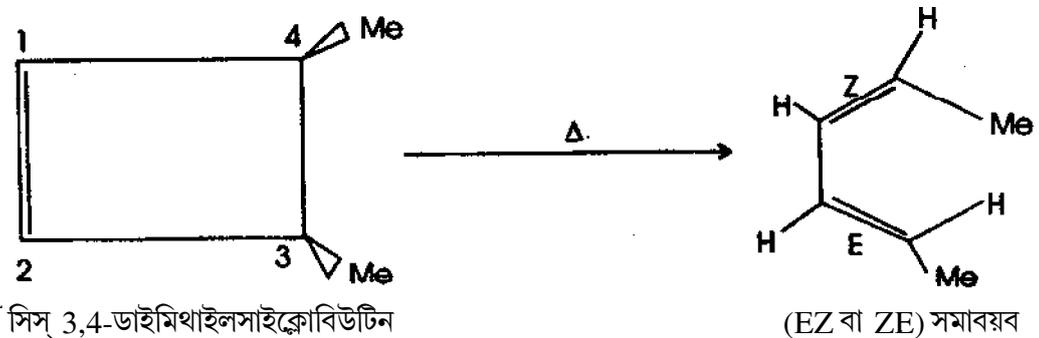


### অনুশীলনী 1 :

বিকিরিত রশ্মির প্রভাবে উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগ করে সম্ভাব্য বিক্রিয়া  $[\pi^4a + \sigma^2s]$  FMO পদ্ধতির সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।

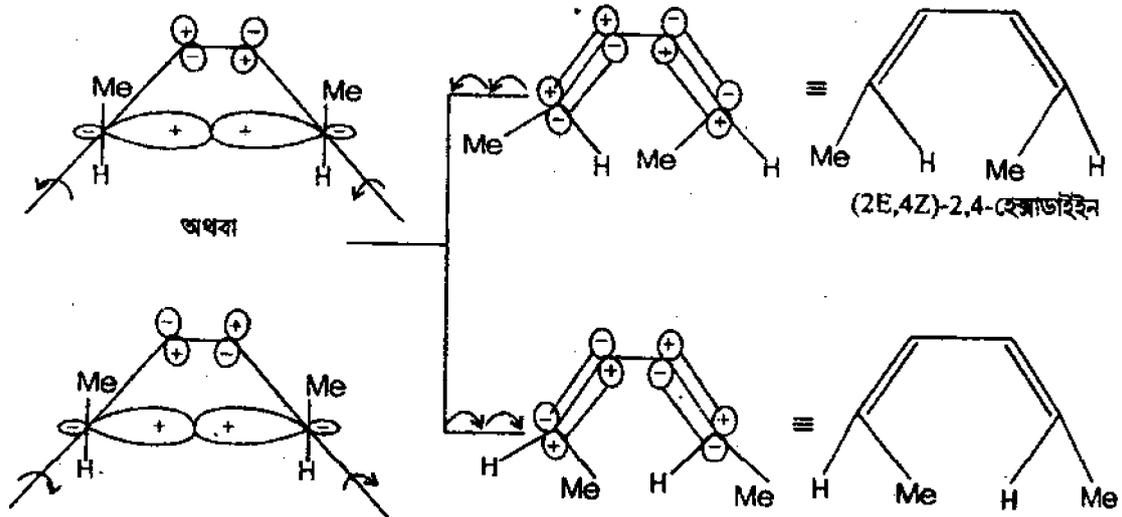
ইলেকট্রোবৃত্তীয় বিক্রিয়াগুলি হলো স্টিরিওস্পেসিফিক বিক্রিয়া। অর্থাৎ এগুলি বিক্রিয়ক সিলেক্টিভ (substrate selective) বিক্রিয়া।

উদাহরণ : তাপ প্রয়োগে সিস্ 3,4-ডাইমিথাইলসাইক্লোবিউটিন থেকে (2Z, 4E)-2,4-হেক্সাডাইন কিন্তু ট্রান্স 3,4-ডাইমিথাইলসাইক্লোবিউটিন থেকে (2E, 4E)-2,4-হেক্সাডাইন উৎপন্ন হয়।

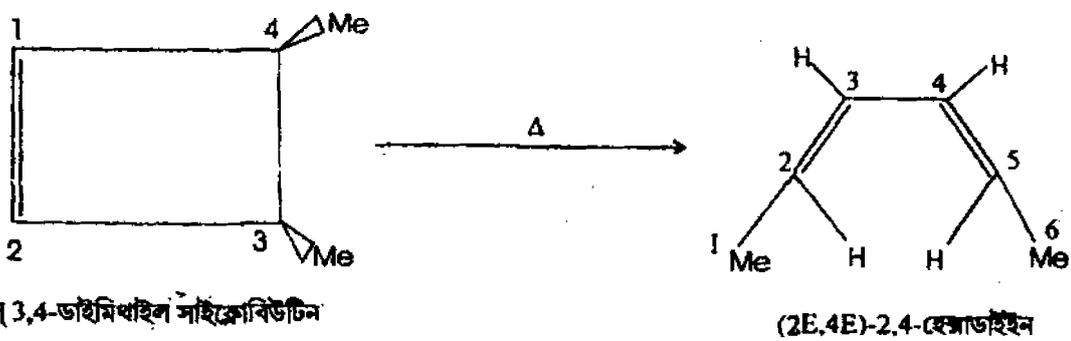


আমরা জানি তাপীয় অবস্থায় সিগমা অরবিটালের একমুখী ঘূর্ণনের (conrotatory motion) মাধ্যমে  
 বলয় উন্মুক্তভবন বিক্রিয়া ঘটে।

অর্থাৎ



অনুরূপভাবে,



ড্রাম 3,4-ডাইমিথাইল সাইক্লোবিউটিন

## 4.6 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া (Cycloaddition reaction)

এরূপ বিক্রিয়ায়  $\pi$  ইলেকট্রন সম্পন্ন দুই বা ততোধিক অণুর প্রতীয় পরমাণুগুলির মধ্যে  $\sigma$  বন্ধন গঠিত হয়ে একটি বৃত্তীয় (cyclic) যৌগ উৎপন্ন হয়। বিপরীতমুখী বিক্রিয়াকে রেট্রো-বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া (retrocycloaddition reaction) বলে।

বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক অণুর  $\pi$  ইলেকট্রন সংখ্যা এবং সংযোজনের দিক (face)-এর প্রকৃতি অনুযায়ী বিক্রিয়াগুলিকে  $[\pi^m s + \pi^n s]$ ,  $[\pi^m s + \pi^n a]$ ,  $[\pi^m a + \pi^n a]$  ইত্যাদি বিক্রিয়ারূপে চিহ্নিত করা হয়। এখানে  $m$  ও  $n$  হল বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক অণু দুটির যথাক্রমে  $\pi$  ইলেকট্রন সংখ্যা।  $s$  ও  $a$  সংযোজনের দিক (face)-এর প্রকৃতি নির্দেশ করে। একই দিক বরাবর হলে সমদিকমুখী  $\pi$  (suprafacial) এবং বিপরীতমুখী দিক বরাবর হলে বিপরীতদিকমুখী (antarafacial) ধরা হয়।

উদাহরণ : তাপীয় প্রভাবে।

(i) 1, 3 বিউটাডাইন এবং ইথিলিনের বিক্রিয়ায় সাইক্লোহেক্সিন উৎপন্ন হয়।



(ii) বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে দুই অণু ইথিলিন যুক্ত হয়ে সাইক্লোবিউটিন উৎপন্ন করে।

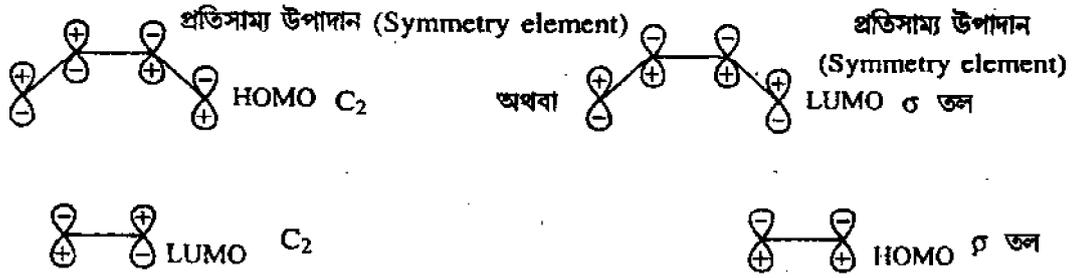


### 4.6.1 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া এবং FMO পদ্ধতি :

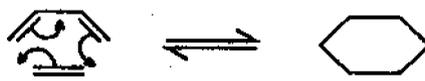
FMO পদ্ধতি প্রয়োগ করে বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। তাপের প্রভাবে বৃত্তীয় সংযোজনের বিক্রিয়াকালে একটি  $\pi$  ইলেকট্রন সম্পন্ন অণুর HOMO-এর সাথে অপর  $\pi$  ইলেকট্রন সম্পন্ন অণুর LUMO-এর মিথস্ক্রিয়ার মধ্য দিয়ে দুটি নতুন  $\sigma$  বন্ধন গঠিত হয়। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অরবিট্যাল লোবগুলোর  $\sigma$  বন্ধন তৈরীর প্রয়োজনে প্রতিসাম্যগত (symmetry) মিল থাকা জরুরী। যেমন—



তাপীয় 1, 3-বিউটাডাইন ও ইথিলিনের বিক্রিয়াতে বিক্রিয়ক অণুগুলির HOMO এবং LUMO চিত্র দুটি নিম্নরূপ :



উভয়ক্ষেত্রেই প্রান্তীয় পরমাণুর p অরবিটালের একই দিকের (face) লোবগুলি সমচিহ্নযুক্ত হওয়ায় এদের মধ্যে বন্ধন মিথস্ক্রিয়া সম্পাদিত হতে পারে। অর্থাৎ প্রতিসাম্যগত (symmetry) মিল ( $C_2$  বা  $\sigma$  তল) থাকার ফলে তাপীয় অবস্থায় 1,3-বিউটাডাইন ও ইথিলিনের বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়াটি সম্ভব এবং অণু দুটি তাপীয় প্রভাবে সহজেই সাইক্লোসেপ্টিন উৎপন্ন করে বা তার বিপরীত বিক্রিয়া (retro-cycloaddition) সাধিত হয়।



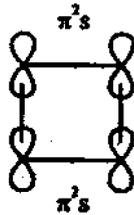
বিক্রিয়াটিকে  $[\pi^4s + \pi^2s]$  বিক্রিয়ারূপে চিহ্নিত করা হয়।

#### 4.6.2 বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় উডওয়ার্ড হফম্যান নীতির প্রয়োগ :



তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ার সম্ভাবতা :

(1)  $[\pi^2s + \pi^2s]$



$$(4q + 2)_s = 1 + 1$$

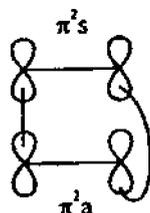
$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 2 (যুগ্ম)। ইহা প্রতিসাম্য অসমর্থিত।

অর্থাৎ তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ক দুটির সংযোজন  $[\pi^2s + \pi^2s]$  আকারে

অর্থাৎ সমদিকমুখী/সমদিকমুখীভাবে সম্ভব নয়।

$$(2) [\pi^2s + \pi^2a]$$



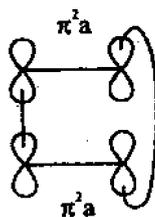
$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)। ইহা প্রতিসাম্য সমর্থিত।

অর্থাৎ তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ক দুটি  $[\pi^2s + \pi^2a]$  রূপে বা সমদিকমুখী/বিপরীতদিকমুখীভাবে যুক্ত হওয়া সম্ভব।

$$(3) [\pi^2a + \pi^2a]$$



$$(4q + 2)_s = 1$$

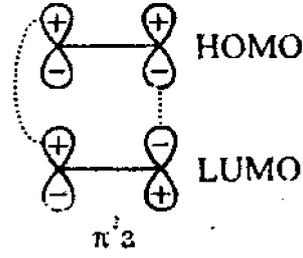
$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 0 (শূন্য)। ইহা প্রতিসাম্য অসমর্থিত।

অর্থাৎ তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ক অণু দুটির বিপরীতমুখী বিপরীতদিকমুখী ভাবে সংযোজন সম্ভব নয়।

সিদ্ধান্ত :	ইলেকট্রন সংখ্যা	বিক্রিয়ার অবস্থা	সংযোজনের দিক এর প্রকৃতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা		
			সমদিকমুখী/ সমদিকমুখী	সমদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী	বিপরীতদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী
	4q	$\Delta$	সম্ভব নয়	সম্ভব	সম্ভব নয়

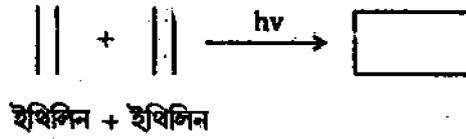
উডওয়ার্ড-হফমান নীতি প্রয়োগ করে তাপীয় অবস্থায় সম্ভাব্য বিক্রিয়া হল  $[\pi^2s + \pi^2a]$ । F.M.O বিচারে তাপীয় অবস্থায় একটি অণুর HOMO এবং অপরটির LUMO বিবেচনা করা হয়।



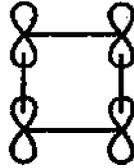
অর্থাৎ তাপীয় অবস্থায়  $[2+2]$  বৃত্তীয় সংযোজনের ক্ষেত্রে দশাগত মিল কেবলমাত্র  $[\pi^2s + \pi^2a]$  তেই বর্তমান।

এই  $[2+2]$  বৃত্তীয় সংযোজনের কালে অণু দুটির একই দশা বরাবর HOMO ও LUMO এর মধ্যে মিথস্ক্রিয়া সম্পাদিত হয়ে বিক্রিয়া ঘটে। কিন্তু এরূপ বিক্রিয়াকালে বন্ধন মিথস্ক্রিয়া ঘটাতে হলে অণু দুটিকে পরস্পর উল্লম্ব অবস্থানে আসতে হয়। এই অবস্থানে অভিলোপনের মাত্রা অত্যন্ত কম এবং পরবর্তী অবস্থায় এই জ্যামিতিক অবয়ব অত্যধিক পীড়ন হেতু পরাবর্তী শক্তি (transition energy)  $\pi t n \pi t$  অধিক হয় বলে  $[\pi^2s + \pi^2a]$  ভাবে বিক্রিয়া হয় না বললেই চলে।

#### 4.7 বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে $[2+2]$ বৃত্তীয় সংযোজনের সম্ভাব্যতা



$$(1) [\pi^2s + \pi^2s]$$



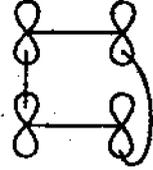
$$(4q + 2)_s = 1 + 1 = 2$$

$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 2 (যুগ্ম)।

অতএব, বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়ক দুটির সংযোজন  $[\pi^2s + \pi^2s]$  রূপে অর্থাৎ সমদিকমুখী/সমদিকমুখীভাবে সম্ভব।

$$(2) [\pi^2s + \pi^2a]$$



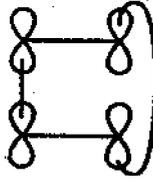
$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)

অতএব, বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে  $[\pi^2s + \pi^2a]$  অর্থাৎ সমদিকমুখী/বিপরীতদিকমুখী ভাবে সংযোজন সম্ভব নয়।

$$(3) [\pi^2a + \pi^2a]$$



$$(4q + 2)_s = 0$$

$$(4r)_a = 0$$

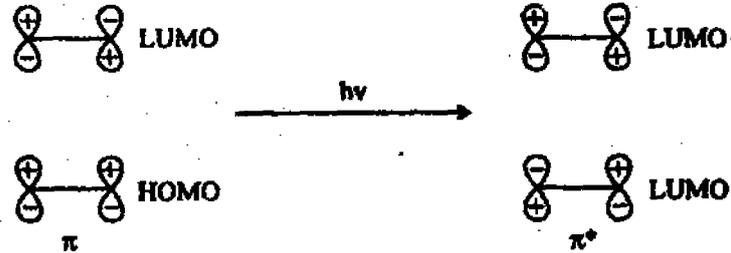
মোট উপাংশের সংখ্যা = 0 (শূন্য)

অতএব, বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বৃত্তীয় সংযোজন  $[\pi^2s + \pi^2a]$  অর্থাৎ বিপরীতদিকমুখী/বিপরীতদিকমুখীভাবেও ভাবে সম্ভব।

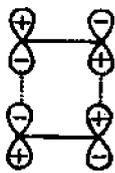
সিদ্ধান্ত :	ইলেকট্রন সংখ্যা	বিক্রিয়ার অবস্থা	সংযোজনের দিক এর প্রকৃতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা		
			সমদিকমুখী/ সমদিকমুখী	সমদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী	বিপরীতদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী
	4q	hv	সম্ভব	সম্ভব নয়	সম্ভব

উডওয়ার্ড-হফমান নীতি অনুসারে বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে  $[2+2]$  বৃত্তীয়-সংযোজনের সম্ভাব্যতা হল :  $[\pi^2s + \pi^2s]$  এবং  $[\pi^2a + \pi^2a]$ ।

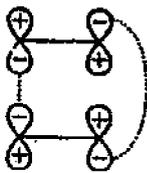
FMO বিচারে বিকিরিত অবস্থায় একটি অণুর HOMO এবং অপরটির LUMO বিবেচনা করতে হবে।



$[\pi^2s + \pi^2s]$



$[\pi^2a + \pi^2a]$



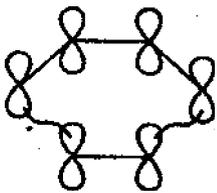
বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে  $[2 + 2]$  বৃত্তীয় সংযোজনের ক্ষেত্রে দশাগত মিল  $[\pi^2s + \pi^2s]$  এবং  $[\pi^2a + \pi^2a]$  উভয়ক্ষেত্রেই বর্তমান এবং অণু দুটির একই দশা বরাবর মিথষ্ক্রিয়া সম্পাদিত হয়ে বিক্রিয়া ঘটে।

এদের মধ্যে সমদিকমুখী/সমদিকমুখী (suprafacial/suprafacial) বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় অভিলেপনের মাত্রা বিপরীতদিকমুখী/বিপরীতদিকমুখী (antarafacial/antarafacial) বৃত্তীয়-সংযোজন অপেক্ষা বেশী হয় বলে  $[\pi^2s + \pi^2s]$  ভাবে বিক্রিয়া ঘটবে।

## 4.8 $[4+2]$ বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া ( $[4+2]$ Cycloaddition reaction)

উডওয়ার্ড হফম্যান নীতি অনুসারে তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা :

(1)  $[\pi^4s + \pi^2s]$

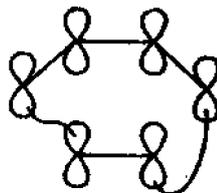


$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)। অতএব প্রতিসাম্য সমর্থিত। অর্থাৎ বিক্রিয়ক অণু দুটির প্রান্তীয় লোবগুলির সমদিকমুখী/সমদিকমুখী সংযোজন সম্ভব।

(1)  $[\pi^4s + \pi^2a]$

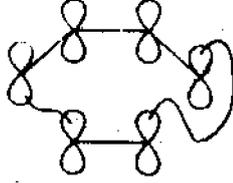


$$(4q + 2)_s = 0$$

$$(4r)_a = 0$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 0 (শূন্য)। ইহা প্রতিসাম্য অসমর্থিত। অর্থাৎ বিক্রিয়ক অণু দুটির প্রান্তীয় লোবগুলির এইভাবে সংযোগ সম্ভব নয়।

$$(3) [\pi^4a + \pi^2s]$$

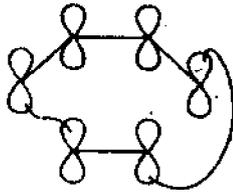


$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 1$$

মোট উপাংশের সংখ্যা = 2 (যুগ্ম)। ইহা প্রতিসাম্য অসমর্থিত। অর্থাৎ প্রাস্তীয় লোবগুলির এইভাবে সংযোজন সম্ভব নয়।

$$(4) [\pi^4a + \pi^2a]$$



$$[4q + 2]_s = 0$$

$$(4r)_a = 1$$

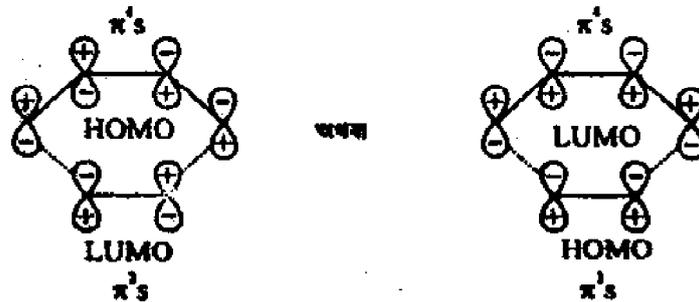
মোট উপাংশের সংখ্যা = 1 (অযুগ্ম)। ইহা প্রতিসাম্য সমর্থিত। অর্থাৎ অণু দুটির প্রাস্তীয় অভিলেপন সম্ভব।

সিদ্ধান্ত :	ইলেকট্রন সংখ্যা	বিক্রিয়ার অবস্থা	সংযোজনের দিক এর প্রকৃতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা		
			সমদিকমুখী/ সমদিকমুখী	সমদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী	বিপরীতদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী
	$4q + 2$ যেখানে $q=1, 2, 3$ ইত্যাদি	$\Delta$	সম্ভব	সম্ভব নয়	সম্ভব

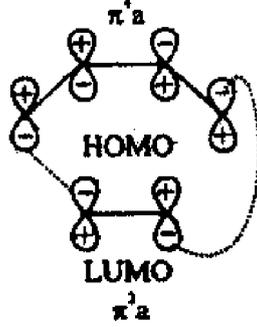
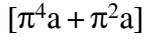
উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি অনুযায়ী তাপীয় অবস্থায়  $[4 + 2]$  বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় সম্ভাব্য বিক্রিয়াগুলি হল :  $[\pi^4s + \pi^2s]$  এবং  $[\pi^4a + \pi^2a]$ ।

FMO বিচারে তাপীয় অবস্থায় অণু দুটির HOMO এবং LUMO বিবেচনা করতে হবে।

$$[\pi^4s + \pi^2s]$$



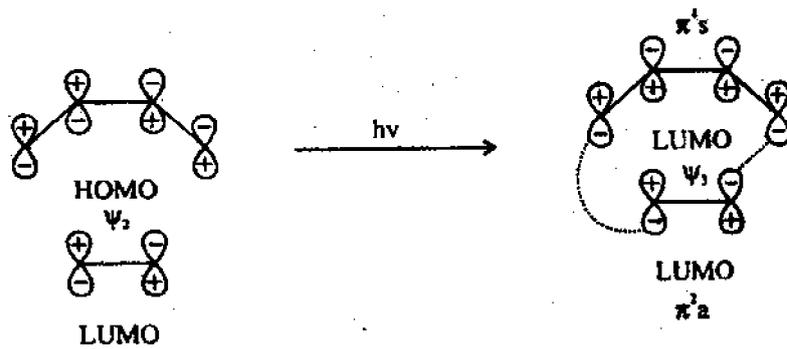
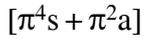
উভয়ক্ষেত্রেই বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়াটি সম্ভব।



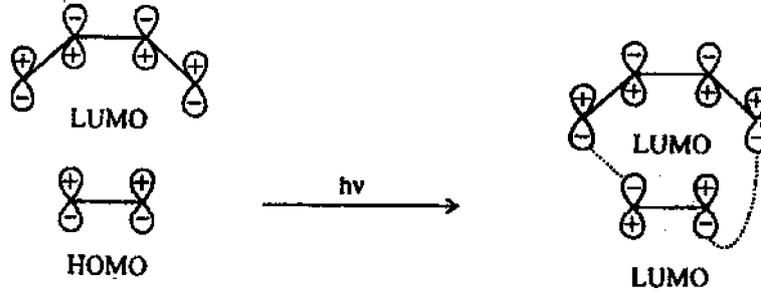
এক্ষেত্রে প্রান্তীয় পরমাণুগুলির বিপরীতমুখী অরবিট্যালগুলি একই দশায় থাকবার ফলে বন্ধন মিথষ্ক্রিয়া সম্ভব।

উপরোক্ত দুটি সম্ভাব্য বিক্রিয়ার মধ্যে প্রথমটির ক্ষেত্রে দুটি অণুরই প্রান্তীয় লোবগুলি সমদিকমুখী থাকার ফলে পরাবর্তী অবস্থায় শক্তিমাত্রা দ্বিতীয়টি অপেক্ষা কম বলে  $[\pi^4s + \pi^2s]$  ভাবেই বিক্রিয়া ঘটবে।

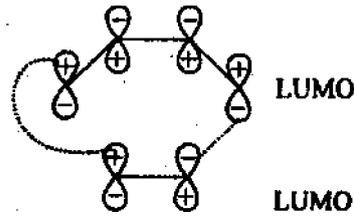
উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি অনুসারে তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা বিচার কালে মোট উপাংশের সংখ্যা দেখে বিক্রিয়াটি বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে সম্ভব কি না তা বোঝা যায়। অর্থাৎ  $[\pi^4s + \pi^2a]$  এবং  $[\pi^4a + \pi^2s]$  বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া দুটি বিকিরিত রশ্মি প্রভাবে সম্ভব।



অথবা,



$[\pi^4a + \pi^2s]$



উপরের সব ক'টি পরাবর্তী অবস্থায় জ্যামিতিক অবয়ব পীড়ন যুক্ত হওয়ায় বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে  $[4 + 2]$  বৃত্তীয় সংযোজন হয় না বললেই চলে।

সিদ্ধান্ত :

ইলেকট্রন সংখ্যা	বিক্রিয়ার অবস্থা	সংযোজনের দিক এর প্রকৃতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা		
		সমদিকমুখী/ সমদিকমুখী	সমদিকমুখী/ বিপরীতদিকমুখী	বিপরীত/ বিপরীতদিকমুখী
$4q + 2$ যেখানে $q=1$ 2, 3 ইত্যাদি	$h\nu$	সম্ভব নয়	সম্ভব	সম্ভব নয়

## 4.9 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া (Diels-Alder reaction)

তাপের প্রভাবে [4 + 2] বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ার একটি উল্লেখযোগ্য দৃষ্টান্ত হল ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া।

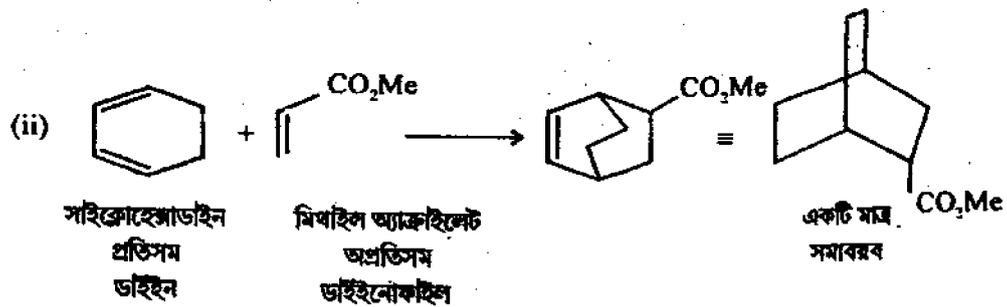
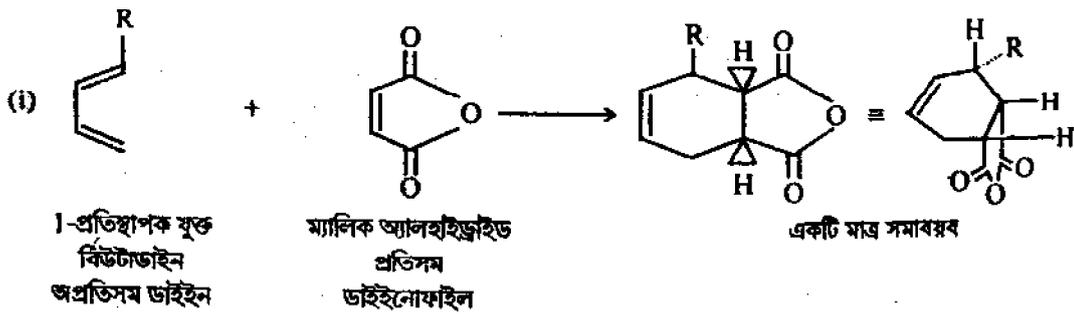
আপনারা ECH 10. Block-1, একক 4-এর 4, 6, 9 অংশে ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়াটির সাথে পরিচিত হয়েছেন। ওখানে আপনারা দেখেছেন যে, বিক্রিয়াটি পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার অর্ন্তস্থ সাইক্লোযুত বা বৃত্তীয় সংযোজন (cycloaddition) বিক্রিয়া।

এখন আমরা বিক্রিয়াটির বিশদ আলোচনা করব।

### 4.9.1 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া বা [4 + 2] বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়া :

যখন ডাইইন বা ডাইইনোফাইল এদের যে কোন একটির মধ্যে প্রতিসাম্য (symmetry) বর্তমান তখন [4 + 2] বৃত্তীয়-সংযোজন বিক্রিয়ায় একটি মাত্র সমাবয়ব উৎপন্ন হয়।

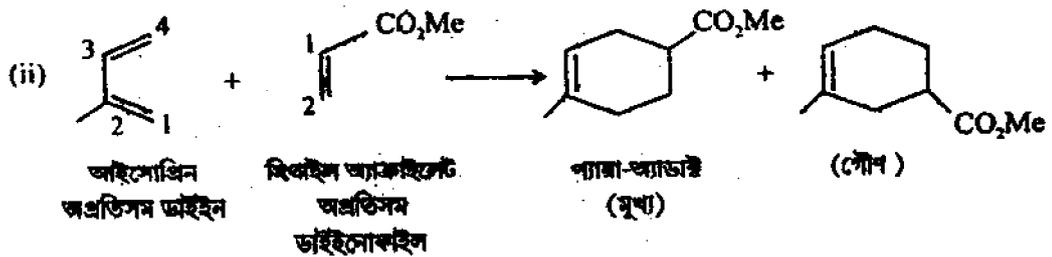
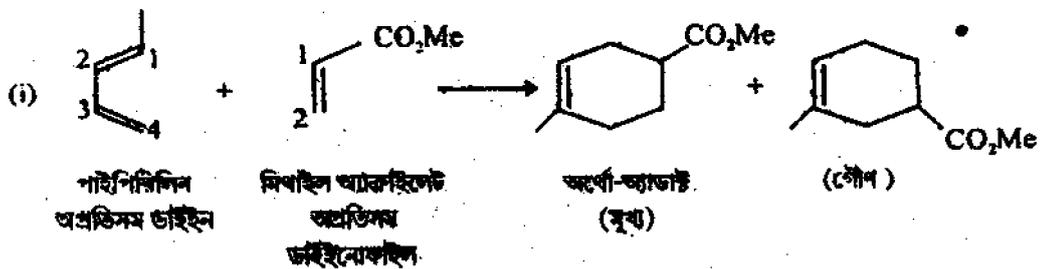
যেমন,



কিন্তু যখন ডাইইন ও ডাইইনোফাইল উভয়েই অপ্রতিসম তখন দুটি সমাবয়ব উৎপন্ন হয়।

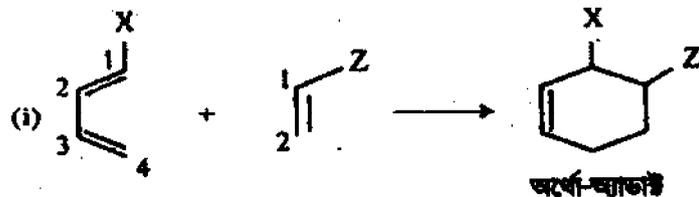
সমাবয়ব দুটিকে রিজিওসমাবয়ব (regioisomer) এবং বিক্রিয়াটিকে রিজিওসিলেক্টিভ (regioselective) বিক্রিয়া বলে।

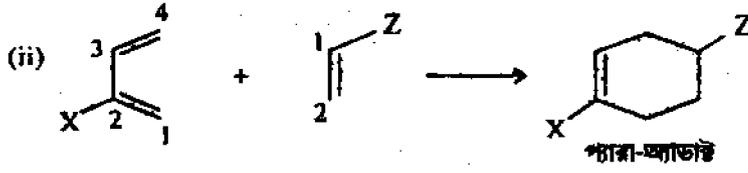
যেমন, অপ্রতিসম ডাইইন পাইপিরিলিন (piperylene) অথবা আইসোপ্রিন (isoprene) এবং অপ্রতিসম মিথাইল অ্যাক্রাইলেটের (methyl acrylate) বিক্রিয়ায় প্রতিক্ষেত্রে উৎপন্ন সম্ভাব্য দুটি যৌগের মধ্যে একটি মুখ্য যৌগ রূপে উৎপন্ন হয় এবং এর পরিমাণ পরাবর্তী অবস্থায় (transition state) প্রতিস্থাপকের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের উপর নির্ভর করে।



সাধারণত 1-ইলেকট্রনদানকারী প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইন এবং 1-ইলেকট্রনগ্রহণকারী প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইনোফাইল বিক্রিয়া করে অর্থো-অ্যাক্রাইট মুখ্য পদার্থ হিসাবে উৎপন্ন হয়। আবার, 2-ইলেকট্রনদানকারী প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইন এবং 1-ইলেকট্রন গ্রহণকারী প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইনোফাইল যুক্ত হয়ে প্যারা-অ্যাক্রাইট মুখ্য যৌগ হিসাবে উৎপন্ন হয়।

অর্থাৎ, রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়ার সারমর্ম হল :





X- ইলেকট্রনদানকারী গ্রুপ

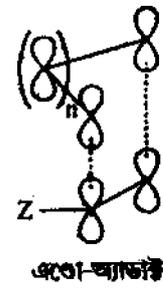
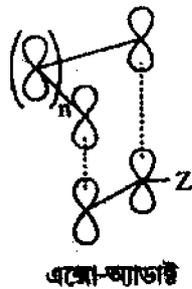
যেমন, অ্যালকিল, অ্যারাইল, RO, MeSiO, R<sub>2</sub>N

Z = ইলেকট্রনগ্রহণকারী গ্রুপ

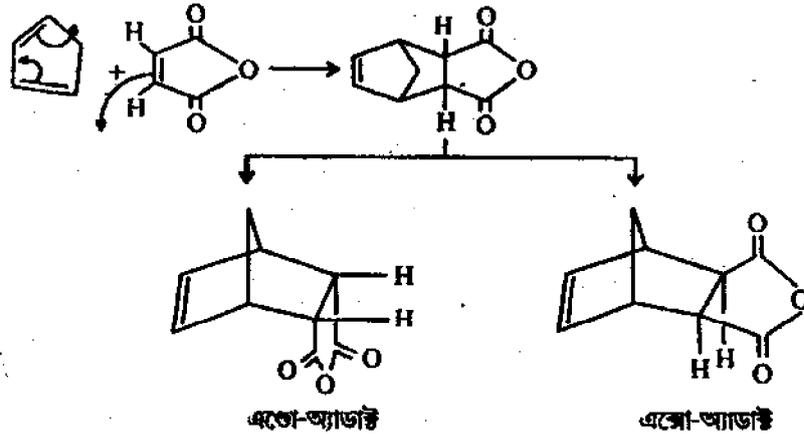
যেমন, CHO, COR, CO<sub>2</sub>H, CO<sub>2</sub>R, CN, NO<sub>2</sub> হ্যালোজেন, অ্যালকিনাইল, অ্যারাইল

FMO তত্ত্বের সাহায্যে বিক্রিয়াটির ব্যাখ্যা দেওয়া হয়। এই তত্ত্ব অনুযায়ী অনুবন্ধ ডাইইনে যুক্ত ইলেকট্রন দানকারী গ্রুপ ডাইইনের HOMO স্তরের শক্তিমাত্রা বাড়িয়ে দেয় এবং এর সাথে C-1 কার্বনের তুলনায় C-4 কার্বনের p-অরবিটালের সহগের মানও বৃদ্ধি পায়। আবার ডাইইনোফাইলে যুক্ত ইলেকট্রনগ্রহণকারী গ্রুপ ডাইইনোফাইলের LUMO স্তরের শক্তিমাত্রা কমিয়ে দেয় এবং একইসঙ্গে C-1 কার্বনের তুলনায় C-2 কার্বনের p-অরবিটালের সহগের মানও বৃদ্ধি পায়। এই বৃহৎ মানের সহগ দুটিই বিক্রিয়াটিকে নিয়ন্ত্রণ করে। অর্থাৎ ইলেকট্রনদানকারী গ্রুপযুক্ত অনুবন্ধ ডাইইনের প্রান্তীয় (C-4) বৃহত্তর p অরবিটাল নিউক্লিওফাইল হিসাবে অ্যালকিনের (ডাইইনোফাইল) বৃহত্তর p অরবিটালের অক্ষ বরাবর এগোতে থাকে এবং পরিশেষে ডাইইন ও ডাইইনোফাইলের প্রান্তীয় কার্বন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে C<sub>4</sub>-C<sub>2</sub> σ বন্ধন গঠন করে। অপর C-C σ বন্ধনটি ডাইইন ও ডাইইনোফাইল উভয়েরই C-1 কার্বনের মধ্যে গঠিত হয়। দ্বিতীয়ক্ষেত্রে, অনুবন্ধ ডাইইনের ইলেকট্রন গ্রহণকারী গ্রুপ প্রান্তীয় C-1 কার্বনের p অরবিটালের সহগের মান বাড়িয়ে দেয়। ফলে এক্ষেত্রেও এটি নিউক্লিওফাইল হিসাবে অ্যালকিনের (ডাইইনোফাইল) বৃহত্তর p অরবিটালের অক্ষ বরাবর এগোতে থাকে এবং পরিশেষে C-C বন্ধন গঠন করে অপর C-C σ বন্ধনটি C-4 এবং C-1 এর মধ্যে গঠিত হয়।

প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইন বিশেষত সাইক্লোডাইইন এর সাথে প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইনোফাইল বিশেষত অসম্পৃক্ত প্রতিস্থাপকযুক্ত ডাইইনোফাইলের বিক্রিয়ায় গতি-নিয়ন্ত্রণাধীন (Kinetically controlled) বিক্রিয়া শর্তে মুখ্যত এণ্ডো অ্যাডাক্ট (endo adduct) উৎপন্ন হয়। বৃত্তীয়-সংযোজন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থে ডাইইনোফাইলের প্রতিস্থাপকটি ডাইইনের দ্বিবন্ধনের দিকে নিকটবর্তী স্থানে অবস্থান করলে একে এণ্ডো-অ্যাডাক্ট (endo adduct) এবং দ্বিবন্ধনের বিপরীতদিকে দূরবর্তী স্থানে অবস্থান করলে এক্সো-অ্যাডাক্ট (exo adduct) বলে।

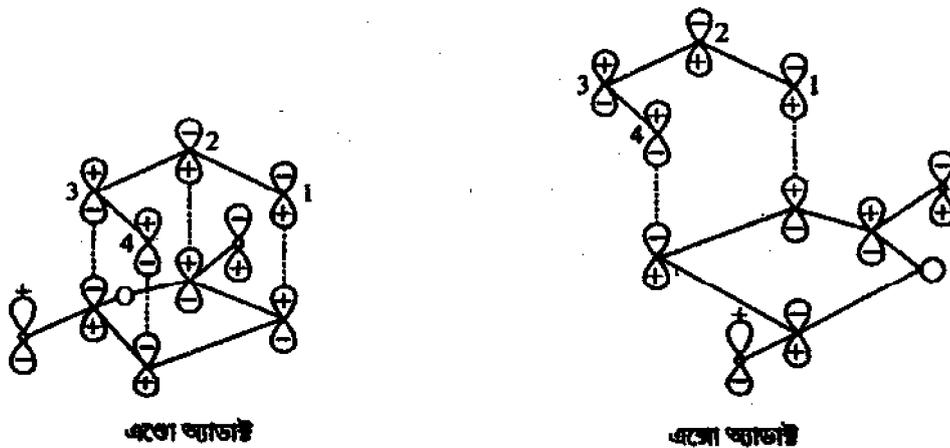


যেমন, সাইক্লোপেন্টাডাইইন ও ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডের বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ায় এক্সো অ্যাডাক্ট এবং এণ্ডো অ্যাডাক্ট উৎপন্ন হয়।



বিক্রিয়াজাত পদার্থ দুটির মধ্যে কোনটি প্রাধান্য লাভ করবে তা ব্যাখ্যা করার জন্য FMO তত্ত্বের সাহায্য নেওয়া যেতে পারে।

এই তত্ত্ব অনুসারে ডাইইনের HOMO এবং ডাইইনোফাইলের LOMO বিবেচনা করা হয়।

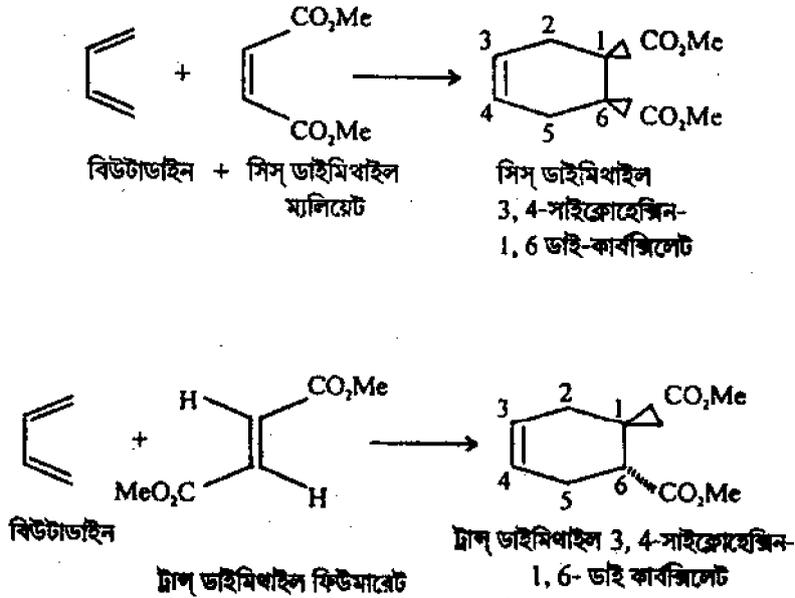


এণ্ডো অ্যাডাক্ট গঠনের সময় ডাইইনের কেন্দ্রীয়  $C_2$  এবং  $C_3$  পরমাণুর  $p$  অরবিটালের লোব দুটির সাথে ডাইইনোফাইলের দুটি কার্বোনিল কার্বনের  $p$  অরবিটালের লোব দুটি বন্ধন মিথস্ক্রিয়া (সেকেন্ডারী মিথস্ক্রিয়া) ঘটে। ফলে TS এর স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায় এবং এণ্ডো অ্যাডাক্ট গঠনের হার বাড়ে। এক্সো অ্যাডাক্ট গঠনের সময় কার্বোনিল গ্রুপের অবস্থান ডাইইন থেকে দূরে হওয়ায় এইরূপ সেকেন্ডারী মিথস্ক্রিয়া ঘটে না।

আবার, বিক্রিয়াটি উভমুখী বলে উচ্চতর উল্লতায় স্থিতি-নিয়ন্ত্রণাধীন (thermodynamically controlled) বিক্রিয়াশর্তে এক্সো এবং এণ্ডো অ্যাডাক্ট দুটির মধ্যে অপেক্ষাকৃত অধিক স্থিতিশীল এক্সো অ্যাডাক্ট কম সুস্থিত গতি নিয়ন্ত্রাধীন (kinetically controlled) এণ্ডো অ্যাডাক্ট অপেক্ষা মুখ্য বিক্রিয়াজাত যৌগ হিসাবে উৎপন্ন হয়।

ডিএলস্-অ্যাডার বিক্রিয়াটি একধাপে (concerted) সম্পাদিত হয় বলে ডাইইনোফাইলের জ্যামিতিক বৈশিষ্ট্য অ্যাডাক্টেও অপরিবর্তিতভাবে বজায় থাকে। অর্থাৎ সিস ও ট্রান্স ডাইইনোফাইল দুটি ডায়স্টিরিওমার উৎপন্ন করে।

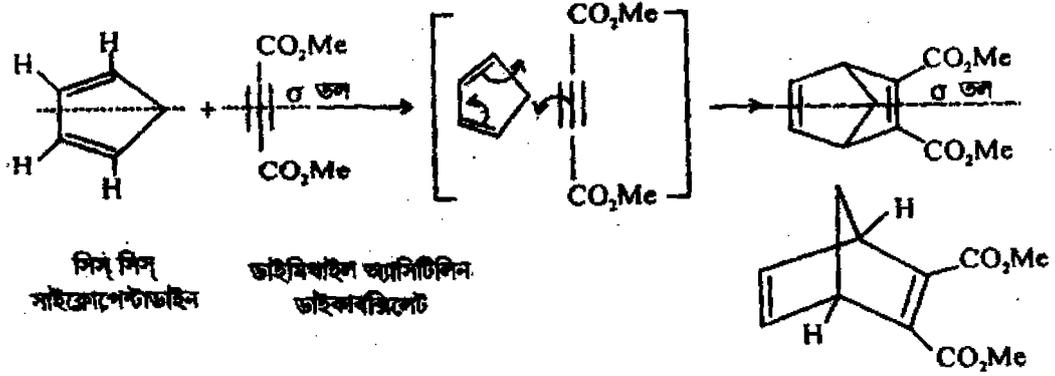
যেমন,



এক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগ দুটি একে অপরের ডায়স্টিরিওমার।

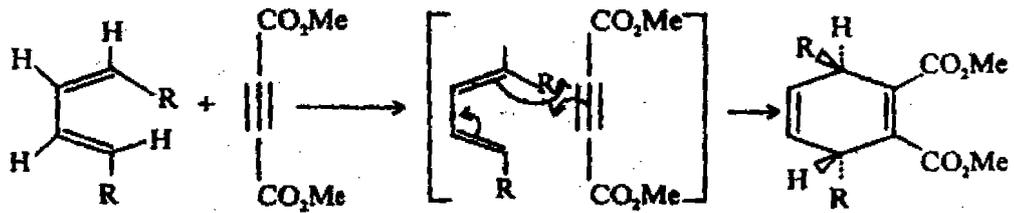
ডাইইনের জ্যামিতিক বৈশিষ্ট্য সিস, সিস অথবা সিস, ট্রান্স অথবা ট্রান্স, ট্রান্স হতে পারে। এখানে আমরা প্রতিক্ষেত্রে একই ডাইইনোফাইল ব্যবহার করবো। যার মধ্যে কোন জ্যামিতিক বৈশিষ্ট্য নেই।

(1) সিস্, সিস্ ডাইইন



এক ধাপে সংঘটিত বিক্রিয়া বলে বিক্রিয়ক অণু এবং বিক্রিয়াজাত যৌগের মধ্যে একই প্রতিসাম্য উপাদান (symmetry element)  $\sigma$  তল (plane) বর্তমান।

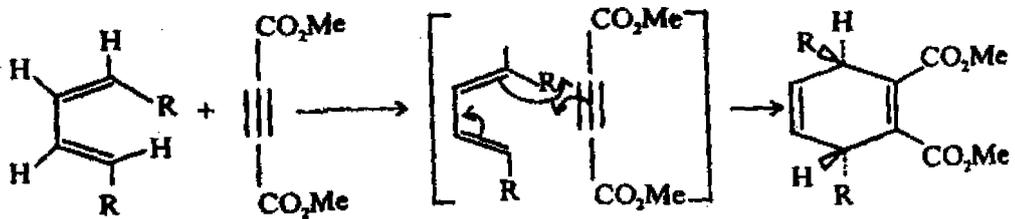
(2) ট্রান্স, ট্রান্স ডাইইন



(1E, 3E)-1, 4-ডাইফিনাইল বিউটাডাইন

এক্ষেত্রেও বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত যৌগের মধ্যে একই প্রতিসাম্য উপাদান  $\sigma$  তল বর্তমান।

(3) মিস্, ট্রান্স ডাইইন : এটি সাধারণত দেখা যায় না।

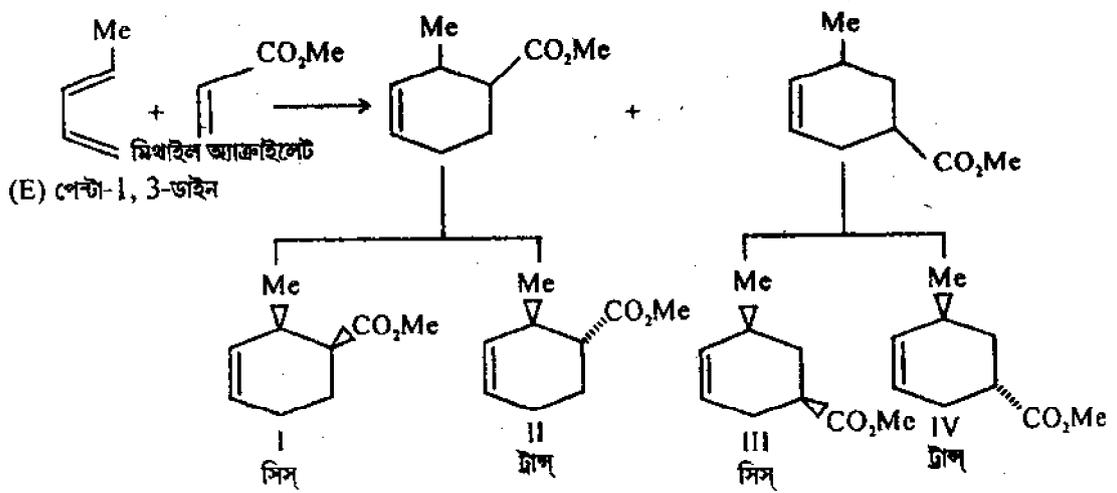


(1Z, 3E)-1, 4 ডাইঅ্যালকিল বিউটাডাইন

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত যৌগের মধ্যে  $\sigma$  তল অনুপস্থিত।

অপ্রতিসম ডাইইন এর অপ্রতিসম ডাইইনোফাইলের বৃত্তীয় সংযোজন বিক্রিয়ার রিজিওসিলেক্টিভিটি (regioselectivity) এবং এন্ডো-সিলেক্টিভিটি (endo selectivity) বিবেচনা করে সম্ভাব্য একাধিক উৎপন্ন যৌগের মধ্যে মুখ্য যৌগটি নির্ণয় করা যায়।

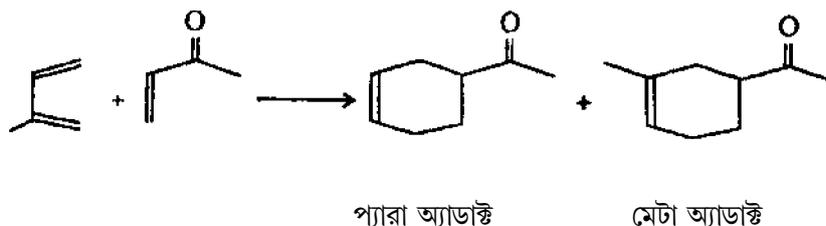
যেমন, (E)-পেন্টা-1, 3-ডাইইনের সাথে মিথাইল অ্যাক্রাইলেটের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সম্ভাব্য যৌগগুলি হল :



বিক্রিয়ায় রিজিওসিলেক্টিভিটি (regioselectivity) বিচারে বলা যায় I এবং II এর উৎপাদনমাত্রা III এবং IV অপেক্ষা বেশী হবে। আবার বিক্রিয়ার এন্ডো-সিলেক্টিভিটি (endo selectivity) বিচার করলে বোঝা যায় যে সিষ্ সমাবয়বটিই (I) হবে মুখ্য উৎপন্ন যৌগ।

#### 4.9.2 ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়ায় লুইস অ্যাসিড অনুঘটকের প্রভাব :

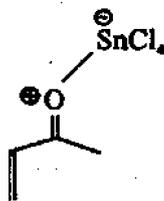
ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়ায় লুইস অ্যাসিড যোগ করলে অনুঘটকটি ডাইইনোফাইলে যুক্ত ইলেকট্রন অপসারি গ্রুপের সাথে যুক্ত হয়ে ডাইইনোফাইলের LUMO স্তরের শক্তিমাত্রা অনেকখানি কমিয়ে দেয় এবং LUMO দুটির সহগের মানের পার্থক্যও বাড়িয়ে দেয়। ফলে রিজিওসিলেক্টিভিটি বেড়ে যায়।



(বাম্পপাত্রে টলুইন দ্রবণে 120°C উত্তায়) .....71 : 29

(0°C উত্তায় SnCl<sub>4</sub>, 5H<sub>2</sub>O এর সাথে) ..... 93 : 7

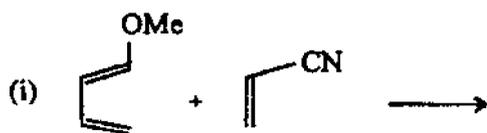
এখানে SnCl<sub>4</sub> অনুঘটক কার্বনিল গ্রুপের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হলে তীব্রতর ইলেকট্রন অপসারি গ্রুপ উৎপন্ন হয়।



ফলে রিজিওসিলেক্টিভিটি অনেকটাই বেড়ে যায়।

অনুশীলনী : 2

নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বৃত্তীয় সংযোজনের ক্ষেত্রে রিজিওসিলেক্টিভিটি বর্ণনা করুন।





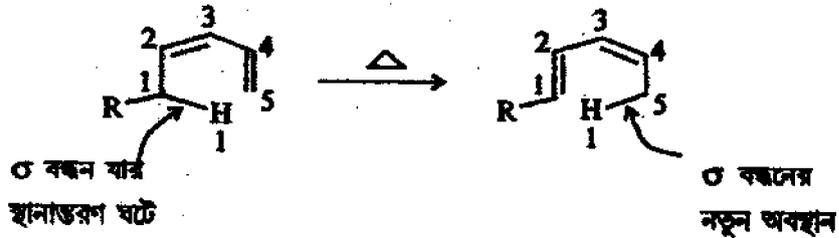
## 4.10 সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস (Sigmatropic rearrangement)

যে পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক  $\pi$  বন্ধনযুক্ত অণুর একটি  $\sigma$  বন্ধনের এক ধাপেই (concerted) এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় স্থানান্তরণের সাথে সাথে  $\pi$  ইলেকট্রনেরও পুনর্বিন্যাস ঘটে তাকে সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস বলে।

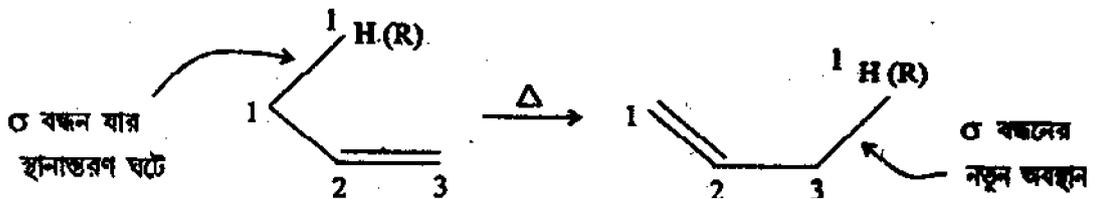
যেমন, (i)



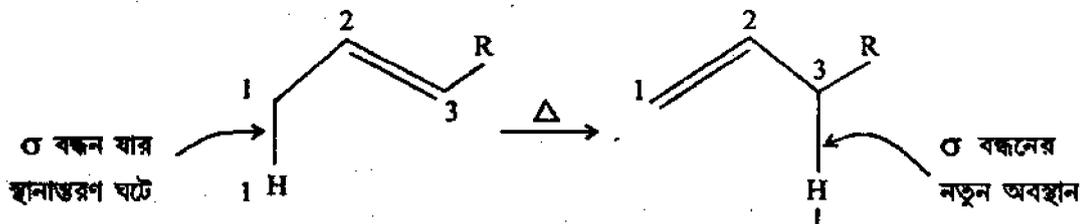
(ii)



(iii)



(iv)



সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের ক্রম (order) বন্ধনীর মধ্যে দুই সংখ্যার বিন্যাসের (set) [i, j] সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।  $\sigma$  বন্ধনের প্রতিটি প্রান্ত যে সংখ্যক কার্বন পরমাণুর উপর দিয়ে স্থানান্তরিত হয়, সেই সংখ্যা দুটিই এই বিন্যাসের সংখ্যা। এরূপে, প্রথম উদাহরণে  $C_1-C_2$   $\sigma$  বন্ধনের প্রতিটি প্রান্ত তিনটি কার্বন পরমাণুর উপর দিয়ে নতুন অবস্থানে স্থানান্তরণ ঘটে। ফলে,  $i=3, j=3$  এবং ক্রম হ'ল [3, 3] অর্থাৎ প্রথম উদাহরণের বিক্রিয়াটি হল [3, 3] সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস।

দ্বিতীয় উদাহরণে,  $C_1-C_2$   $\sigma$  বন্ধনের একটি প্রান্তের পাঁচটি কার্বনের উপর দিয়ে স্থানান্তরণ ঘটে। অন্য প্রান্তের স্থানান্তর এক থেকে এক। অর্থাৎ  $i=1, j=5$  এবং ক্রম [1, 5]।

অন্যান্য পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়াগুলির মতোই সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসকে এদের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের (stereochemistry) সাহায্যে ভাগ করা হয়।  $\sigma$  বন্ধনটির একইদিকের না বিপরীতদিকের  $\pi$  ইলেকট্রন সমূহের উপর স্থানান্তরণ ঘটে তার উপর ভিত্তি করে এই বিভাজন করা হয়। একই দিক হলে সমদিকমুখী এবং বিপরীতদিক হলে বিপরীতদিকমুখী বিক্রিয়া বলে।

যে কোন সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের ক্ষেত্রে একটি প্রতিসাম্য সমর্থিত এবং অপরটি প্রতিসাম্য অসমর্থিত হয়।

এটি বিশ্লেষণ করার জন্য প্রক্টর আমরা উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগ করবো এবং পরে পরিবর্ধিত (modified) FMO তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করবো।

### অনুশীলনী : 3

উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলির মধ্যে (iii) এবং (iv) নম্বর বিক্রিয়াদুটির ক্রম কী হবে ?

[3, 3] সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের অরবিটাল বর্ণনা (Orbital description of [3, 3]-Sigmatropic rearrangements) :



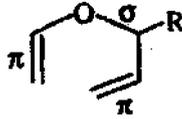
এখানে বিক্রিয়কের তিনটি উপাংশ আছে। এদের মধ্যে দুটি অননুবন্ধ  $\pi$  বন্ধন এবং একটি  $\sigma$  বন্ধন। মুক্ত-শৃঙ্খলের মধ্যে এই  $\sigma$  বন্ধনটি অননুবন্ধ  $\pi$  দুটিকে যুক্ত করে।

উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগ করে সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের সম্ভাবজনক ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। এর জন্য আমরা নীচের ধাপগুলি পরপর অনুসরণ করবো।

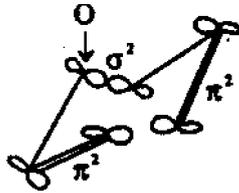
(1) বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল আঁকুন।



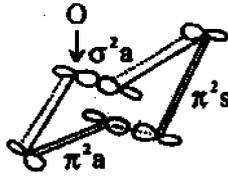
(2) যে সমস্ত  $\sigma$  ও  $\pi$  বন্ধন বিক্রিয়ায় অংশ নেয়, সেগুলিকে চিহ্নিত করুন।



(3) বিক্রিয়ার স্বার্থে যে উপাংশগুলি কাছাকাছি আসে সেগুলির ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের ছবি আঁকুন।



(4) যেখানে নতুন বন্ধনগুলি তৈরী হবে সেগুলিকে যুক্ত করুন। যে অরবিটালগুলি যুক্ত হয়ে নতুন বন্ধন তৈরী করছে, সেগুলিকে যুক্ত করার ব্যাপারে নিশ্চিত হউন এবং নতুন বন্ধন সমদিকমুখী (s) না বিপরীতদিকমুখীভাবে (a) যুক্ত হচ্ছে সেই অনুসারে প্রত্যেক উপাংশকে s অথবা a দিয়ে চিহ্নিত করুন।



(5) মোট উপাংশগুলি যোগ করুন। এখানে,

$$(4q + 2)_s = 1$$

$$(4r)_a = 0$$

---

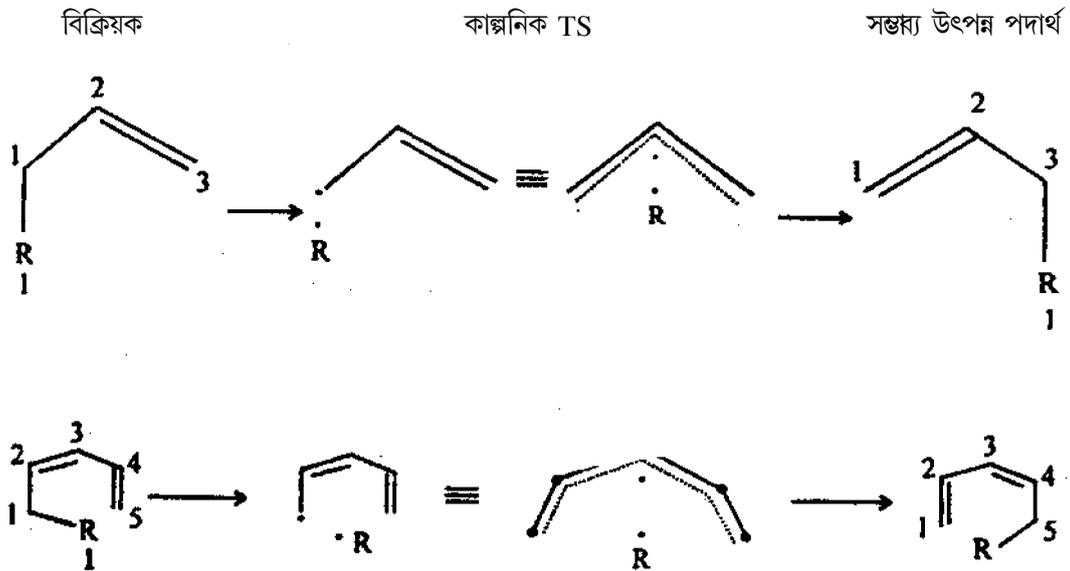

$$\text{মোট যোগফল} = 1 \text{ (অযুগ্ম)}$$

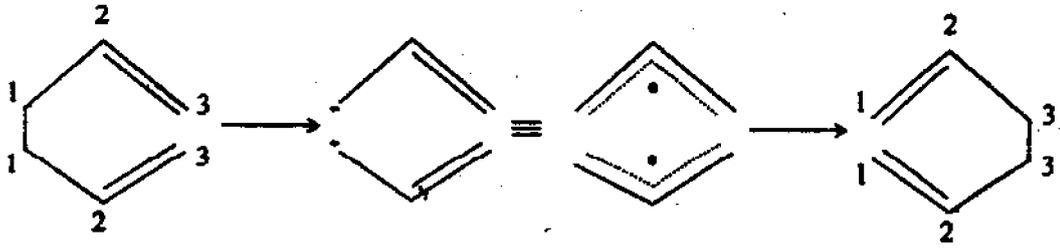
যোগফল অযুগ্ম বলে তাপীয় অবস্থায় বিক্রিয়াটি প্রতিসাম্য সমর্থিত।

## 4.11 পরিবর্তিত FMO তত্ত্ব

এই তত্ত্ব অনুসারে আমরা কল্পনা করতে পারি যে, সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসে TS গঠনের সময় যে পরমাণুর স্থানান্তর ঘটে সেটি  $\sigma$  বন্ধন ভাঙনের মধ্য দিয়ে মুক্ত-মূলকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। অপর অংশটিও আরেকটি মুক্ত মূলকে পরিণত হয়। বাস্তবে এরূপ ঘটনা আদৌ ঘটে না। কিন্তু পদ্ধতিটিকে বিশ্লেষণ করার জন্য এটি কেবলমাত্র কল্পনা করা হয়।

যেমন,

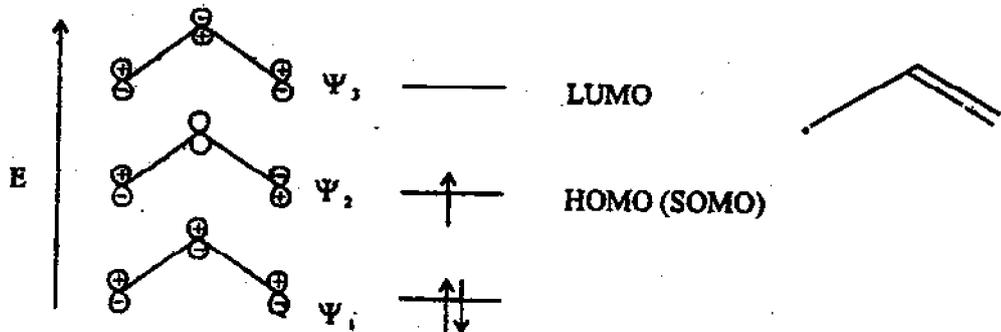




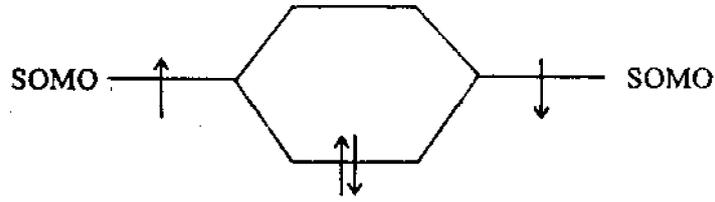
তাপের প্রভাবে ভেঙে যাওয়া দুটি অংশকে মুক্ত-মূলকরূপে কল্পনা করলে একটি মুক্ত-মূলকের অযুগ্ম (odd) ইলেকট্রন সম্পন্ন অরবিট্যাল অর্থাৎ SOMo (Singly Occupied Molecular Orbital) সাথে অপর মুক্ত-মূলকটির SUMO-এর পারস্পরিক মিথস্ক্রিয়া (interaction) বিবেচনা করে বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা এবং ত্রিমাত্রিক বিন্যাস নির্ণয় করতে হবে।

বন্ধন মিথস্ক্রিয়ার (bonding interaction) প্রয়োজনে অরবিট্যালগুলোর সমচিহ্নযুক্ত লোবগুলো অণুর একই দিক বরাবর থাকলে পুনর্বিন্যাসের জ্যামিতিক বিন্যাসগত পরিবর্তনের প্রকৃতি হয় সমদিকমুখী (suprafacial)। পক্ষান্তরে, অরবিট্যালের সমচিহ্নযুক্ত লোবগুলোর অবস্থান অণুর দুটি বিপরীতদিক বরাবর থাকলে পুনর্বিন্যাসের জ্যামিতিক বিন্যাসের প্রকৃতি হয় বিপরীতদিকমুখী (antarafacial)।

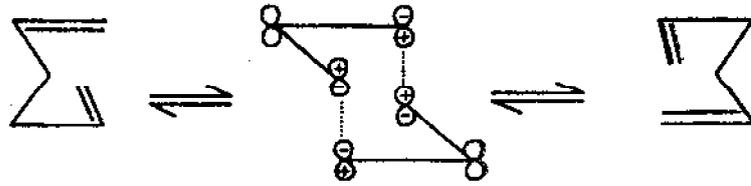
যেমন [3, 3] সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের ক্ষেত্রে কাল্পনিক T.S.-ভেঙে যাওয়া অংশ দুটো হল দুটো অ্যালাইল মুক্ত-মূলক (allyl radical)।



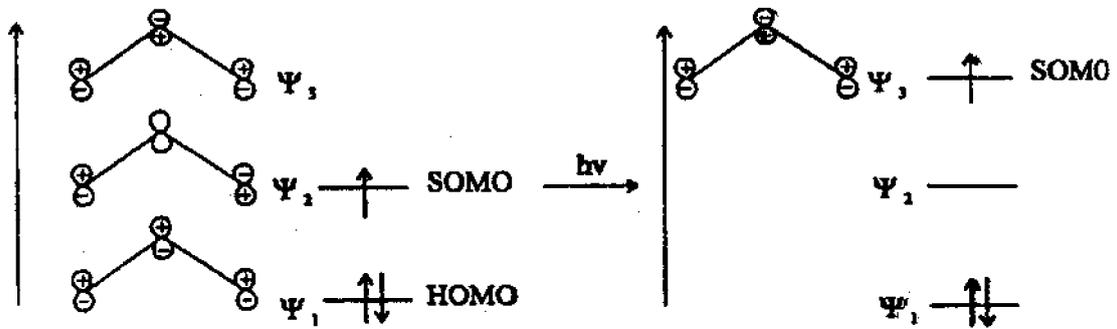
অ্যালাইল মুক্ত মূলকের তিনটি  $\pi$  ইলেকট্রনের দুটি  $\psi_1$  এবং একটি  $\psi_2$  স্তরে অবস্থান করে।  $\psi_3$  স্তরে কোন ইলেকট্রন থাকে না। সুতরাং  $\psi_2$  স্তরটি হল অ্যালাইল মুক্ত মূলকের HOMO, এখানে SOMO এবং  $\psi_3$  স্তরটি হল LUMO। কল্পিত T.S.-এ অ্যালাইল মুক্ত মূলক দুটির সংযোগ প্রক্রিয়াটি একটির  $\psi_2$ -এর সাথে অপরটির  $\psi_2$ -এর মিথস্ক্রিয়া থেকে নির্ণয় করা যায়।



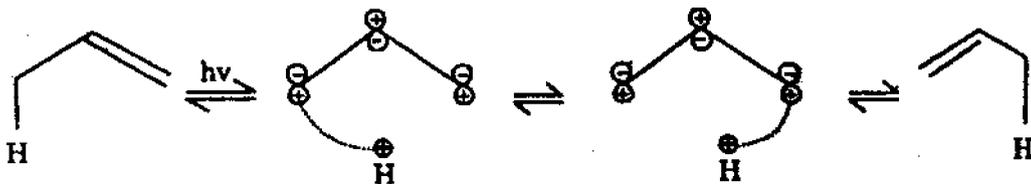
TS থেকে উৎপন্ন পদার্থ গঠনের অরবিট্যাল মিথস্ক্রিয়ার চিত্র নিম্নরূপ :



বিকিরিত রশ্মির প্রাপ্ত সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস সম্পাদনকালে কল্পিত T.S.-এর একটি বিচ্ছিন্ন অংশের ইলেকট্রন উজ্জীবিত হয়ে উচ্চতর শক্তিস্তরে অবস্থান করে বলে ধরতে হয় এবং এই উন্নীত অরবিট্যালের সাথে অপর অংশের অরবিট্যালের মিথস্ক্রিয়া বিবেচনা করতে হয়। যেমন, বিকিরিত রশ্মি প্রভাবে [1, 3] সিগমাট্রপিক H পরমাণুর স্থানান্তরণ প্রক্রিয়াতে অ্যালাইল মুক্ত-মূলকের উজ্জীবিত SUMO হল  $\psi_3$ ।



এর সাথে H এর IS অরবিট্যালের মিথস্ক্রিয়ার চিত্রটি নিম্নরূপ :

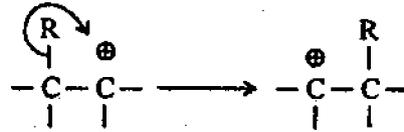


এক্ষেত্রে স্থানান্তরণের জ্যামিতিক বিন্যাসগত পরিবর্তনের প্রকৃতি সমদিকমুখী হয়।

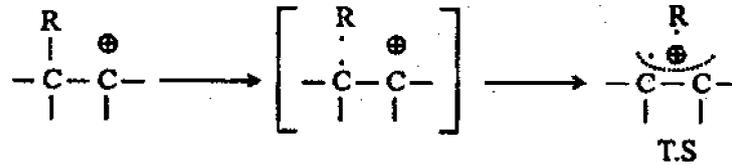
### [1, 2] স্থানান্তরণ (Shift) :

এরূপ বিক্রিয়ায়  $\sigma$  বন্ধনে যুক্ত পরমাণু বা গ্রুপের পার্শ্ববর্তী ইলেকট্রন-ঘটতি পরমাণুতে নিউক্লিওফিলীয় স্থানান্তরণ ঘটে। তাই এরূপ পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াকে [1, 2] নিউক্লিওফিলীয় স্থানান্তরণও বলা হয়।

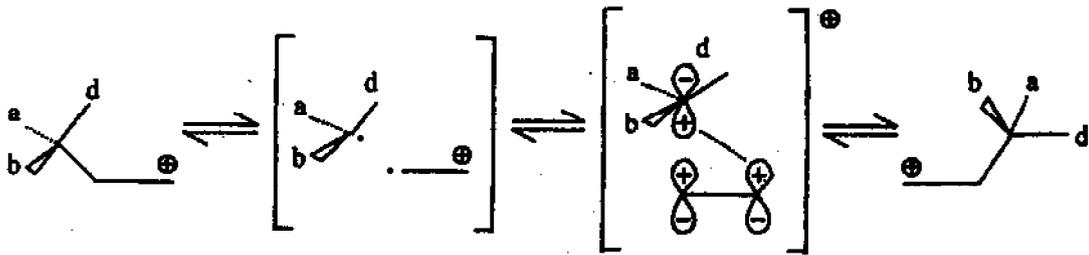
যেমন,



বিক্রিয়া সম্পাদনকালে C—R  $\sigma$  MO এর সাথে ইলেকট্রন-ঘটতিক পরমাণুর P অরবিটালের মিথস্ক্রিয়া ঘটে। পরিবর্তিত FMO তত্ত্ব অনুযায়ী কল্পনা করা যেতে পারে যে, এরূপ বিক্রিয়ার সময় উৎপন্ন TS এর অংশ দুটো হল যথাক্রমে একটি মুক্তমূলক ও অপরটি কার্বোক্যাটায়ন। মুক্ত মূলক-ক্যাটায়নের HOMO বিবেচনা করা হয়।

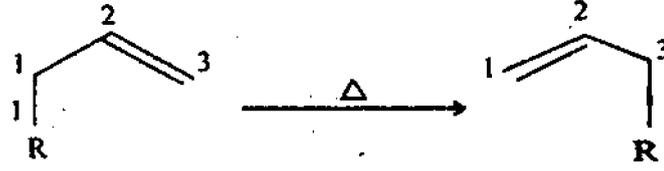


অংশ দুটির অরবিটাল মিথস্ক্রিয়ার চিত্র নিম্নরূপ :

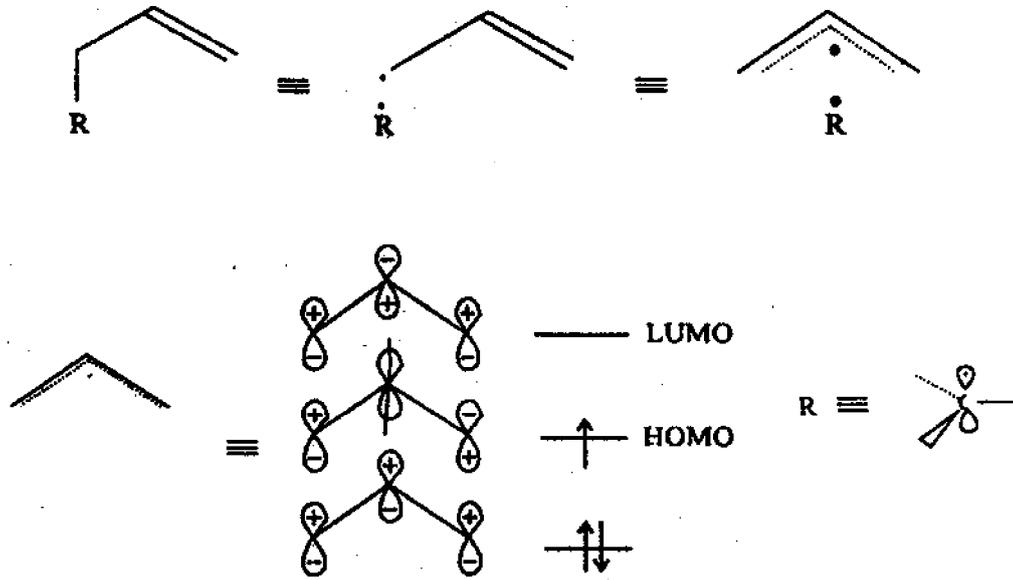


চিত্র অনুযায়ী স্থানান্তরণের জ্যামিতিক বিন্যাসগত পরিবর্তনের প্রকৃতি সমদিকমুখী হয়। স্থানান্তরিত গ্রুপের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের (configuration) কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়াটি তাপীয় অবস্থায় প্রতিসাম্য সমর্থিত।

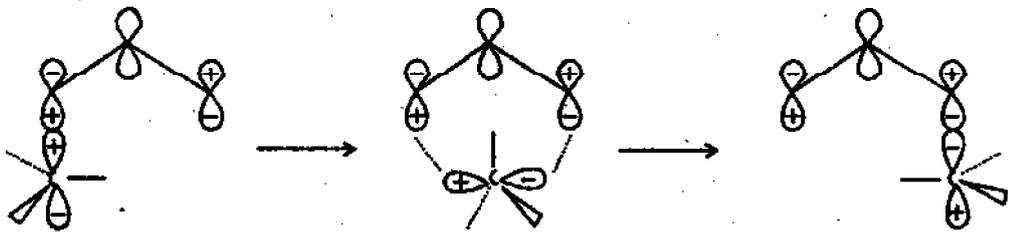
[1, 3] অ্যালকিল স্থানান্তরণ (alkyl Shift) :



পরিবর্তিত FMO পদ্ধতি অনুসারে, কাল্পনিক TS-এ ভেঙে যাওয়া দুটো অংশ হল :



অর্থাৎ,



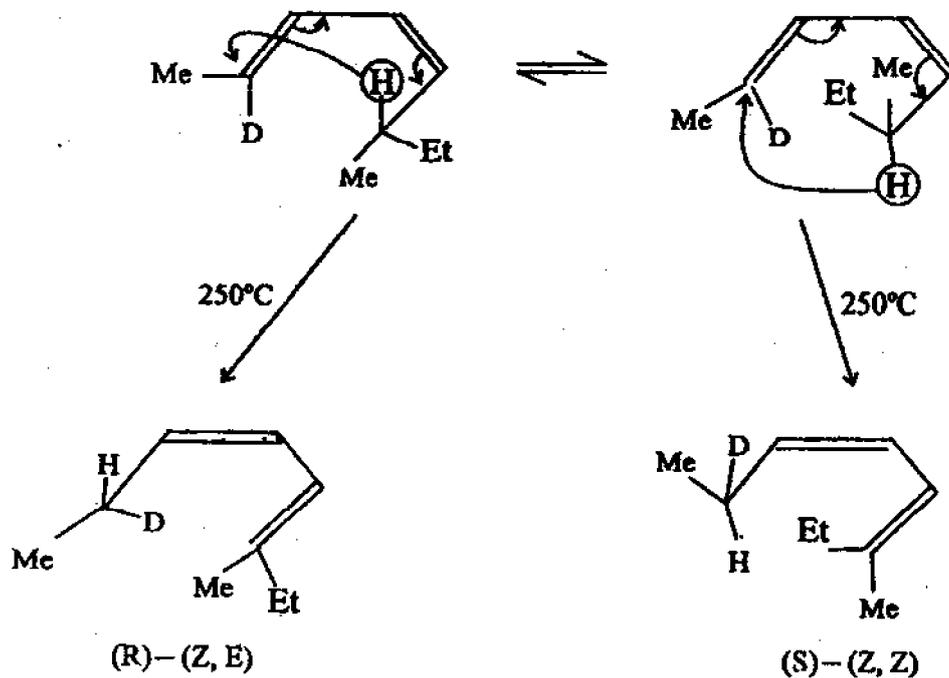
অতএব সমদিকমুখী (suprafacial) স্থানান্তরণ প্রতিসাম্য সমর্থিত, যদিও এক্ষেত্রে স্থানান্তরণের ফলে অ্যালকিল গ্রুপের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের (configuration) পরিবর্তন ঘটে।

বৃত্তীয় সংযোজক বিক্রিয়ার মত সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস অতিমাত্রায় স্টিরিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া।

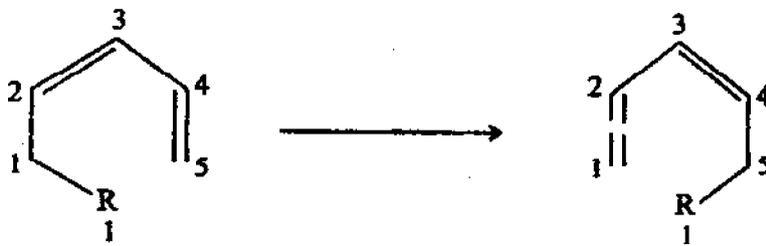
**[1, 5] সিগমাট্রপিক স্থানান্তরণ (Shift) :**

তাপীয় অবস্থায় [1, 5] H স্থানান্তরণ বিক্রিয়াটি সমদিক/সমদিকমুখী  $[\sigma^2s + \pi^4s]$  প্রকৃতির।

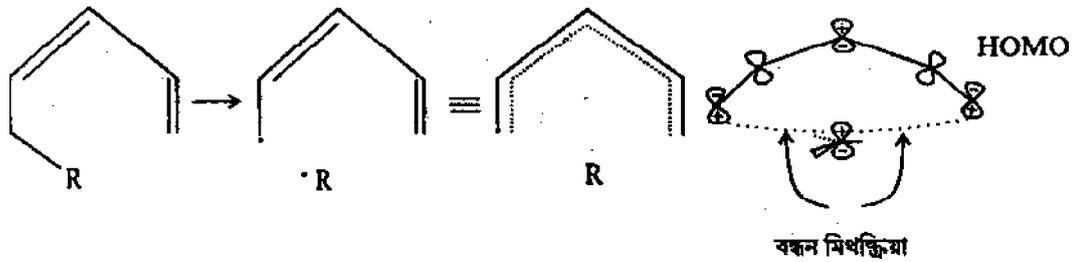
সিগমাট্রপিক হাইড্রোজেন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় অনুবন্ধ পলিইনে এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে কাইরেলিটি স্থানান্তরণ (chirality transfer) অতি সহজেই ঘটে।



[1, 5] সিগমাট্রপিক স্থানান্তরণ : তাপীয় অবস্থায় [1, 5] অ্যালকিল স্থানান্তরণ

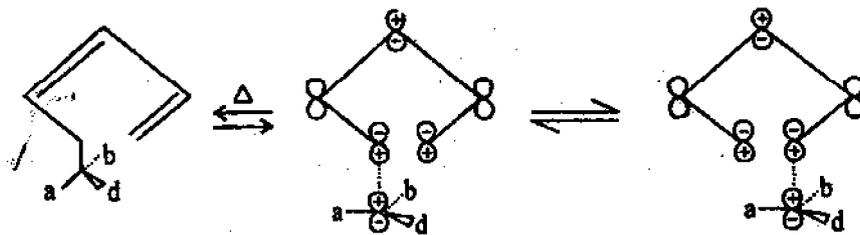


পরিবর্তিত FMO পদ্ধতি অনুসারে [1, 5] অ্যালকিল স্থানান্তরণের কল্পিত TS কে নীচের দুটি মুক্ত-মূলকের সমবায়রূপে ভাবা যেতে পারে।



সুতরাং তাপের প্রভাবে [1, 5] সিগমাট্রপিক স্থানান্তরণের প্রকৃতি সমদিক/সমদিক ধরনের এবং স্থানান্তরিত গ্রুপের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের (configuration) কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

অর্থাৎ,



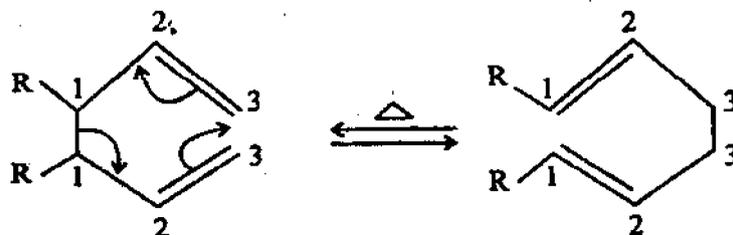
অনুশীলনী : 4

বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে [1, 5] H স্থানান্তরণের ধরন কোন্ প্রকৃতির হয়? ব্যাখ্যা করুন।

[3, 3] সিগমাট্রপিক স্থানান্তরণঃ

[3, 3] সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাসের উদাহরণ হলঃ

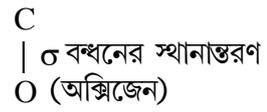
কোপ্ পুনর্বিন্যাস (Cope rearrangement)ঃ



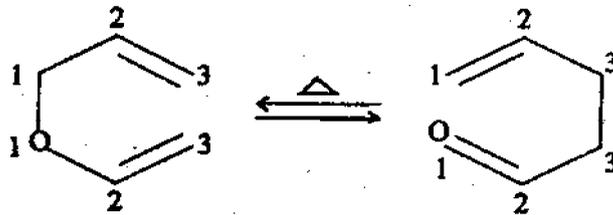
কোপ্ পুনর্বিন্যাস :



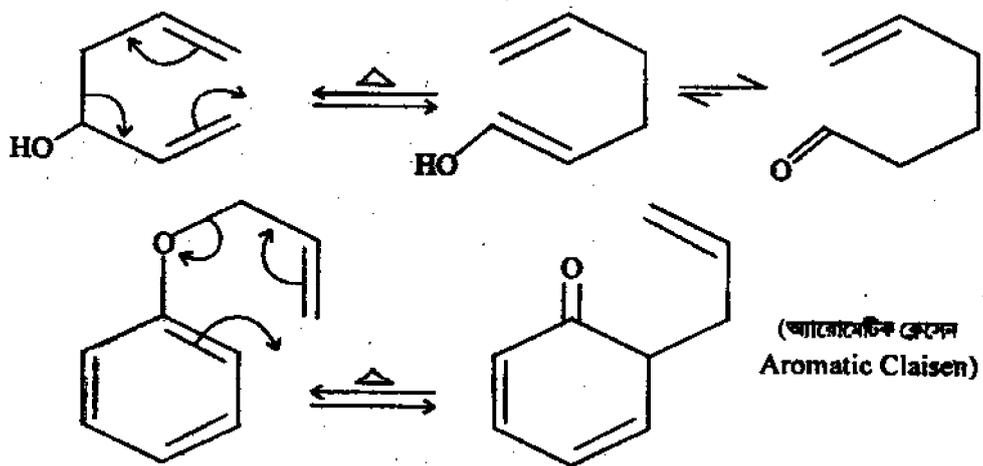
ক্লেসেন পুনর্বিন্যাস :



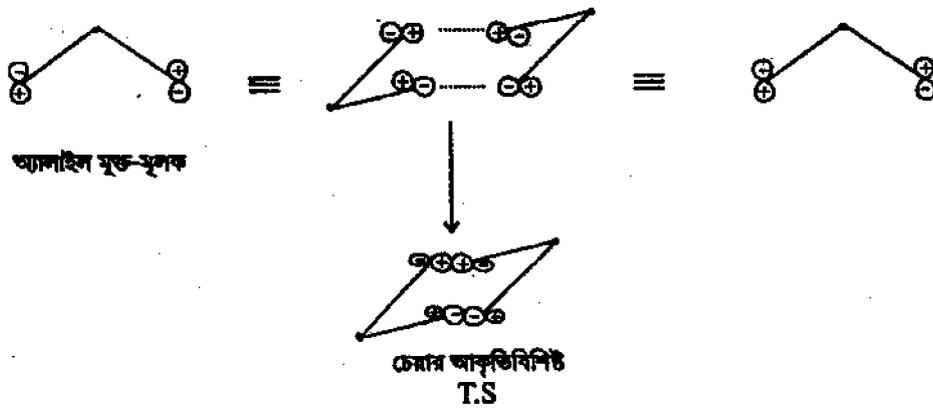
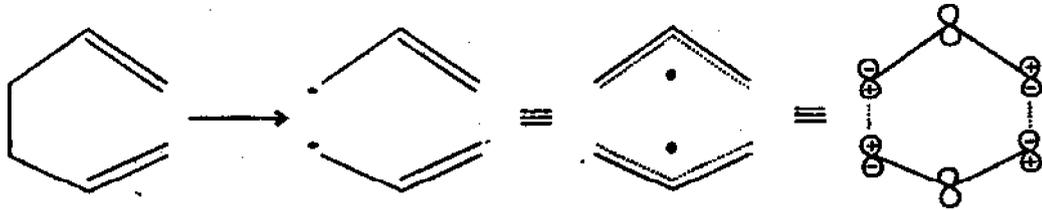
ক্লেসেন পুনর্বিন্যাস (Claisen rearrangement) :



অক্সি-কোপ পুনর্বিন্যাস (Oxy-Cope rearrangement) :

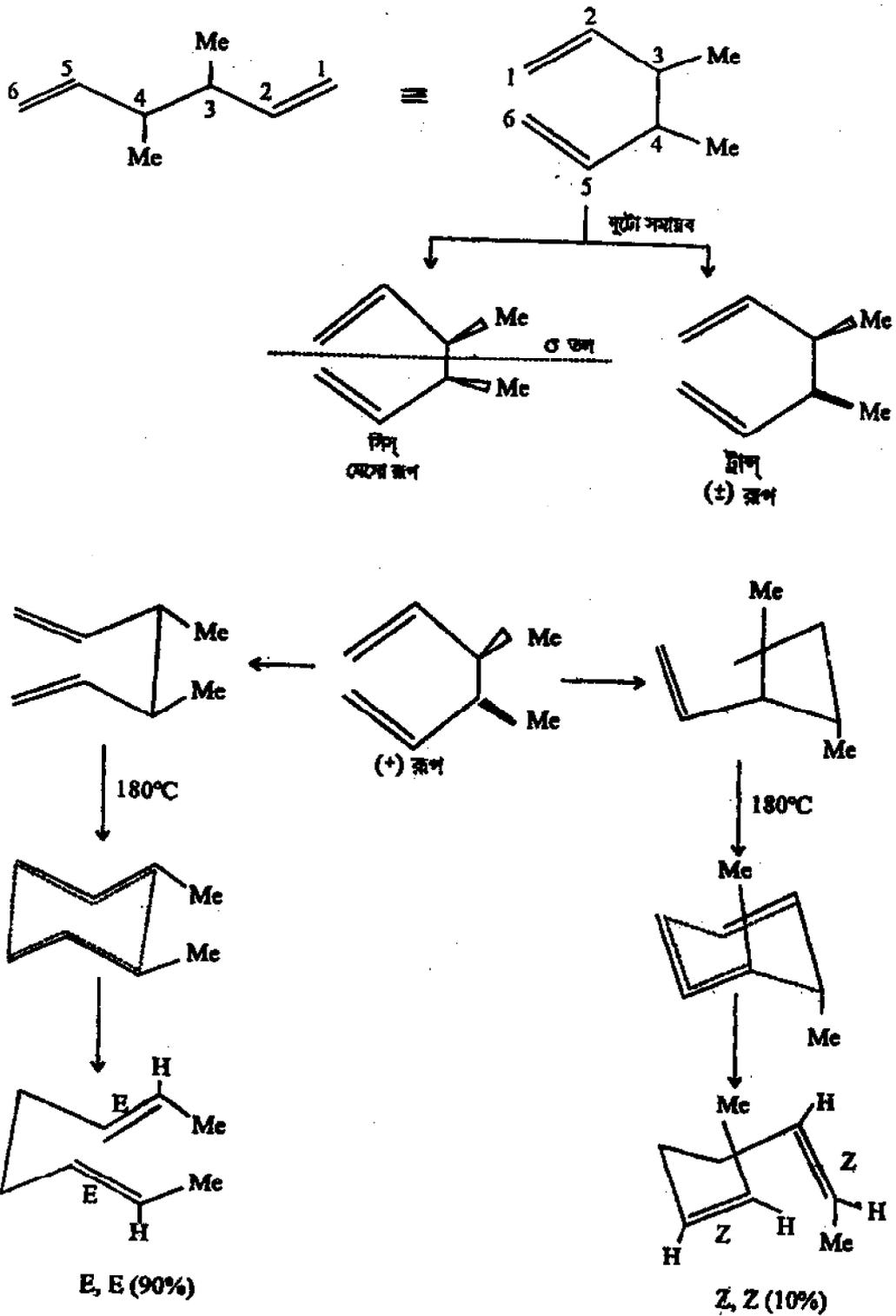


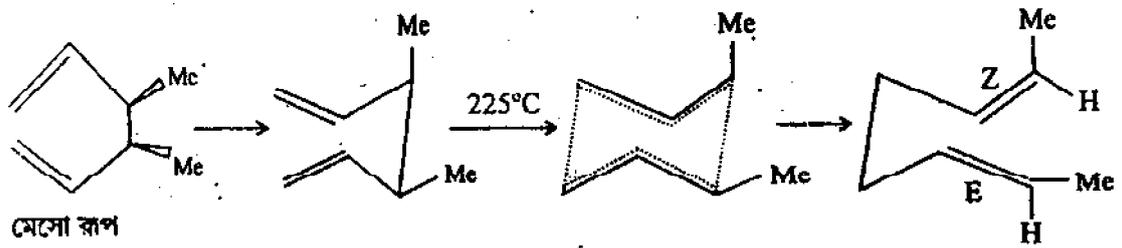
পরিবর্তিত FMO পদ্ধতি প্রয়োগ করে কাল্পনিক TS কে ভেঙে নীচের অংশ দুটো হল :



পর্যাবর্তী অবস্থায় চেয়ার আকৃতিবিশিষ্ট গঠনের স্টেরিকজনিত শক্তিমাত্রা নৌকা আকৃতিবিশিষ্ট গঠনের চেয়ে কম শক্তিমাত্রার হয়। তাই সমস্ত সমদিকমুখী/সমদিকমুখী [3, 3]-সিগমাট্রপিক পুনর্বিন্যাস প্রধানত চেয়ার আকৃতিবিশিষ্ট পর্যাবর্তী অবস্থার মধ্য দিয়ে সম্পাদিত হয়। একটি উদাহরণ দিয়ে [3, 3] সিগমাট্রপিক স্থানান্তরণের ত্রিমাত্রিক বিন্যাস (stereochemistry) নীচে দেখানো হল।

3, 4-ডাইমিথাইলহেক্সা- 1, 5 -ডাইইন যৌগটিকে উত্তপ্ত করলে কোপ পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার মধ্য দিয়ে E, E- Z, Z- এবং E, Z সমাবয়বগুলি ভিন্ন পরিমাণে উৎপন্ন হয়।





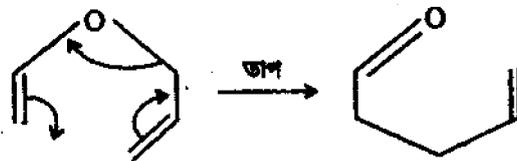
উপরের উদাহরণ কোপ পুনর্বিন্যাসের স্টিরিওসিলেকটিভিটিও নির্দেশ করে।

## 4.12 ক্লেসেন পুনর্বিন্যাস (Claisen rearrangement)

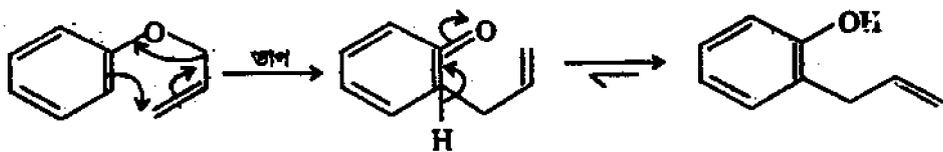
এই পুনর্বিন্যাসটির সাথে কোপ পুনর্বিন্যাসের সাথে খুবই সাদৃশ্য আছে। এখানে স্থানান্তরিত  $\sigma$  বন্ধনের একটি প্রান্ত অক্সিজেনের সাথে যুক্ত থাকে।

যেমন, অ্যালাইলভিনাইল ইথার  $H_2C = CH - CH_2 - O - CH = CH_2$

অ্যালাইল ফিনাইল ইথার  $H_2C = CH - CH_2 - O - C_6H_5$



অ্যালাইল ভিনাইল ইথার  $\gamma\delta$ -অসংপূক্ত কার্বোনিল যৌগ

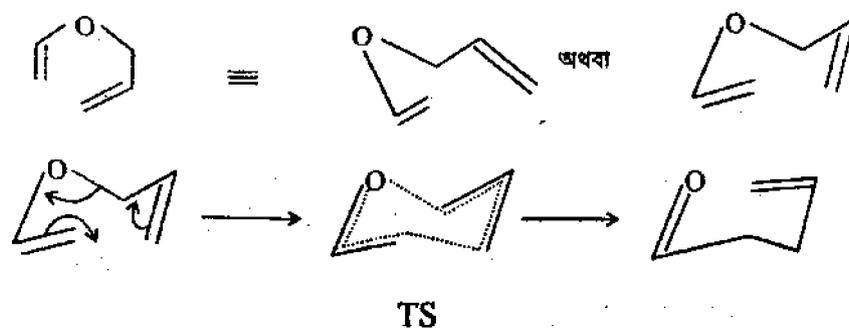


অ্যালাইল ফিনাইল ইথার

অর্ধো-অ্যালাইল ফেনল

কোপ পুনর্বিন্যাসে বর্ণিত এক্ষেত্রেও একই প্রকার চেয়ার আকৃতি বিশিষ্ট পরাবর্তী অবস্থার মধ্য দিয়ে বিক্রিয়াটি সম্পাদিত হয়।

যেমন,



## 4.13 সারাংশ

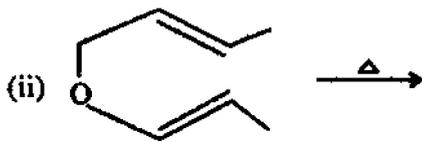
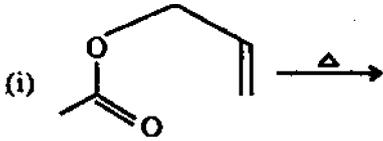
এই এককটি পাঠ করে আপনারা একটি নতুন ধরনের জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া, পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া সম্বন্ধে যে যে তথ্যগুলি জানতে পারলেন তার সারমর্ম হল :

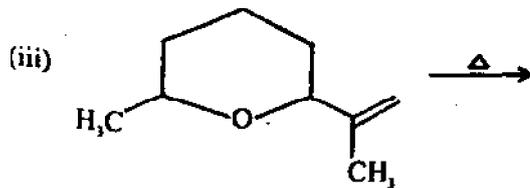
- পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া এমন একটি জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া যার কয়েকটি বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :
  - (i) একধাপে সংঘটিত হয়।
  - (ii) কোন অন্তর্বর্তী (intermediate) উৎপন্ন হয় না।
  - (iii) পরাবর্তী দশায় বন্ধন ভাঙা গড়ার সময় ক্রিয়াশীল অরবিট্যালগুলো একটি বৃত্তীয় বন্ধ পরিকাঠামো প্রাপ্ত হয় এবং একে ঘিরে ইলেকট্রনগুলির পুনর্বিন্যাস ঘটে।
  - (iv) তাপ ও বিকিরিত রশ্মি প্রয়োগে বিক্রিয়াগুলি সম্পাদিত হয়।
  - (v) বিক্রিয়াগুলি উভমুখী প্রকৃতির হয়।
  - (vi) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত অণুর মধ্যে অন্ততঃপক্ষে একটি অণু অসংপৃক্ত বৈশিষ্ট্যযুক্ত হয়।
  - (vii) বিক্রিয়াগুলি স্টিরিওসিলেক্টিভ।
- উডওয়ার্ড-হফম্যান নীতি প্রয়োগ করে যে কোন পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা বিচার করা যায়।
- FMO পদ্ধতি প্রয়োগ করে বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা এবং সিলেক্টিভিটি ব্যাখ্যা করা যায়।

## 4.14 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

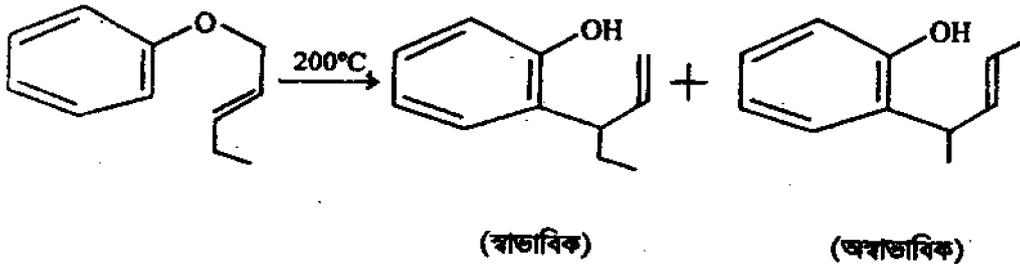
(1) ট্রান্স 3, 4-ডাইমিথাইলসাইক্লোবিউটিনকে তাপ দিলে উৎপন্নজাত (Z, Z) এবং (E, E) সমাবয়ব দুটির মধ্যে (E, E) সমাবয়বটি প্রাধান্যলাভ করে কেন? ব্যাখ্যা করুন।

(2) নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশলের সাহায্যে উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন :

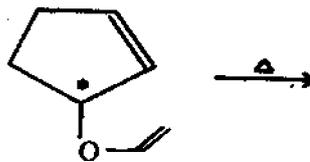




(3) ক্লসেন পুনর্বিন্যাস (Claisen rearrangement) দ্বারা নীচের বিক্রিয়াটি ব্যাখ্যা করুন।

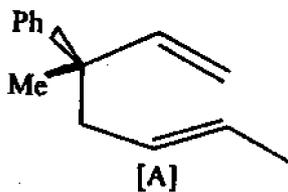


(4) নীচের বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করুন।



উৎপন্ন যৌগে কাইরাল কার্বনের অবস্থান নির্দেশ করুন।

(5) নীচের (A) যৌগটি কোপ পুনর্বিন্যাসের (Cope rearrangement) ফলে দুটি ডায়াস্টিরিওমার (diastereomer) উৎপন্ন করে।

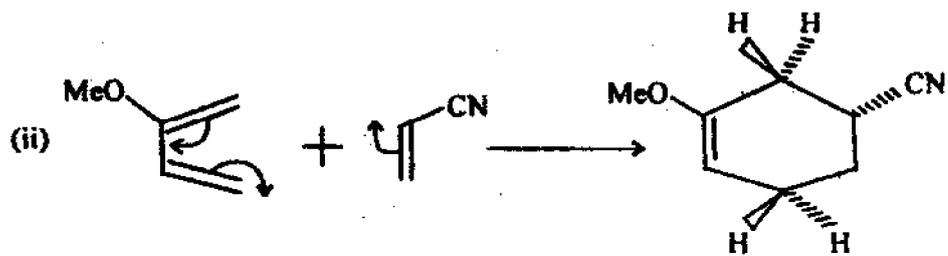
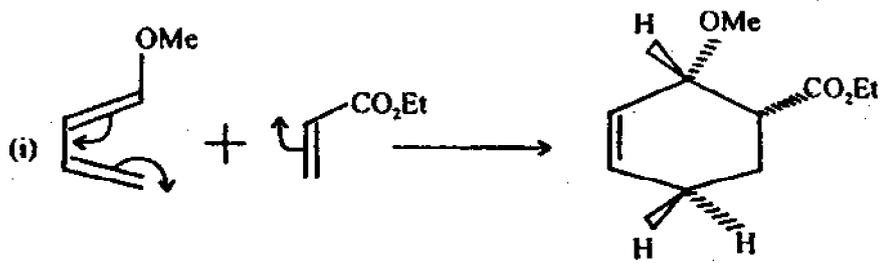


উৎপন্ন যৌগ দুটি শনাক্ত করুন এবং বিক্রিয়াটির স্টিরিওস্পেসিফিসিটি (stereospecificity) আলোচনা করুন।

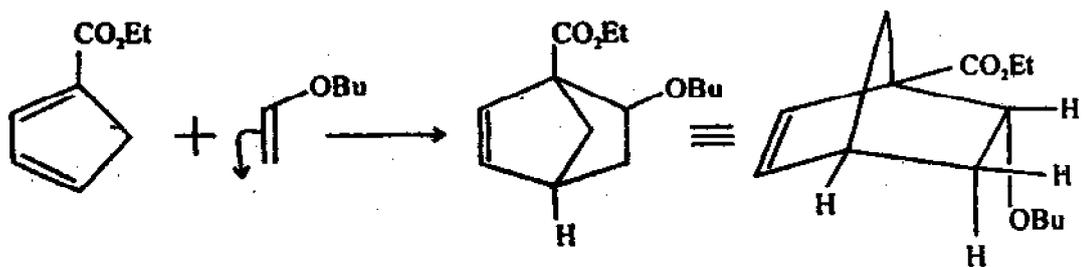
## 4.15 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1 : পাঠ্যপুস্তক দেখুন।

অনুশীলনী-2 :



(iii)



অনুশীলনী-3 :

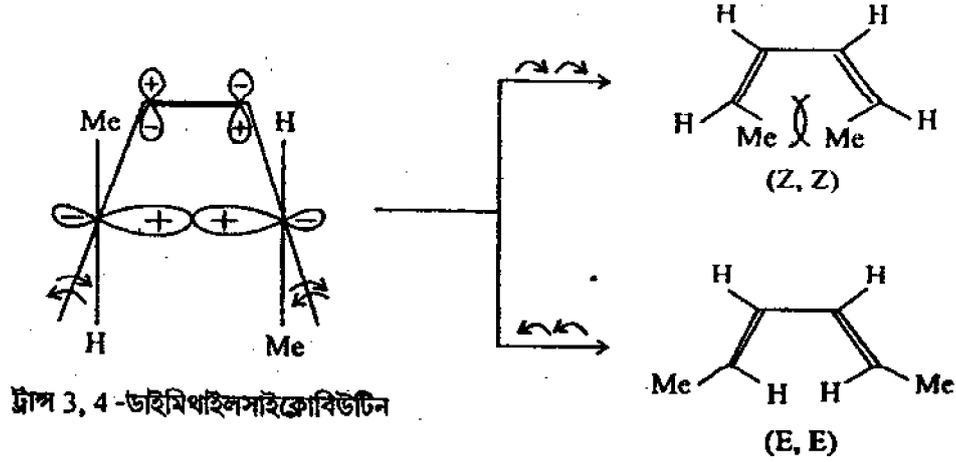
(iii) [1,3]

(iv) [1,3]

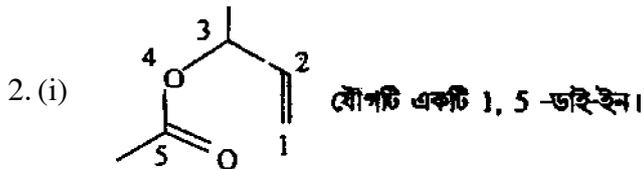
অনুশীলনী-4 : পাঠ্যপুস্তক দেখুন।

## উত্তরমালা : সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

(1) ট্রান্স 3, 4-ডাইমিথাইলসাইক্লোবিউটিন কে তাপ দিলে বলয় উন্মুক্তভবন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে নীচের দুটি পদার্থ (Z, Z) ও (E, E) উৎপন্ন হতে পারে।

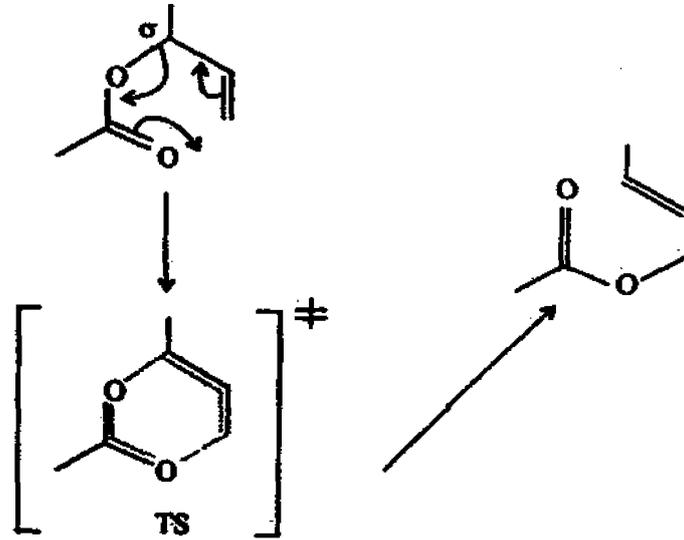


(Z, Z) সমাযবে দুটি মিথাইল গ্রুপের মধ্যে অতিরিক্ত ভ্যান ডার ওয়ালস্ জনিত মিথস্ক্রিয়ার ফলে পরিবৃত্তিদেশায় (transition state) শক্তি বাধার (energy barrier) পরিমাণ অনেক বেশী হয়। তাই উৎপন্নজাত পদার্থে Z, Z- সমাযবের পরিমাণ একেবারেই কম হবে। অর্থাৎ উৎপন্ন পদার্থে E, E সমাযব প্রাধান্য লাভ করবে।

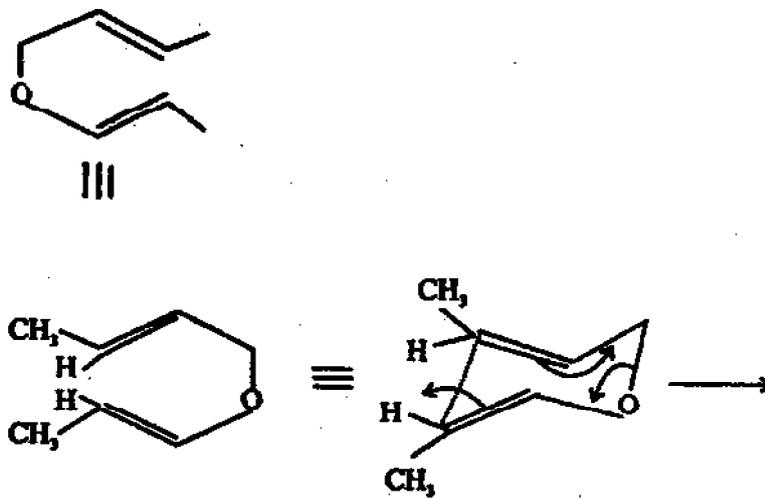


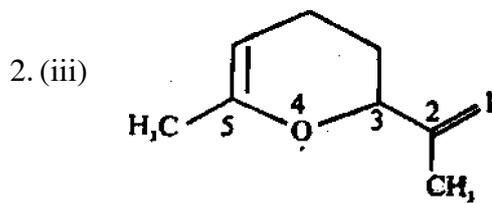
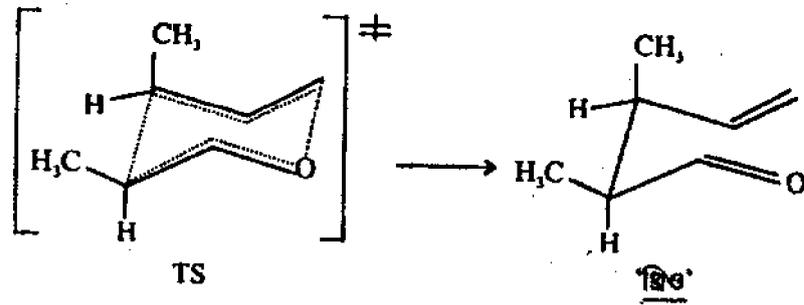
যেহেতু অ্যালাইলিক ও অ্যাসাইল গ্রুপের মধ্যবর্তী  $\sigma$  (সিগমা) বন্ধনটি C-O বন্ধন, তাই ইহা ক্লাইসেন পুনর্বিন্যাসের (Claisen rearrangement) মাধ্যমে সম্পাদিত হয়ে উৎপন্ন পদার্থে রূপান্তরিত হবে।

অর্থঃ



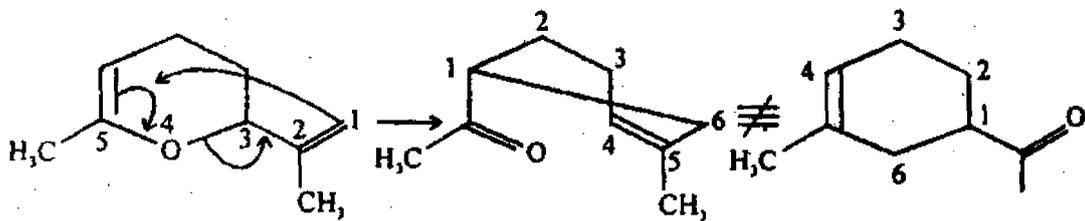
2. (ii) আগের মত এটিও একটি ক্লসেন পুনর্বিন্যাস। এখানে যৌগটি চেয়ারের আকারে থাকতে পারে।



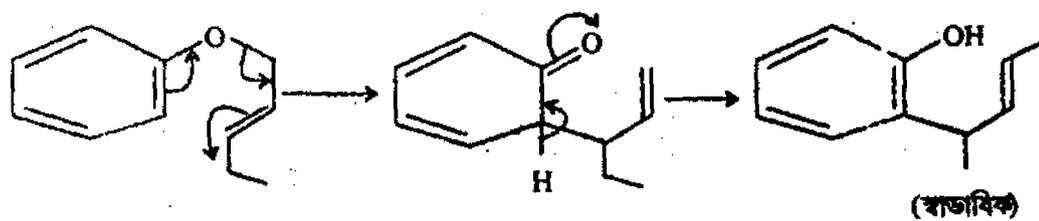


এটিও একটি 1,5-ডাই-ইন এবং দুই অ্যালাইলিক গ্রুপের মধ্যবর্তী  $\sigma$  বন্ধন হল C-O বন্ধন। তাই যৌগটি ক্লোজেন পুনর্বিন্যাসের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়ে বিক্রিয়ালম্ব যৌগ উৎপন্ন করবে।

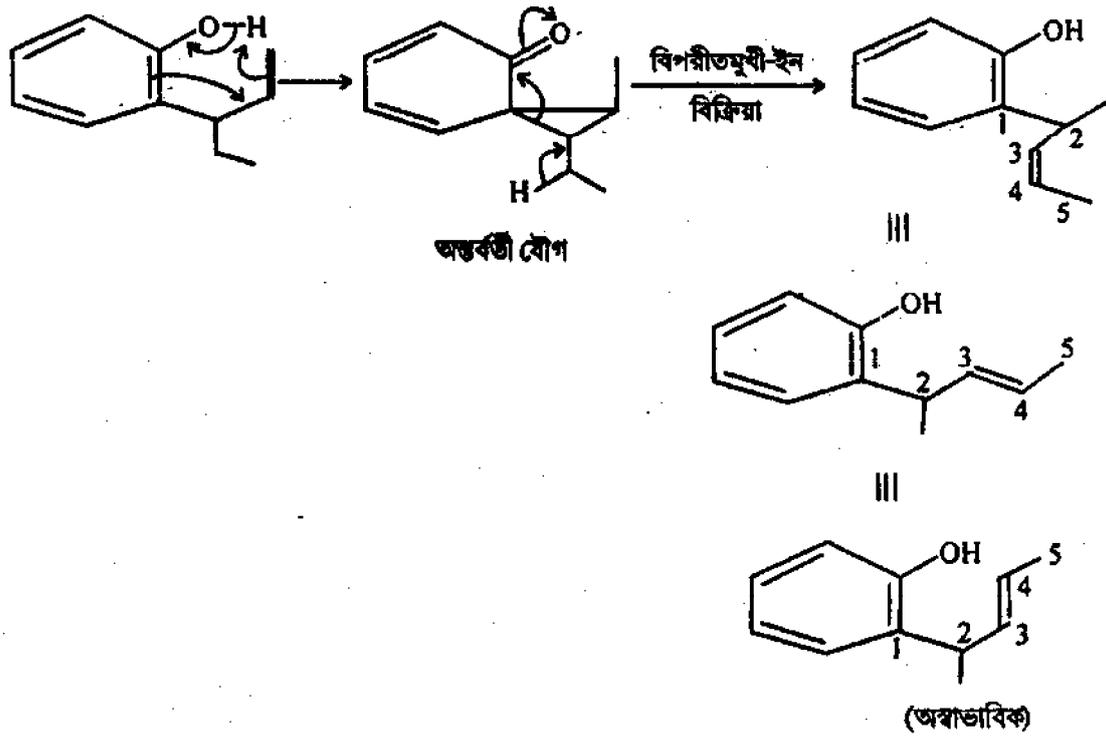
অর্থাৎ,



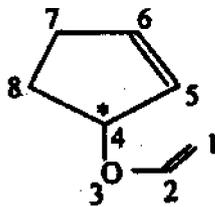
3.



স্বাভাবিক উৎপন্ন পদার্থ ইন বিক্রিয়ার (ene reaction) এর মাধ্যমে একটি অন্তর্বর্তী (intermediate) যৌগ উৎপন্ন হয়ে বিপরীতমুখী-ইন বিক্রিয়ার (retro-ene reaction) মাধ্যমে অস্বাভাবিক যৌগটি উৎপন্ন হবে।



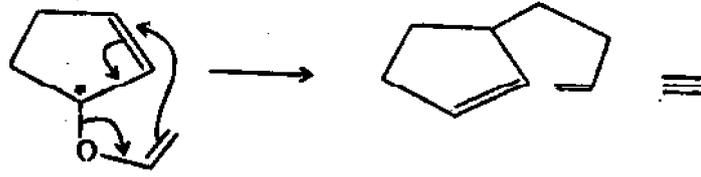
4.



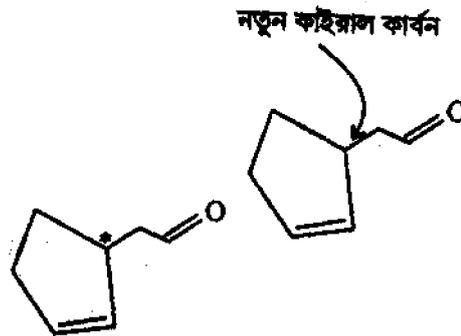
যৌগটি 1, 5-ডাই-ইন। অ্যালাইলিক গ্রুপ দুটির মধ্যবর্তী  $\sigma$  বন্ধনটি হল C-O বন্ধন।

তাই ক্লসেন পুনর্বিন্যাসের মাধ্যমে বিক্রিয়াটি সম্পাদিত হয়ে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উৎপন্ন হবে।

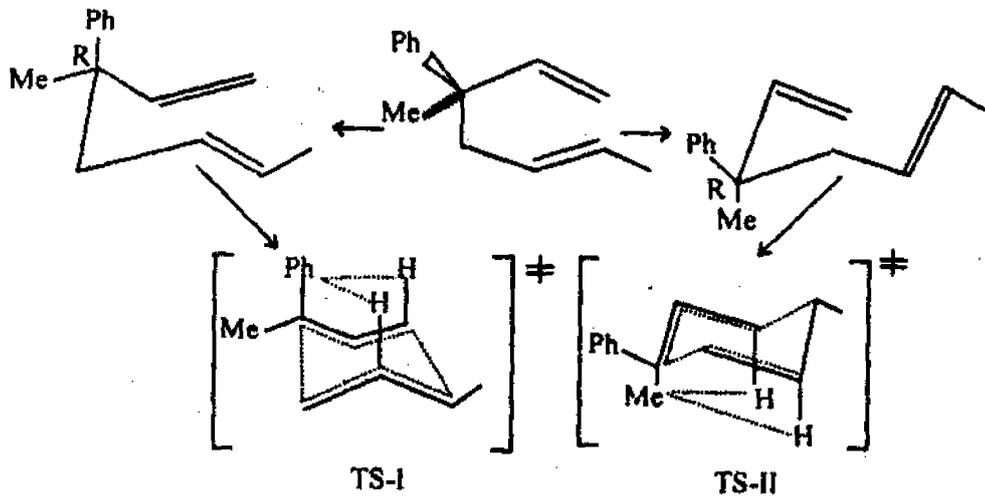
অর্থাৎ,



অর্থাৎ,

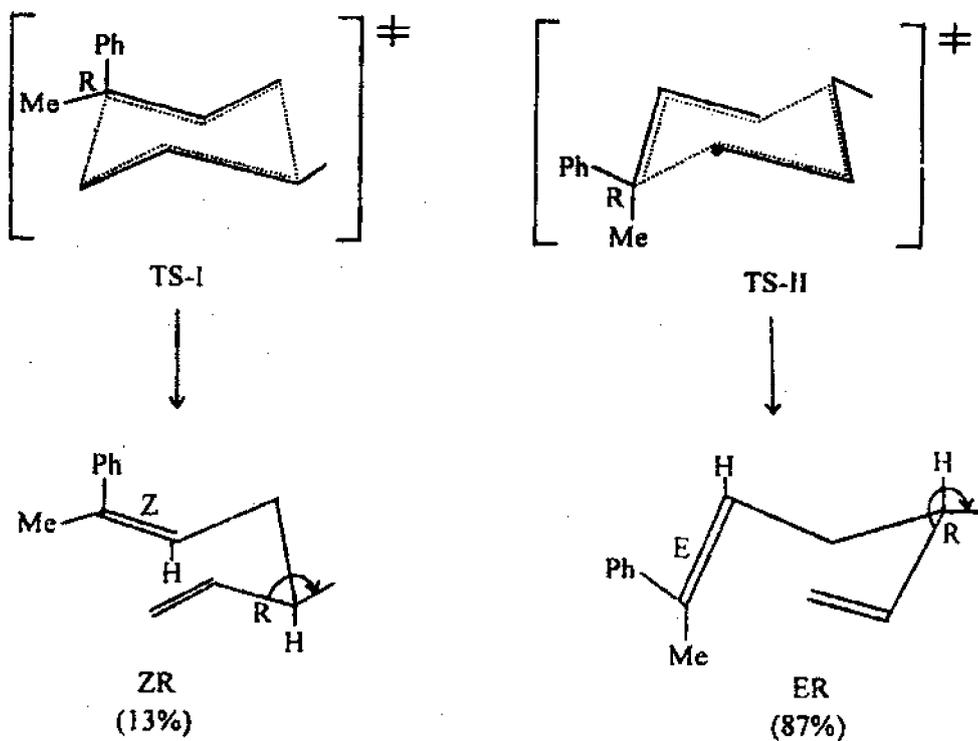


5. (A) যৌগটিতে একটি কাইরাল (chiral) কার্বন বর্তমান যার কনফিগারেশন (configuration) হল R। পরিবর্তি দশায় (transition state) যৌগটি দু'রকম চেয়ারের আকারে থাকতে পারে।



Ph গ্রুপ Me গ্রুপ অপেক্ষা আকারে (bulky) বড়। Ph গ্রুপ TS-I পরিবর্তি দশায় (transition state) অক্ষীয় অবস্থানে (axial position) এবং TS-II পরিবর্তি দশায় নিরক্ষীয় অবস্থানে (equatorial position) থাকবার ফলে TS-II এর ভ্যান ডার ওয়ালস্ জনিত মিথস্ক্রিয়ার (vander Waals' interaction) মান TS-I এর মান অপেক্ষা কম। অর্থাৎ TS-II এর শক্তিবাহার (energy barrier) মান TS-I এর চেয়ে কম বলে TS-II থেকে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ TS-I থেকে প্রাপ্ত পদার্থের চেয়ে অনেক বেশী হবে।

বিক্রিয়া :



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

## **Block 2**



---

## একক 5 □ শর্করা ও শ্বেতসার (Carbohydrates)

---

গঠন

- 5.1 প্রস্তাবনা  
উদ্দেশ্য
- 5.2 সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাজন
- 5.3 ম্যানোস্যাকারাইড
  - 5.3.1 গ্লুকোজ
  - 5.3.2 গ্লুকোজের রাসায়নিক ধর্ম
- 5.4 শর্করাকে উচ্চতর বা নিম্নতর সদস্যে পরিবর্তন
  - 5.4.1 উচ্চতর অ্যালডোজ বা কিটোজ প্রস্তুতি
  - 5.4.2 নিম্নতর অ্যালডোজ বা কিটোজ প্রস্তুতি
- 5.5 অ্যালডোজ এবং কিটোজ-এর পারস্পরিক রূপান্তর
  - 5.5.1 অ্যালডোজ থেকে কিটোজে পরিবর্তন
  - 5.5.2 কিটোজ থেকে অ্যালডোজে পরিবর্তন
- 5.6 অ্যানোমারজনিত প্রভাব
- 5.7 গ্লুকোজ : ধর্ম, গঠন ও কাঠামো
  - 5.7.1 গ্লুকোজের বদ্ধশৃঙ্খল গঠন ও বিন্যাসগত গঠন
  - 5.7.2 গ্লুকোজের বিশেষ ত্রৈমাসিক গঠন
  - 5.7.3 গ্লুকোজের ফিউরানোজ গঠন
  - 5.7.4 কনফিগারেশন
  - 5.7.5 গ্লুকোজের প্রস্তুতি
- 5.8 ডাইস্যাকারাইড
  - 5.8.1 সুক্রোজ
  - 5.8.2 মল্টোজ
  - 5.8.3 ল্যাকটোজ
- 5.9 পলিস্যাকারাইড
  - 5.9.1 শ্বেতসার
  - 5.9.2 সেলুলোজ
- 5.10 প্রাস্তিক প্রশ্নাবলি
- 5.11 উত্তরমালা
- 5.12 অতিরিক্ত সাহায্যকারী গ্রন্থসমূহ

## 5.1 প্রস্তাবনা

শর্করা বা শ্বেতসার জাতীয় পদার্থের প্রকৃত রসায়ন নিয়ে আলোচনা করার আগে প্রাণী জগতে এদের গুরুত্ব কতটা সেটা আগে জানা দরকার। এক কথায় বলতে গেলে এদের গুরুত্ব অপারিসীম। আমরা যে খাবার খেয়ে জীবনধারণ করি তার সিংহভাগই শর্করা জাতীয় পদার্থ। গাছপালার প্রধান উপজীব্য এই শর্করা যা (+) গ্লুকোজ নামে পরিচিত। গাছপালা এই (+) গ্লুকোজ নিজেই তৈরি করে নেয় যা আমরা ততা প্রাণীকুল পারি না। বাতাসে আছে কার্বন ডাইঅক্সাইড, জলীয় বাষ্প। গাছের পাতায় আছে সবুজ ক্লোরোফিল, আর সূর্যের আলো যোগায় প্রয়োজনীয় শক্তি। এই সূর্যের আলোকশক্তির সাহায্যে ক্লোরোফিলের অনুঘটকীয় (Catalytic) সক্রিয়তার মাধ্যমে পাতা কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটায় এবং তৈরি করে (+) glucose। গাছ থেকে সজীব। অবার অনেক গ্লুকোজ অণু বিক্রিয়ার মাধ্যমে তৈরি করে সেলুলোজ (cellulose), যা গাছপালাকে দেয় তার প্রয়োজনীয় কাঠামো। আর এক ধরনের বিক্রিয়ার মাধ্যমে এ একই গ্লুকোজ তৈরি করে মাড় (starch) যা বীজের মধ্যে লুকোনো থাকে গাছের ভবিষ্যৎ বংশধরের জন্য প্রয়োজনীয় খাদ্য হিসেবে। আবার কাঠ যা দিয়ে আমরা আসবাবপত্র তৈরি করি এক ধরনের সেলুলোজ; কাগজও এক ধরনের সেলুলোজ। এই কাঠ ও কাগজ ছাড়া মানব সভ্যতার বিকাশ সম্ভব হত না।

এই সব কারণে শ্বেতসার রসায়ন বৈজ্ঞানিক মহলে অত্যন্ত আকর্ষণীয় এক বিষয়বস্তু যার ইতিহাস 150 বছরেরও অধিককাল থেকে চলে আসছে এবং এর গুরুত্ব বাড়ছে বই কমছে না। তাই আমরা এই অতি আকর্ষণীয় এক বিষয়বস্তুকে আমাদের পাঠক্রমের উপযুক্ত করে যথাসম্ভব স্বল্প পরিসরে আলোচনা করব।

### উদ্দেশ্য

এক এককটি পাঠ করে আপনি জানতে পারবেন—

- শর্করা ও শ্বেতসারের সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাজন
- সুপরিচিত অ্যালডোহেক্সোজ গ্লুকোজের ধর্ম, গঠন ও কাঠামো
- সুক্রোজের ধর্ম, গঠন ও কাঠামো
- মলটোজের ধর্ম, গঠন ও কাঠামো
- ল্যাকটোজের ধর্ম, গঠন ও কাঠামো
- শ্বেতসারের ধর্ম ও গঠন

## 5.2 সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাজন : (Definition and Classification)

প্রথমেই জানা প্রয়োজন শর্করা বা শ্বেতসার আমরা কোন ধরনের যৌগকে বলবো। এর উত্তর ইংরেজি 'carbohydrates' কথাটার মধ্যেই রয়েছে। Carbo অর্থাৎ কার্বন, hydrate অর্থাৎ জল; মানে, যেন কার্বনের হাইড্রেট। এরকম বলার কারণ প্রায় সব শর্করাতে কার্বনের সাথে, উদজান (Hydrogen) ও অক্সিজেন (Oxygen) পরমাণু জলে যে অনুপাতে যুক্ত থাকে, ঠিক সেই অনুপাতে বর্তমান। সেই কারণে এই শ্রেণির যৌগের আণবিক সংকেত (Molecular formula)  $C_x(H_2O)_y$ । যেমন গ্লুকোজ,  $C_6(H_2O)_6$ , বা  $C_6H_{12}O_6$ , সুক্রোজ

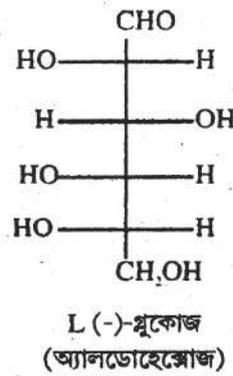
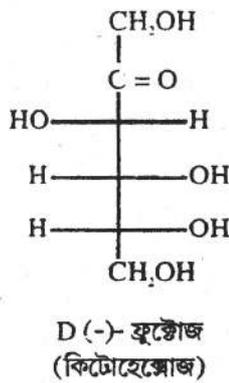
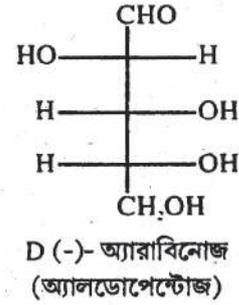
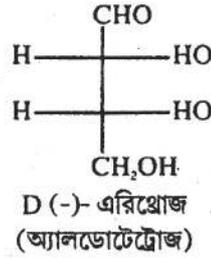
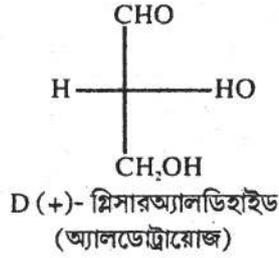
$C_{12}H_{22}O_{11}$  ইত্যাদি। কিছু যৌগ শর্করা আছে যা রাসায়নিক দৃষ্টিকোণে শর্করা, কিন্তু উপরোক্ত সংকেত অনুযায়ী নয়, যেমন র্যামনোজ (Rhamnose),  $C_6H_{12}O_5$ , 2-ডি অক্সি রাইবোজ (2-deoxyribose,  $C_6H_{10}O_4$ ), ফুকোজ (Fucose,  $C_6H_{12}O_5$ )। আবার  $C_x(H_2O)_y$  অনুসারী সংকেত হওয়া মানেই শর্করা তা কিন্তু নয়, যেমন, ফরম্যালডিহাইড ( $CH_2O$ ), অ্যাসেটিক অ্যাসিড ( $C_2H_4O_2$ ) ইত্যাদি।

তাই আরও সঠিকভাবে সংজ্ঞা নিরূপণ করতে হলে বলা যায় শর্করা হল একাধিক হাইড্রক্সি পুঞ্জযুক্ত আলোক শক্তির সক্রিয় (Optically active) অ্যালডিহাইড বা কিটোন অথবা সেই সব যৌগ যার থেকে আর্দ্র বিশ্লেষণের সাহায্যে উপরোক্ত ধরনের যৌগ উৎপন্ন হয়।

এবার এই ধরনের যৌগগুলির শ্রেণিবিভাজন কী রকম তা আলোচনা করা যাক।

শ্রেণিবিভাজনের সময় প্রধানত দুইটি বিষয় দেখা হয়। (১) যৌগটি অ্যালডিহাইড না কিটোন মূলক যুক্ত। সেই অনুসারে বলা হয় যথাক্রমে অ্যালডোজ বা কিটোজ। (২) যৌগটিতে কতগুলি কার্বন পরমাণু আছে; যেমন তিনটি কার্বন পরমাণু থাকলে বলা হয় ট্রায়োজ (Triose), চারটি থাকলে বলা হয় টেট্রোজ (Tetrose), পাঁচটি থাকলে পেন্টোজ (Penotse) ইত্যাদি। এই দুটি ব্যাপার একসঙ্গে ধরে এই যৌগগুলির শ্রেণিবিন্যাস (নামকরণও বলা যায়) করলে দাঁড়ায়: অ্যালডোট্রায়োজে (অ্যালডো অর্থাৎ অ্যালডিহাইড যুক্ত ট্রায়োজ অর্থাৎ তিনটি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ)। এইরূপ কিটোট্রায়োজ, অ্যালডোপেন্টোজ, কিটোহেক্সোজ ইত্যাদি।

এবার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া যাক।



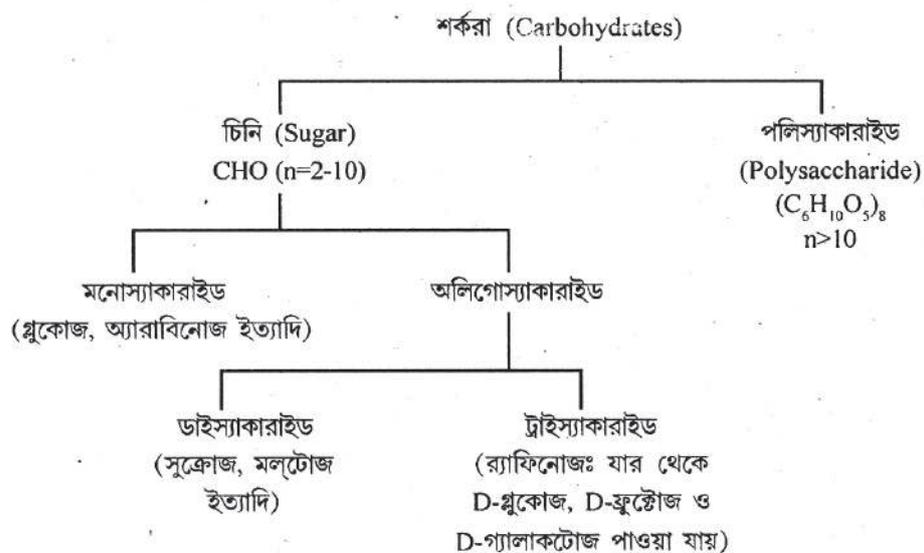
উপরোক্ত আণবিক গঠনগুলিতে D, L, (+), (-) চিহ্নগুলি ত্রৈমাত্রিক রসায়ন (Stereo chemistry) অধ্যায়ে আলোচ্য।

এতো গেল শ্রেণিবিভাজনের একটা ধরন। আর এক ভাবে দেখতে গেলে শর্করাগুলিকে দুইভাগে ভাগ করা যায়—যেমন, চিনি (Sugar) ও পলিস্যারাইড। চিনি হলো দানাদার (crystalline), স্বাদে মিষ্টি ও জলে দ্রবণীয় শর্করা। আর পলিস্যারাইড (Polysaccharide) হল অনিয়তাকার (non-crystalline) জলে অদ্রবণীয় উচ্চ-আণবিক ওজন বিশিষ্ট যৌগসমূহ। চিনিগুলোকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা হয়— (১) মনোস্যারাইড, (২) অলিগোস্যারাইড।

মনোস্যারাইড হল সেই সব শর্করা যার থেকে আর্দ্র বিশ্লেষণের সাহায্যে ক্ষুদ্রতর কোনো অণু পাওয়া যায় না। যেমন গ্লুকোজ, ফুক্টোজ, অ্যারাবিনোজ ইত্যাদি।

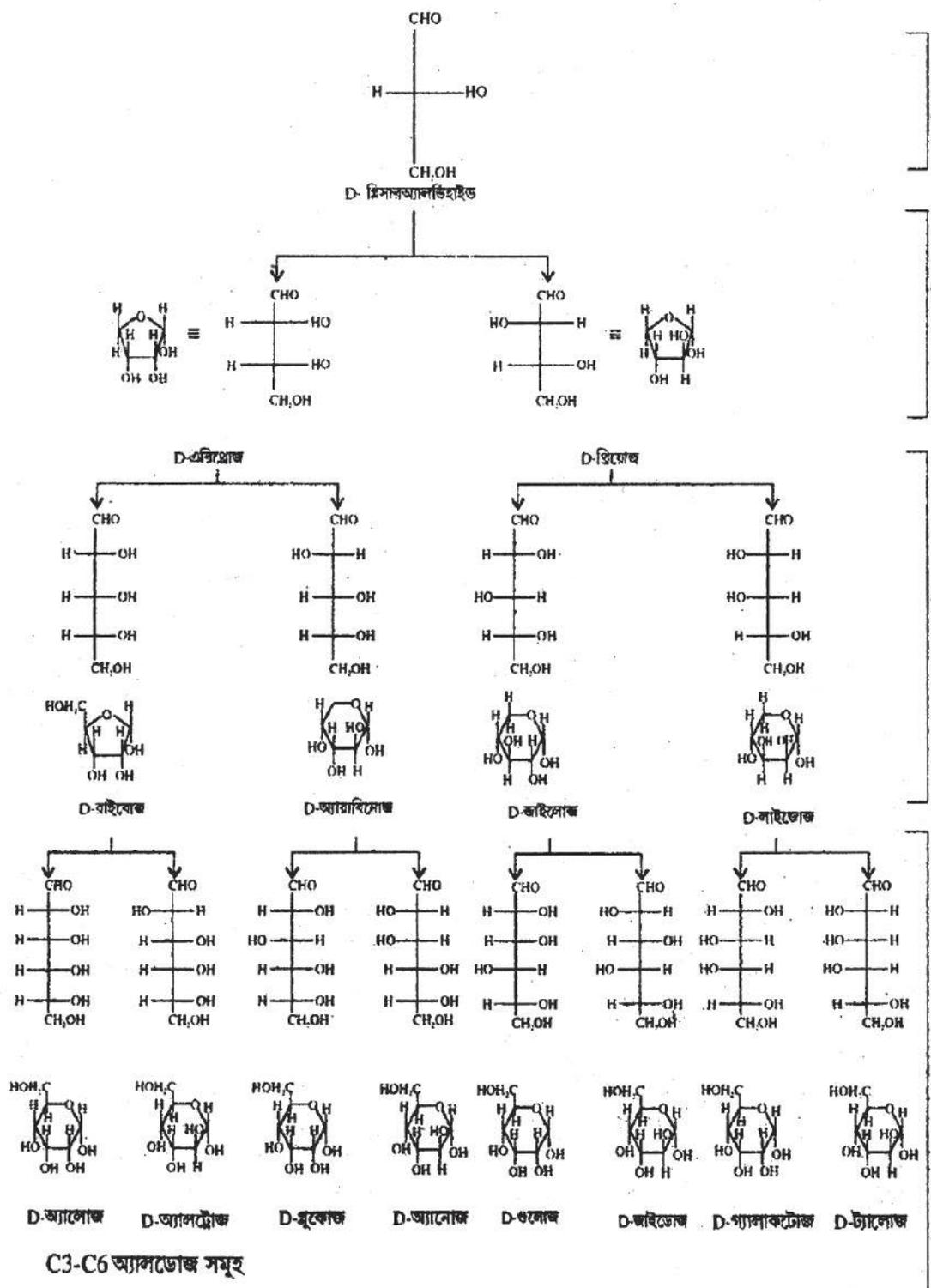
অলিগোস্যারাইড সেই সমস্ত শর্করা যার থেকে আর্দ্র বিশ্লেষণের সাহায্যে 2 থেকে 10টা পর্যন্ত মনোস্যারাইড অণু পাওয়া যেতে পারে, যেমন—সুক্রেজ (চিনি), একটা ডাইস্যারাইড—যেমন র্যাফিনোজ একটা ট্রাইস্যারাইড ইত্যাদি।

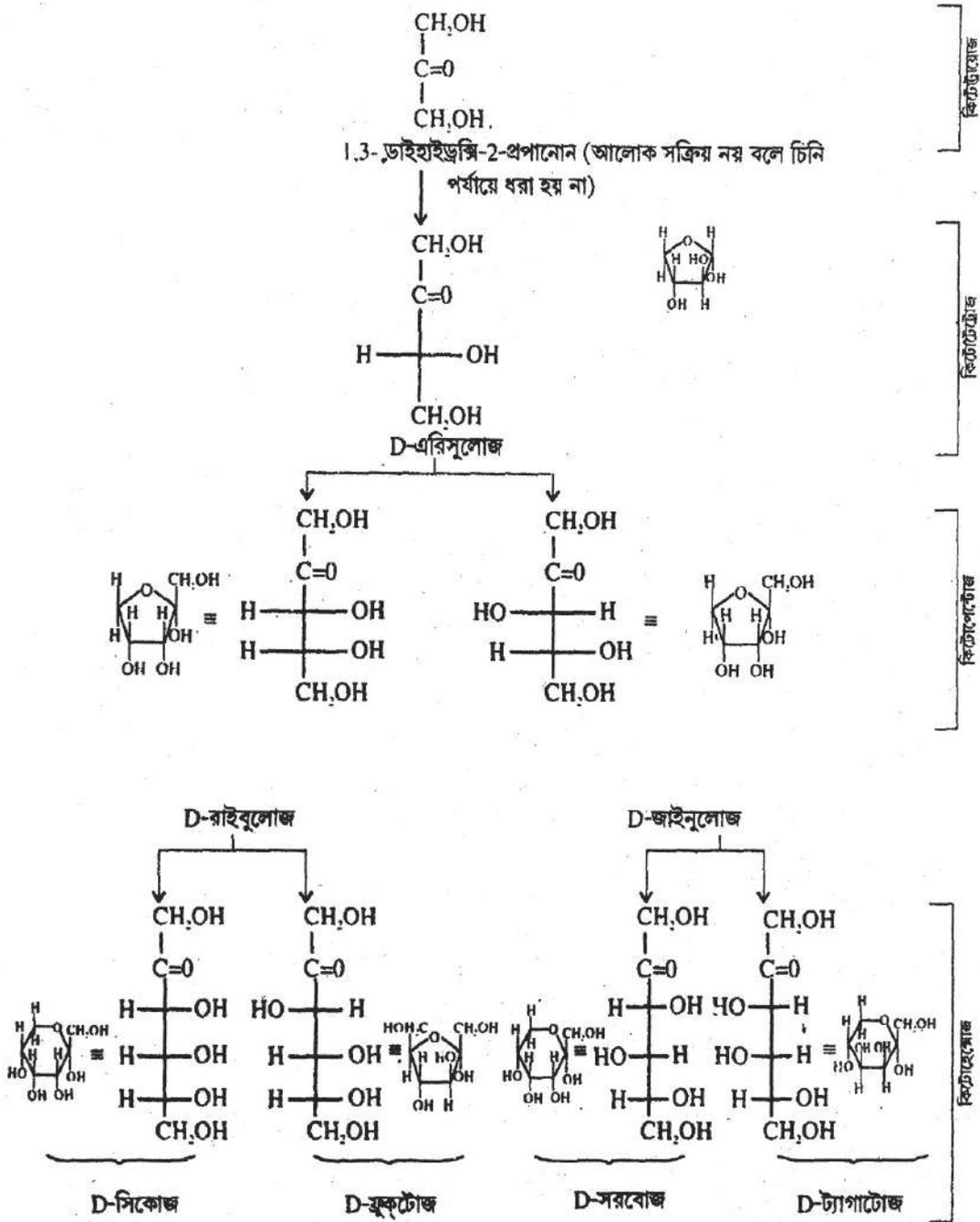
পলিস্যারাইড সেই সমস্ত শর্করা যার থেকে আর্দ্র বিশ্লেষণের সাহায্যে অনেকগুলো মনোস্যারাইড অণু পাওয়া যায়। যেমন, মাড় (starch), সেলুলোজ ইত্যাদি। একনজরে শর্করার শ্রেণিবিভাজন নিম্নরূপ—



শর্করা জাতীয় যৌগগুলিকে IUPAC নিয়মানুযায়ী নামকরণ করলে বেশ বড়সড় ও অনেক ক্ষেত্রে খটমট হয়ে দাঁড়ায়। তাই এই শ্রেণিভুক্ত যৌগগুলির জন্য বিশেষ ধরনের নামকরণ করা হয়েছে—যেমনটি শ্রেণিবিন্যাসের সময় উল্লেখিত হয়েছে।

আমাদের আলোচ্য বিষয়ের মধ্যে মনোস্যারাইডগুলি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। তাই 3 থেকে 6 কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট মনোস্যারাইডগুলি ছকের মাধ্যমে এক নজরে দেখে নেওয়া যাক।





**C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> কিটোজ সমূহ**

প্রশ্ন 5.1 : শর্করাকে ইংরেজিতে বলা হয় কার্বোহাইড্রেট। এখানে 'হাইড্রেট' কথাটির যা অর্থ শর্করাগুলি সেই একই অর্থ বহন করে?

প্রশ্ন 5.2 : শর্করা রসায়নে 'স্যাঁকারাইড' কথাটির অর্থ কী? মনোস্যাঁকারাইড বলতে কী বোঝায়? উদাহরণসহ উত্তর লিখুন।

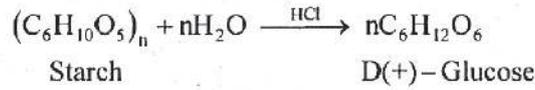
প্রশ্ন 5.3 : গ্লুকোজের IUPAC নাম কী হবে?

### 5.3 মনোস্যাঁকারাইড

মনোস্যাঁকারাইডগুলির মধ্যে হেক্সোজ তথা গ্লুকোজ ও ফুক্টোজ সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। আর যেহেতু সব মনোস্যাঁকারাইডের ধর্ম, বিশেষ করে রাসায়নিক ধর্ম প্রায় একই রকম, তাই আমাদের আলোচনা ঐ দুটি যৌগের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকছে।

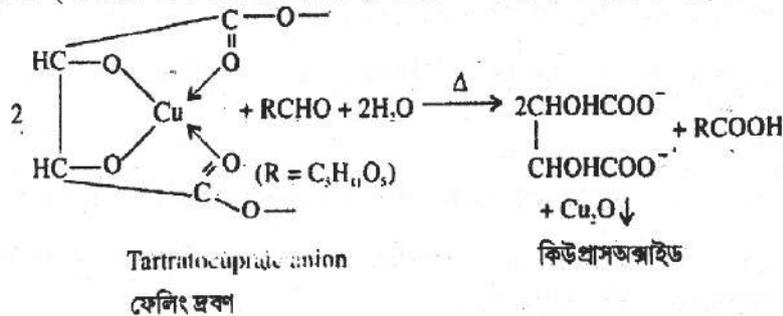
#### 5.3.1 গ্লুকোজ (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

এটি একটি অ্যালডোহেক্সোজ। D(+)- গ্লুকোজ বা ডেক্সট্রোজ মধু, পাকা আঙুর, অনেক মিষ্টি ফলে থাকে। আমাদের শরীরে রক্তের মধ্যেও আছে। এর গলনাঙ্ক 146°C, স্বাদে অল্প মিষ্টি। মাড় (Starch) থেকে হাইড্রোক্লোরিক অম্লের জলীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে এবং নির্দিষ্ট চাপে এই গ্লুকোজ পাওয়া যায়।

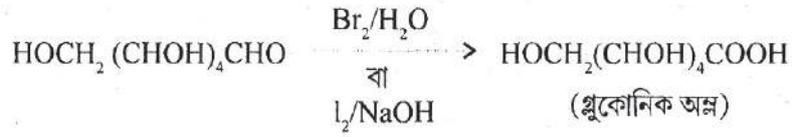


#### 5.3.2 গ্লুকোজের রাসায়নিক ধর্ম

(i) গ্লুকোজ বিজারণ ধর্মী, ফেলিং দ্রবণ ও টোলেন দ্রবণকে বিজারিত করে নিজে জারিত হয় কারণ গ্লুকোজে অ্যালডিহাইড গ্রুপ বর্তমান। ফেলিং দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল (তামাটে) রংয়ের কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষেপ পড়ে আর টোলেনস্ দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রূপা (চকচকে ও কালচে) অধঃক্ষেপ পড়ে।



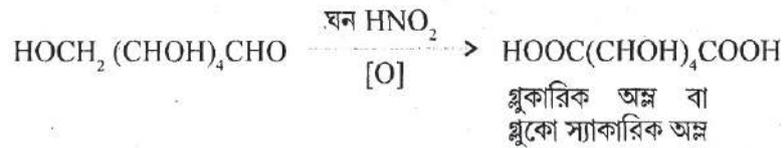




উৎসেচকের (enzyme) সাহায্যে একই জারণ সংঘটিত করা যায়। যেমন—গ্লুকোজ অক্সিডেজ (glucose oxidase) এর সাহায্যে গ্লুকোজ থেকে বাণিজ্যিকভাবে গ্লুকোনিক অম্ল উৎপন্ন করা যায়।

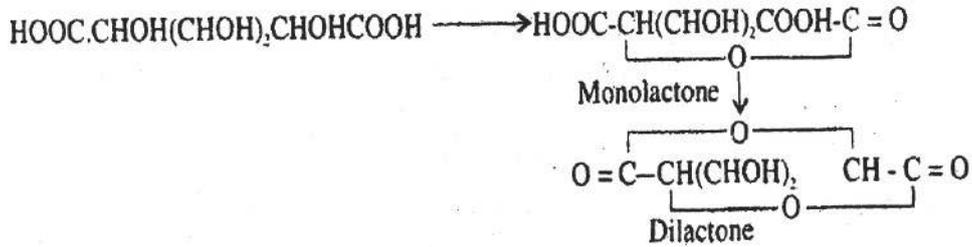
ঐ বিক্রিয়া প্রমাণ করে গ্লুকোজে অ্যালডিহাইড গ্রুপ বর্তমান।

(b) তীব্র জারক পদার্থের সাহায্যে জারিত করলে গ্লুকোজ থেকে গ্লুকোরিক অম্ল তথা যে কোনো অ্যালডোজ থেকে অ্যালডারিক অম্ল বা স্যাকারিক অম্ল পাওয়া যায়।

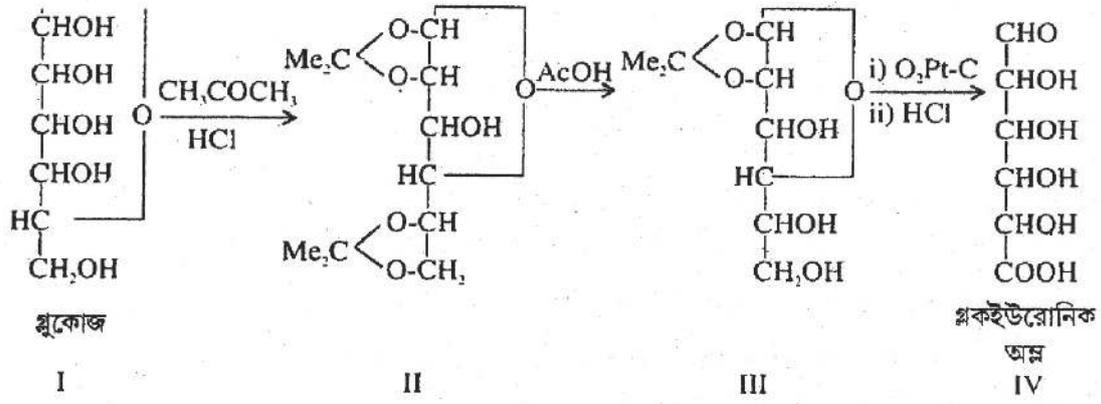


(প্রশ্ন : ম্যানোজ এবং রাইবোজ থেকে উপরোক্ত উপায়ে জারিত অম্লদ্বয়ের নাম কি হবে?)

এই সব অ্যালডারিক অম্ল সহজেই ল্যাকটোন গঠন করে।



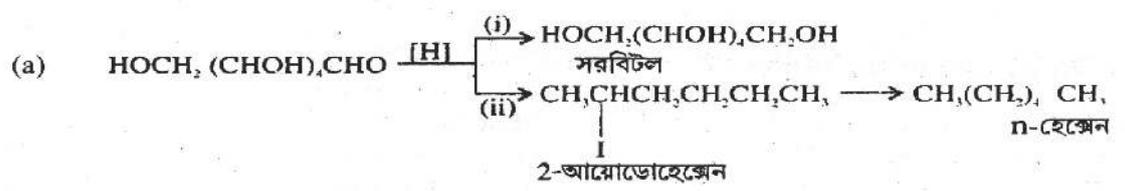
(c) আমরা জানি যে, জারণের ক্ষেত্রে সব থেকে সহজে জারণ যোগ্য group আগে জারিত হবে, অন্য কোন জারণ যোগ্য গ্রুপ থাকলে তা পরে জারিত হবে এবং এই জারণ নির্ভর করবে শর্তাবলির ওপর। যেমন—পূর্বোক্ত জারণ দুইটির ক্ষেত্রে হয়েছে। কিন্তু আমরা যদি অধিকতর সহজে জারণযোগ্য গ্রুপকে জারণ না করে অন্য কোন গ্রুপকে জারণ করতে চাই তা হ'লে কেমন করে করবো? এরকম করার উপায় হ'ল অধিকতর সহজে জারণ যোগ্য গ্রুপটিকে আগে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে সুরক্ষিত (Protect) করে তারপর অপর গ্রুপটিকে জারণ করা। তারপরে সুরক্ষিত গ্রুপটিকে পুনরায় বিক্রিয়ার সাহায্যে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনা। এই ভাবে গ্লুকোজ থেকে যে অম্ল উৎপন্ন হয় তাকে বলে গ্লুকোইউরোনিক (glucouronic) অম্ল।



এখানে গ্লুকোজ অণুকে বৃত্তাকারে (cyclic) লেখা হয়েছে—কারণ পরে দ্রষ্টব্য (গ্লুকোজের আণবিক গঠন নির্ণয়)।

প্রশ্ন : উপরোক্ত বিক্রিয়ায় I ও II নং যৌগের আণবিক গঠনে বৃত্তাকার (cyclic) অংশের আয়তন ছোট হল কেন?

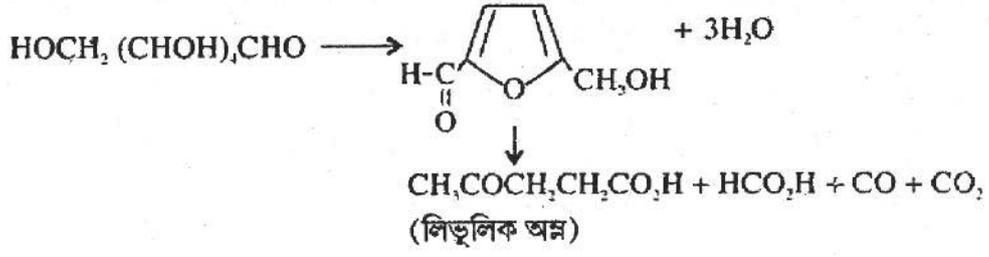
(v) বিজারণ (Reduction)



উপরোক্ত (i) নং পদ্ধতিতে সোডিয়াম পারদ সংকর বা সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড (NaBH<sub>4</sub>) বা H<sub>2</sub>/Ni ও উচ্চ চাপ (অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিজারণ, catalytic reduction) বা আম্লিক দ্রবণে তড়িৎপ্রবাহ ব্যবহার করা হয়।

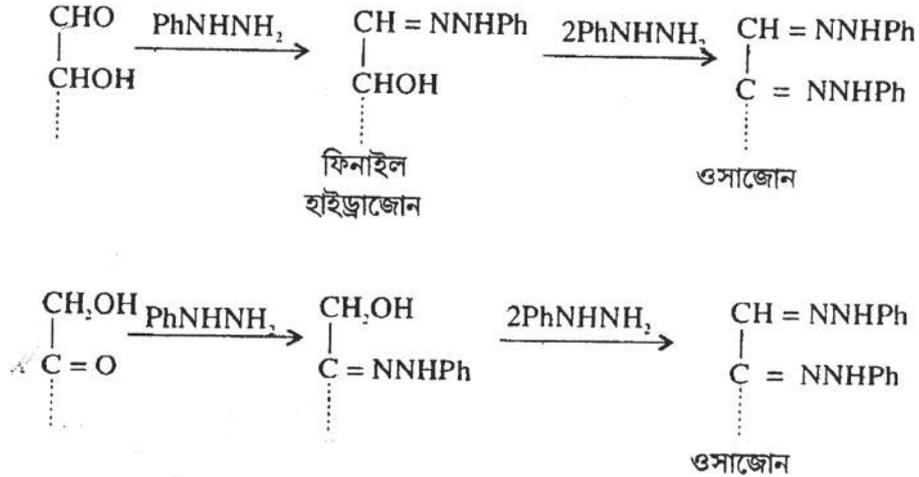
(ii) নং পদ্ধতিতে হাইড্রো আয়োডিন অম্ল (HI) ও লাল ফসফরাস এবং 100°C তাপমাত্রায় 2-আয়োডোহেক্সেন, ও দীর্ঘসময় উত্তাপনে n-হেক্সেন উৎপন্ন হয়।

(vi) গ্লুকোজ তথা অ্যালডোহেক্সোজ গুলিকে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অম্লের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে 4-হাইড্রক্সিমিথাইল ফুরফুরাল উৎপন্ন হয় এবং তারপর ওর থেকে লিভুলিক অম্ল পাওয়া যায়।

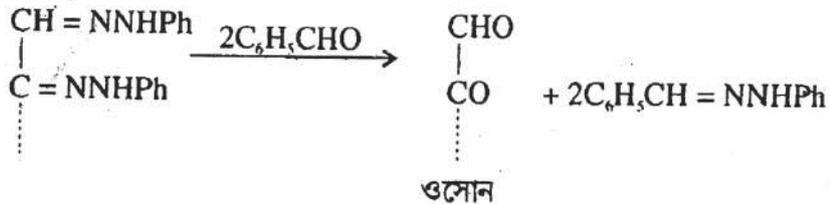


(vii) ওসাজোন গঠন (osazone formation)

ওসাজোন গঠন শর্করা রসায়নে খুবই গুরুত্বপূর্ণ। অ্যালডোজ এবং কিটোজ উভয়েই ওসাজোন গঠন করে। যেহেতু অ্যালডোজ বা কিটোডে কার্বনিল মূলক আছে তাই 1 মোল আনুপাতিক হারে ফিনাইল হাইড্রাজিন ( $C_6H_5NHNH_2$ ) থাকলে স্বাভাবিকভাবে ফিনাইল হাইড্রাজোন উৎপন্ন হয়। কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ এই বিক্রিয়ক থাকলে হলুদ বর্ণের সুন্দর নিয়তাকার ওসাজোন উৎপন্ন হয়। এই ওসাজোন সনাক্তকরণের সাহায্যে ব্যবহৃত অ্যালডোজ বা কিটোজ সম্বন্ধে পরিষ্কার ধারণা করা যায়।



অল্প বা বেঞ্জঅ্যালডিহাইডের সাহায্যে এই অসাজোন থেকে এক দ্বিকার্বনিল যৌগ উৎপন্ন করা যায়। একে ওসোন বলে।

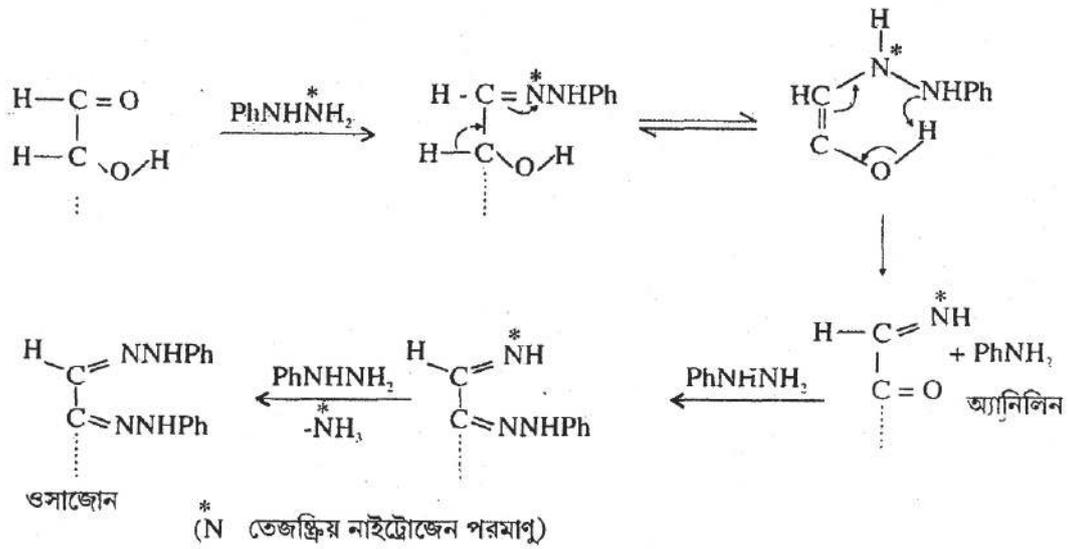


লক্ষণীয় ব্যাপার ওসাজোন গঠন অ্যালডোজ বা কিটোজের প্রথম দুই কার্বন পরমাণুকে প্রভাবিত করে। তাই যদি দেখা যায় যে দুই বা ততোধিক অণু একই ওসাজোন গঠন করছে তা হলে সিদ্ধান্ত করা যায় যে ঐগুলির  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  ইত্যাদি কার্বন পরমাণুগুলির ত্রিমাত্রিক গঠন (configuration) সব এক। যেমন গ্লুকোজ, ফুকটোজ, ম্যানোজ একই ওসাজোন দেয়, কারণ এই তিনটি যৌগের  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  কিরাল (chiral) কার্বন পরমাণুর ত্রিমাত্রিক গঠন (configuration) একই।

[প্রশ্ন : শর্করা জাতীয় পদার্থ ছাড়া অন্য কোন যৌগ কি ওসাজোন গঠন করতে পারে?]

ওসাজোন গঠন বিক্রিয়ায় ওসাজোন ছাড়াও অ্যানিলিন ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াশৈলী (mechanism) এই সবগুলির উৎপাদন সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যা করে।

প্রথম ধাপে  $^{15}\text{N}$  যুক্ত 1 মোল  $\text{PhNH}^{15}\text{NH}_2$  নেওয়া হয় যাতে প্রথমে শুধু ফিনাইল হাইড্রাজোন উৎপন্ন হয়। পরবর্তী ধাপে 2-মোল  $\text{PhNHNH}_2$  নেওয়া হয় যাতে কোন  $^{15}\text{N}$  নেই। এভাবে যে  $^{15}\text{NH}_3$  উৎপন্ন হয় দেখা যায় যে তা  $^{15}\text{NH}_3$  এবং ওসাজোনে কোন  $^{15}\text{N}$  নেই।

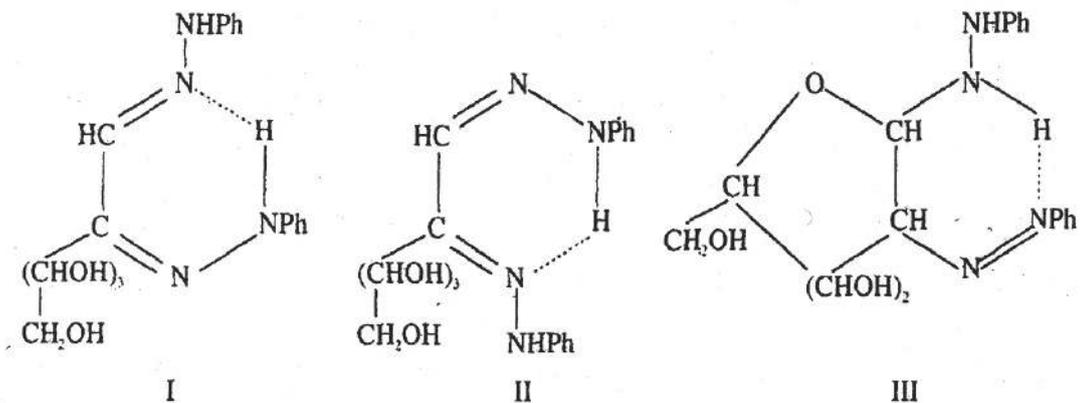


[প্রশ্ন : ফুক্টোজ থেকে ওসাজোন গঠনের mechanism কী হবে?]

এখানে দ্রষ্টব্য বিষয় হল, প্রথম ধাপে হাইড্রাজোন উৎপন্ন হওয়ার পর তার মধ্যে একটি পুনর্বিন্যাস (re-arrangement) ঘটে যার ফলে অ্যালডোজের দ্বিতীয় হাইড্রক্সি গ্রুপ যুক্ত কার্বন কিটো গ্রুপে পরিণত হয়; ফলে মনে হয় যেন ওখানে জারণ (oxidation) হয়েছে। আসলে ইহা উপরোক্ত পুনর্বিন্যাসের ফল এবং এই পুনর্বিন্যাসকে বলা হয় অ্যামাডোরি পুনর্বিন্যাস (Amadori rearrangement)।

এখানে বিশেষভাবে দ্রষ্টব্য যে ওসাজোন গঠন বিক্রিয়া কেবলমাত্র প্রথম দুটি কার্বন পরমাণুতেই সীমাবদ্ধ থাকে কেন? একইভাবে পরবর্তী কার্বন পরমাণুগুলিতেও তা বিক্রিয়া ঘটাতে পারে-এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ।

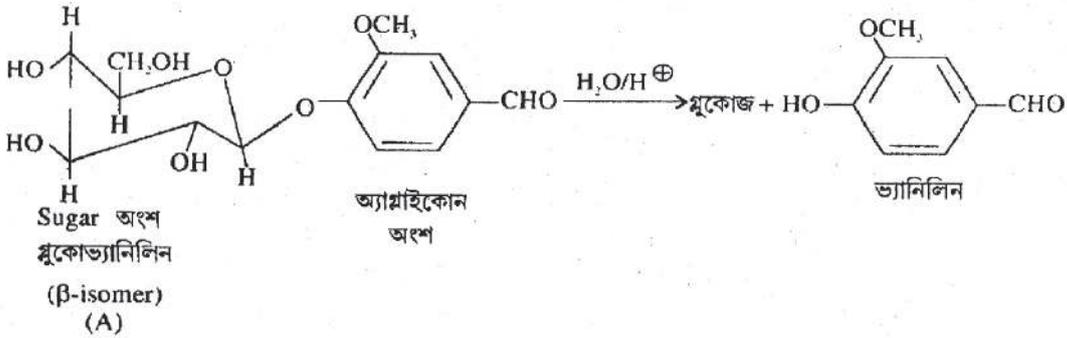
ওসাজোন গঠনের পরে হাইড্রোজেন বন্ধনের (Intramolecular hydrogen bonding) মাধ্যমে স্থিতিশীল বৃত্তাকার (cyclic) চিলেট (chelate) গঠন করে। ফলে বিক্রিয়া প্রথম দুটি কার্বনের পরেই শেষ হয়। এই চিলেট যৌগের গঠন দুই ভাবে লেখা যায়।



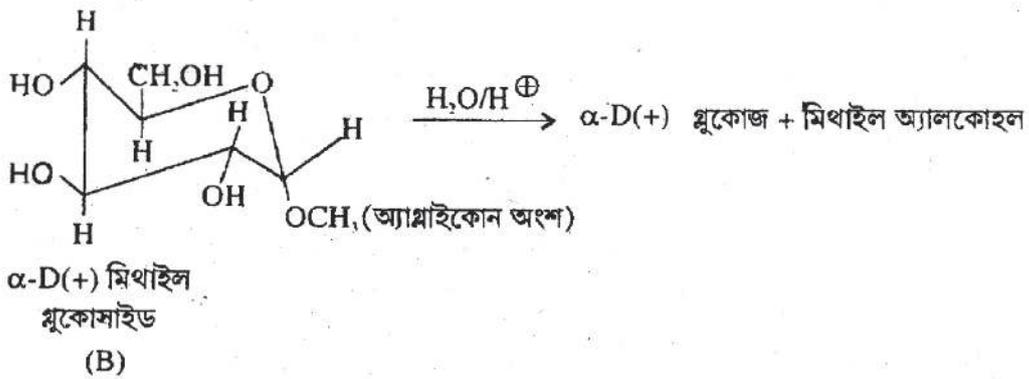
বিকল্প মতে (Blair *et al*, 1969) III নং গঠনেই (কঠিন অবস্থায়) আসল মনে করা হয় এবং ইহা দ্রবীভূত অবস্থায় ইহার উন্মুক্ত শৃঙ্খল (open chain) গঠনের সঙ্গে সাম্যাবস্থায় থাকে।

(viii) গ্লাইকোসাইড (Glycoside)

প্রকৃতিতে (উদ্ভিদ ও প্রাণীজগতে) চিনি (sugar) জাতীয় পদার্থগুলি মুক্ত অবস্থায় ছাড়াও বিভিন্ন হাইড্রক্সি গ্রুপ যুক্ত যৌগের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় (রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে) পাওয়া যায়। হাইড্রক্সি গ্রুপযুক্ত যৌগ (অ্যালকোহল বা ফেনল) চিনির অ্যালডিহাইড বা কিটো গ্রুপের অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে বন্ধনী (Bond) গঠন করে। এই যৌগগুলিকে বলা হয় গ্লাইকোসাইড এবং গ্লুকোজের বেলায় এই গ্লাইকোসাইডকে বলা হয় গ্লুকোসাইড। স্বভাবতই এই যৌগ সমূহের দুইটি অংশ—একটি অংশ চিনির ও অপরটি হাইড্রক্সি গ্রুপ যুক্ত অণু (অ্যালকোহল বা ফেনল)। এই অ্যালকোহল বা ফেনল অংশটিকে বলা হয় অ্যাগ্লাইকোন (aglycone)—যেমন, ক্লুকোভ্যানিলিন (glucovanillin)। গ্লাইকোসাইডগুলিকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে চিনি (sugar) ও অ্যালকোহল বা ফেনল অংশদ্বয় বিচ্ছিন্ন হয়।



অনুরূপভাবে মিথাইল গ্লুকোসাইড থেকে মিথাইল অ্যালকোহল ও গ্লুকোজ উৎপন্ন হয়। এখানে মিথাইল অ্যালকোহলের অংশটি অ্যাগ্লাইকোন অংশ।



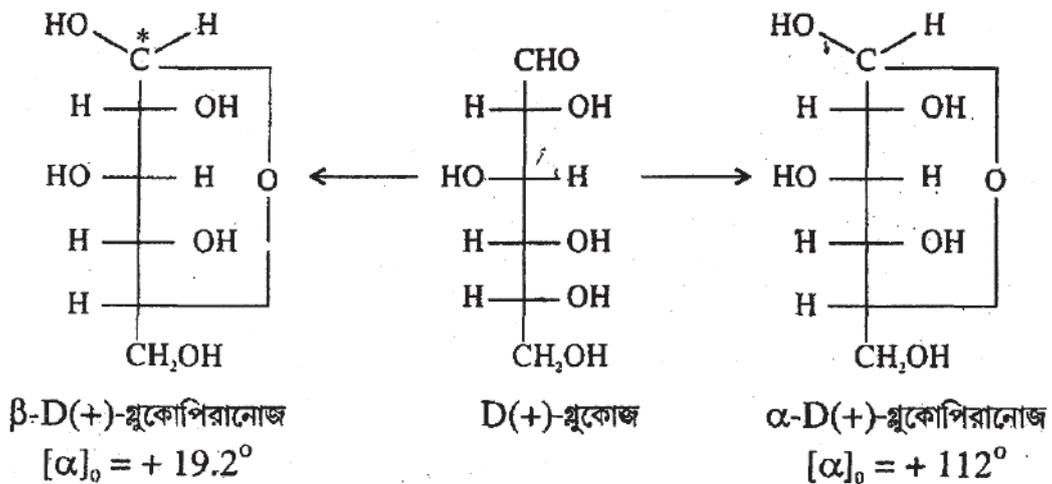
উপরোক্ত যৌগদুইটিকে O-গ্লুকোসাইড বলা হয় কারণ অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে অ্যাগ্লাইকোন অংশটি যুক্ত।

এই গ্লাইকোসাইড তথা গ্লুকোসাইড গঠনে একটি বিশেষ ভাবে লক্ষণীয় ব্যাপার আছে। তা হল এই যৌগগুলি পূর্ণ অ্যাসিটোল (acetal : অ্যালডোজ থেকে) বা কিটোল (কিটোজ থেকে) ছাড়া আর কিছুই নয়। এখানে এই অ্যাসিটোল গঠনে এক মৌল পরিমাণ অ্যালকোহল বা ফেনল বিক্রিয়া করেছে। কিন্তু আমরা জানি অ্যালডিহাইড বা কিটোন পূর্ণ অ্যাসিটোল বা কিটোল গঠনে 2 মৌল পরিমাণ এক হাইড্রক্সি গ্রুপ যুক্ত (monohydric) অ্যালকোহল ব্যবহার করে। কিন্তু কেন? এই গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নের উত্তর পরে আলোচিত হয়েছে (মিউটারোটেশন দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : ফুকটোজ ম্যানোজ, রাইবোজ এর গ্লাইকোসাইডগুলির নাম কী হবে?

(ix) মিউটারোটেশন (Mutarotation)

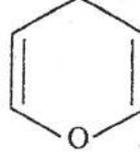
প্রত্যেকটি মনো স্যাকারাইডের কঠিন অবস্থায় একটি নির্দিষ্ট (Fixed) আলোস সক্রিয়তা মান (optical rotatory power) থাকে। কিন্তু জলীয় দ্রবণে বা উভধর্মী (Amphiprotic) দ্রবণে ঐ মান ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয়ে সাম্যাবস্থাপক একটি স্থির মানে স্থিতিশীল হয়। যেমন গ্লুকোজের কঠিন অবস্থায় আপেক্ষিক আবর্ত স্পেসিফিক রোটেশন (specific rotation)  $+112^\circ$ । উহার জলীয় দ্রবণ (জল একটি উভধর্মী দ্রাবক) করলে ঐ rotation মান ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয় এবং নির্দিষ্ট সময় পরে একটি সাম্যাবস্থা মান (equilibrium value) প্রাপ্ত হয়। এই মান  $+52.5^\circ$ । এই ব্যাপারটিকে অর্থাৎ specific rotation এর এই পরিবর্তনকে বলে মিউটারোটেশন। এখন প্রশ্ন হল এই পরিবর্তনকে কীভাবে ব্যাখ্যা করা যায়? টোলেন্স D(+) গ্লুকোজের দুইটি সমাংশ (isomers) পৃথক করেন। আমরা জানি D-শ্রেণির ৮টি সমাংশকের মধ্যে একটি গ্লুকোজ সমাংশক কিভাবে সম্ভব। এই দুইটি সমাংশকের অস্তিত্ব এবং মিউটারোটেশন সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করা যায় যদি গ্লুকোজকে একটি বদ্ধশৃঙ্খল অনুরূপে গণ্য করা হয়। এক্ষেত্রে প্রমাণ করা গেছে (C-13 NMR এর সাহায্যে) D(+)- গ্লুকোজ সত্যিই দুটি সমাংশক গঠন করে। উহার একটি অ্যালকোহলিক OH গ্রুপ ও অ্যালডিহাইড গ্রুপের মধ্যে (Intramolecular) বিক্রিয়ার মাধ্যমে। এই বিক্রিয়ার ফলে গ্লুকোজের অ্যালডিহাইড গ্রুপ বস্তুতপক্ষে একটি হেমি অ্যাসিটোল গ্রুপে (Hemiacetal) পরিবর্তিত হয়, ফলে ঐ কার্বন পরমাণুটিও কিরাল (chiral) অর্থাৎ অপ্রতিসম সার্বন পরমাণুতে পরিণত হয়। ফলস্বরূপ আরও দুইটি সমাংশক গঠন করে যার একটিকে  $\alpha$ - ও অপরটিকে  $\beta$ - সমাংশক বলে।



C\* পরমাণুটি নতুন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা বদ্ধশৃঙ্খল অণু গঠনের ফলে সৃষ্টি হয়েছে। এই দুইটি সমাংশকে বলা হয় অ্যানোমার (anomer)। এখানে ষড়ভুজাকৃতি বদ্ধশৃঙ্খল অণু সর্বাধিক স্থিতিশীল (stable) বলে এর উপস্থিতি সর্বাধিক। এই ষড়ভুজাকৃতি গঠনকে অক্সাইড শৃঙ্খল বা পিরানোজ গঠনও বলা হয়। অনেক ক্ষেত্রে এই ষড়ভুজাকৃতি গঠন ছাড়াও পঞ্চভুজাকৃতি (ফিউরানোজ) গঠনবিশিষ্ট অণুও স্বল্প পরিমাণে থাকে বলে প্রমাণিত হয়েছে।



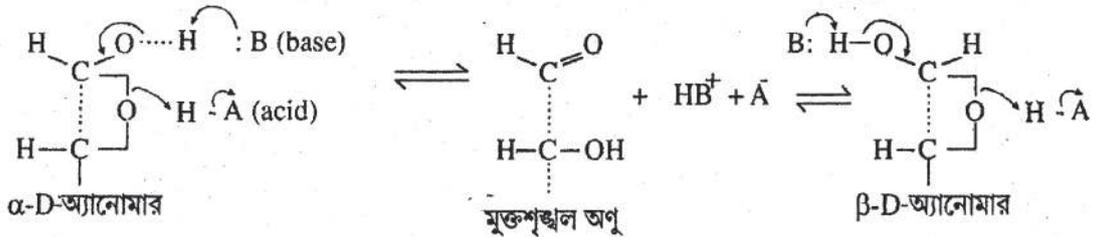
ফিউরানোজ  
গঠন



পিরানোজ  
গঠন

### মিউটারোটেশন এর বিক্রিয়াশৈলী (Mechanism) :

দেখা গেছে যে মিউটারোটেশনের জন্য উভধর্মী অর্থাৎ আম্লিক ও ক্ষার ধর্ম একই সঙ্গে বর্তমান এমন দ্রবণ প্রয়োজন। জল একটি এইরূপ দ্রবণ ( $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ) তাই জলের মধ্যে মিউটারোটেশন সংঘটিত হয়। এই দ্রবণে অল্প পরিমাণ ক্ষার যেমন পিরিডিন অথবা স্বল্প পরিমাণ অম্ল, যেমন ক্রেসল (cresol) যুক্ত করলে মিউটারোটেশন ত্বরান্বিত হয়। কিন্তু নিরপেক্ষ (neutral) যেমন বেঞ্জিন দ্রবণে শুধু পিরিডিন বা শুধু ক্রেসল দিলে মিউটারোটেশন হয় না। কিন্তু উভয়কেই এক সঙ্গে দিলে মিউটারোটেশন খুব ত্বরান্বিত হয়। ইহা পরিষ্কারভাবে প্রমাণ করে যে এই মিউটারোটেশন এর mechanism-এ উভয়েরই সক্রিয় ভূমিকা আছে। তাই নিম্নলিখিত mechanism প্রস্তাব করা হয় (Lowry, 1925)। লক্ষণীয়, এখানে একই সঙ্গে প্রোটন যুক্ত ও বিযুক্ত হচ্ছে (অর্থাৎ একই সঙ্গে অম্ল এবং ক্ষার অংশগ্রহণ করছে)।



দেখা যাচ্ছে  $\alpha$  - বা  $\beta$  - অ্যানোমার একই সঙ্গে ক্ষার ও অম্লের প্রভাবে মুক্ত শৃঙ্খল অণুতে পরিণত হচ্ছে এবং উহা আবার বদ্ধশৃঙ্খল অণুতে ফিরে যাচ্ছে এবং সেই সময়  $\alpha$  - ও  $\beta$  - অ্যানোমার দুটো সমাংশক গঠন করছে কারণ দুটোই সম্ভব। ঐ মিশ্রণে 36%  $\alpha$  - ও 64%  $\beta$  - অ্যানোমার সাম্যাবস্থায় থাকছে।

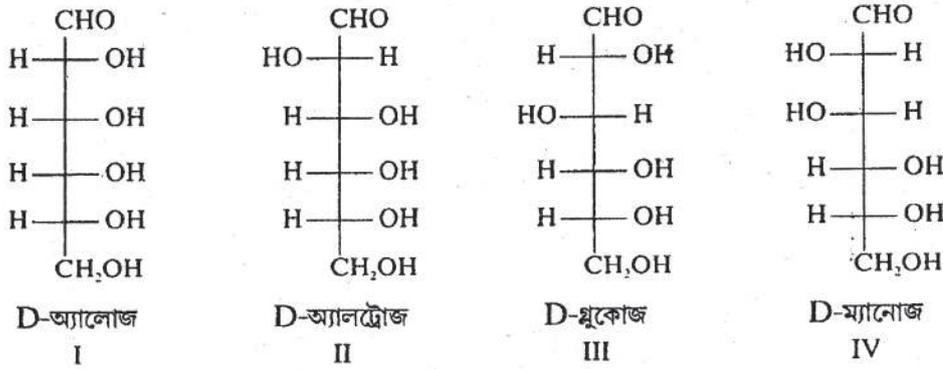
[প্রশ্ন : 2-হাইড্রক্সি পিরিডিনের উপস্থিতিতে মিউটারোটেশন অনেক ত্বরান্বিত হয়, কেন?]

[প্রশ্ন : মিউটারোটেশন পূর্ণ হবার পর মিশ্রণে  $\beta$  - অ্যানোমার এর পরিমাণ  $\alpha$  - অ্যানোমার এর চেয়ে বেশি থাকে কেন?]

উপরোক্ত বিক্রিয়াশৈলীকে বলা হয় concerted mechanism কারণ এতে অম্ল ও ক্ষারের অংশগ্রহণ একই সঙ্গে হয়। এই mechanism এর স্বপক্ষে যুক্তি ও প্রমাণ সর্বাধিক, তাই ইহাই সর্বাধিক গ্রহণযোগ্য।

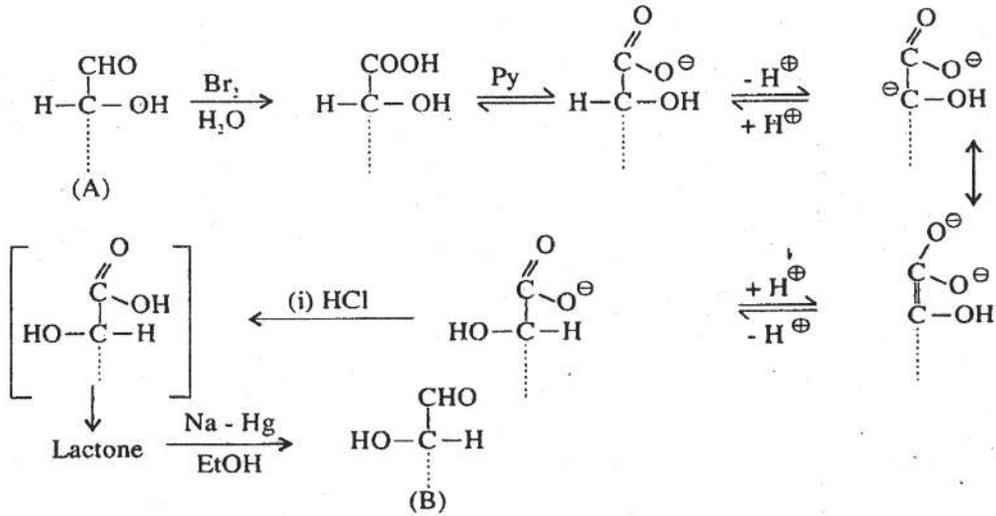
(x) এপিমার ও এপিমারিজেসন (Epimer & Epimerisation)

আমরা দেখেছি  $C_6H_{12}O_6$  এই আণবিক সংকেত দিয়ে ৪ জোড়া (৪টি D-শ্রেণি ও ৪টি L-শ্রেণিভুক্ত) সমাংশক (isomer) অ্যালডোজ আছে। D-শ্রেণির যে কোনো একটি বাকি ৭টির Isomeric। অনুরূপে L-শ্রেণিভুক্তগুলিও তাই। যে কোনো একটি শ্রেণির সমাংশকগুলি পরস্পরের সঙ্গে Diastereomeriz, এখন এই diastereomer গুলির মধ্যে যে একজোড়া অ্যালডোজের কেবলমাত্র দ্বিতীয় কার্বন পরমাণু ছাড়া বাকি অপ্রতিসম সব কার্বন পরমাণুর ত্রিমাত্রিক গঠন (configuration) একরকম, তাদেরকে বলা হয় পরস্পরের এপিমার এবং যে বিক্রিয়ার সাহায্যে একটি এপিমারকে অন্যটিতে রূপান্তর করা যায় তাহাকে বলে এপিমারিজেসন।



I ও II এপিমার; III ও IV এপিমার।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার মাধ্যমে এপিমারিজেসন ঘটান যায়।



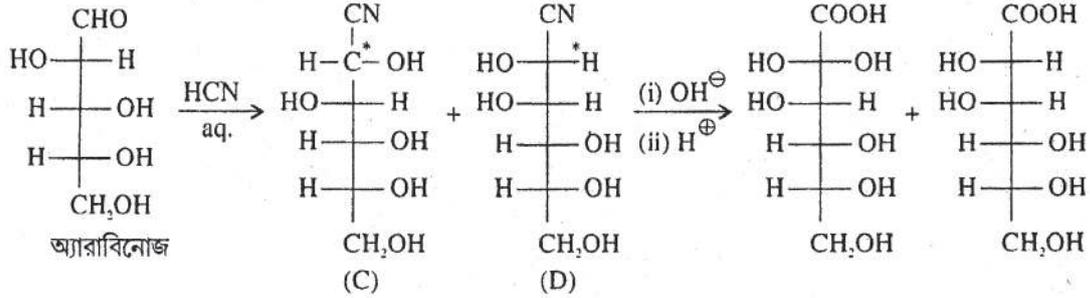
(A) ও (B) এপিমার এবং বিক্রিয়াটিকে বলা হয় এপিমারিজেসন।

[প্রশ্ন : “এপিমারগুলি পরস্পরের ডায়স্টিরিওমার কিন্তু ডায়স্টিরিওমার মানেই এপিমার নয়।” ব্যাখ্যা কর।]

## 5.4 অ্যালডোজ শ্রেণিভুক্ত যৌগগুলিকে পরবর্তী উচ্চতর বা অগ্রবর্তী নিম্নতর অ্যালডোজ বা কিটোজে পরিণত করা যায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে।

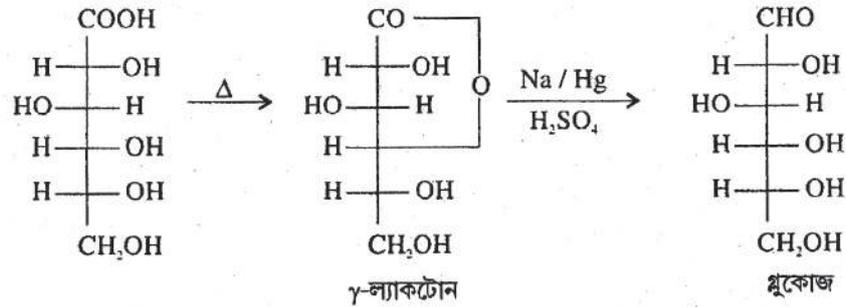
### 5.4.1 উচ্চতর অ্যালডোজ বা কিটো প্রস্তুতি।

(i) কিলিয়ানি বিক্রিয়া (Kiliani reaction)



C\* নতুন উৎপন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু।

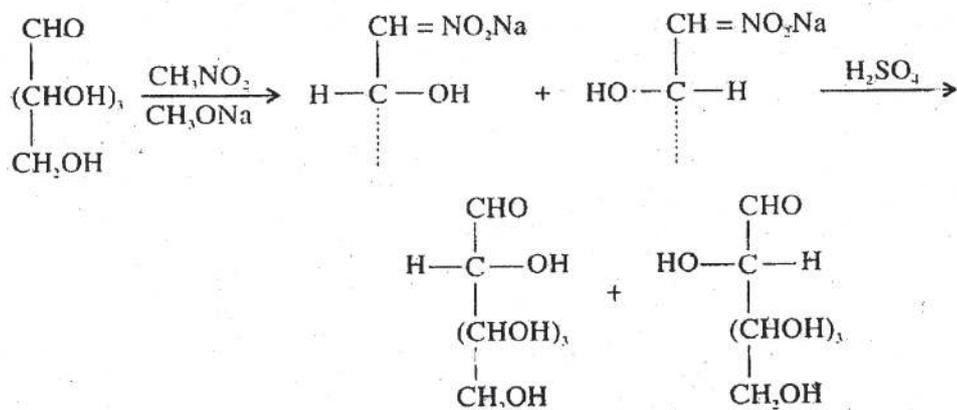
এখানে অম্লদুটিকে পৃথক করা হয় ব্যবহারিক সুবিধাজনিত কারণে



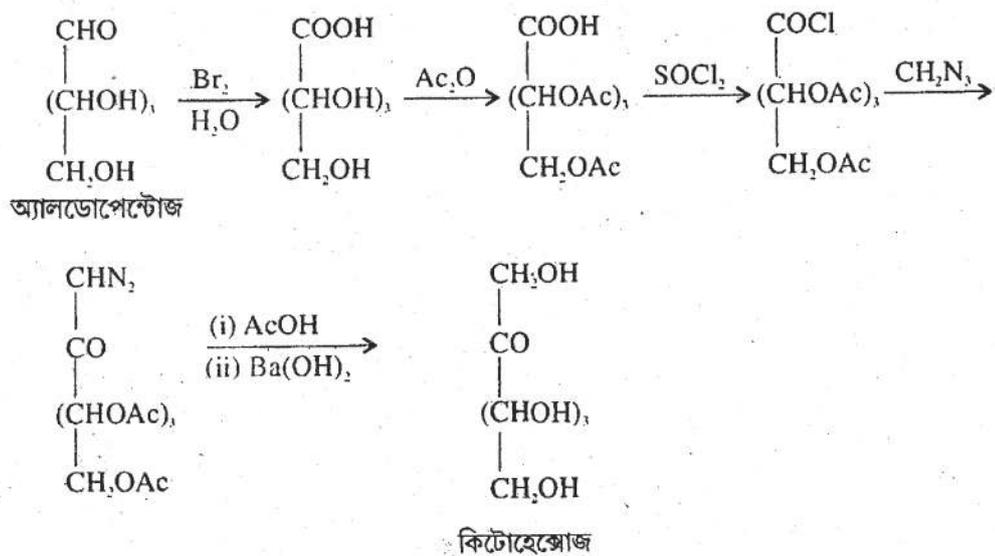
অনুরূপ অন্যটি থেকে ম্যানোজ (গ্লুকোজের এপিমার) উৎপন্ন হয়।

এখানে একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় লক্ষ্য করার আছে। উপরোক্ত সমীকরণ থেকে মনে হতে পারে দুটি সমাংশক বা এপিমারই সমান অনুপাতে উৎপন্ন হয়। আসলে মোটেই তা হয় না। কারণ প্রথম ধাপে যে দুটি সা্যানোহাইড্রিন দেখানো হয়েছে তার একটি অপরটির থেকে অনেক বেশি উৎপন্ন হয়। এখানে সা্যানোহাইড্রিন C ও D তে নতুন একটি অপ্রতিসম (Chiral) কার্বন পরমাণু সৃষ্টি হয়েছে। অ্যালডোপেন্টোজ অণুটিতে আগে থেকেই অপ্রতিসমতা উপস্থিত ছিল। ফলে CN<sup>⊖</sup> আয়ন যখন বিক্রিয়া শুরু করবে তখন অপ্রতিসম অংশ (যা আগে থেকে আছে) ঐ CN<sup>⊖</sup> কে বিশেষ একটি তল (diastereotopic face) থেকে আসতে বেশি অনুকূল অবস্থার সৃষ্টি করবে। ফলে দুটি সা্যানোহাইড্রিন এর মধ্যে একটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হবে। ফলস্বরূপ শেষ-ধাপে দুটি অ্যালডোহেক্সোজের মধ্যে একটি অনেক বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হবে।

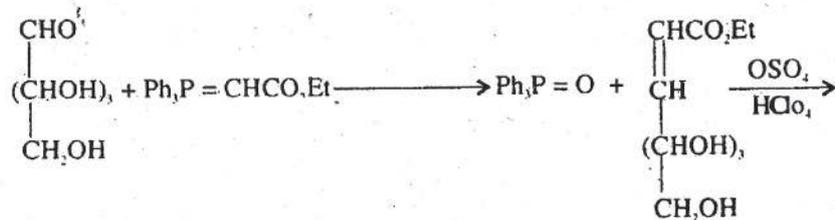
(ii) সোওডেন (Sowden et al) পদ্ধতি

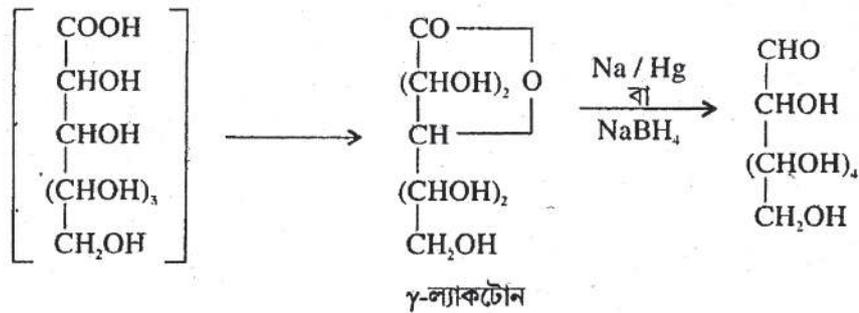


(iii) ভোলফ্রম (Wolfrom et al) পদ্ধতি



(iv) কোচেটকভ (Kochetkov et al) পদ্ধতি

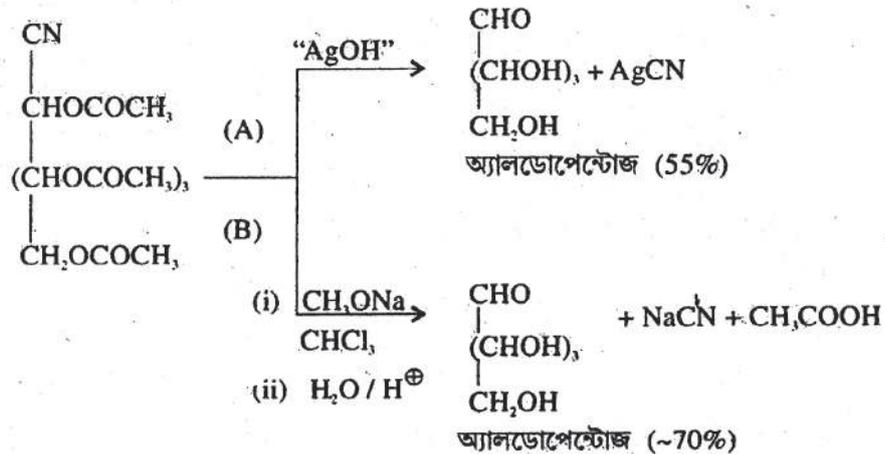
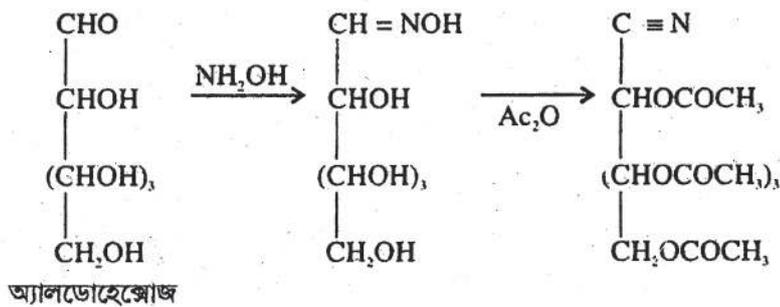




এই বিক্রিয়ায় দুটি কার্বন পরমাণু বৃদ্ধি পেয়েছে।

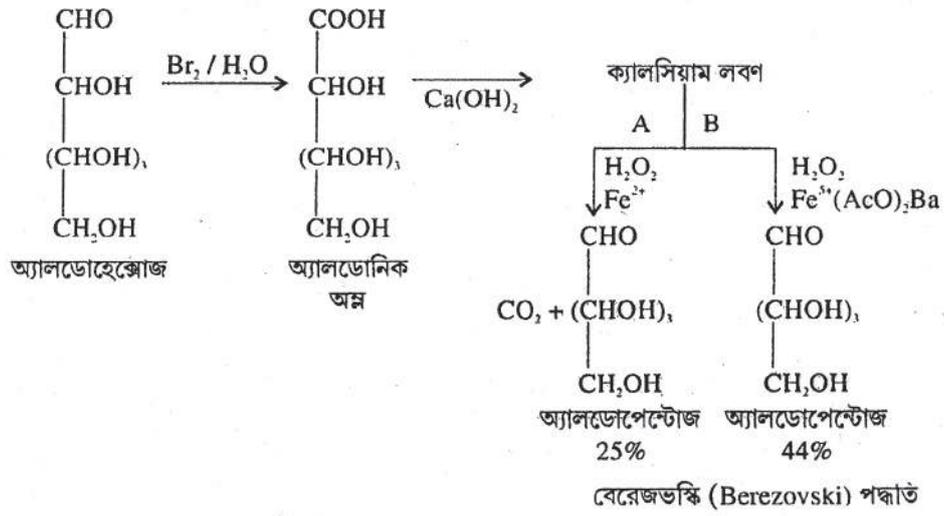
### 5.4.2 অগ্রবর্তী বা নিম্নতর অ্যালডোজ বা কিটোজ প্রস্তুতি

(i) ভোল (Wohl) পদ্ধতি

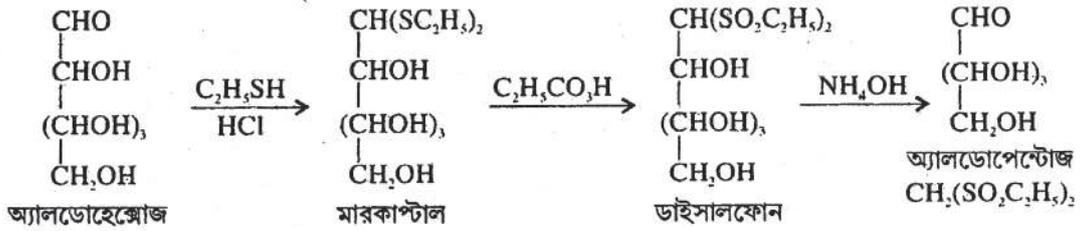


এখানে দ্বিতীয় (B) প্রকৃতিটিকে জেমপ্লেন (Zemplen) modification বলা হয়।

(ii) রাফ (Ruff) পদ্ধতি

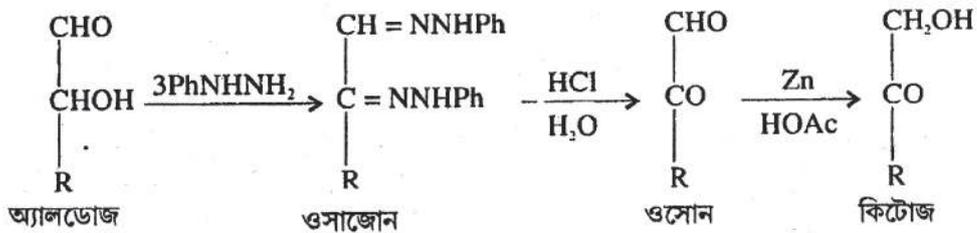


(iii) ম্যাকডোনাল্ড (Macdonald et al) পদ্ধতি

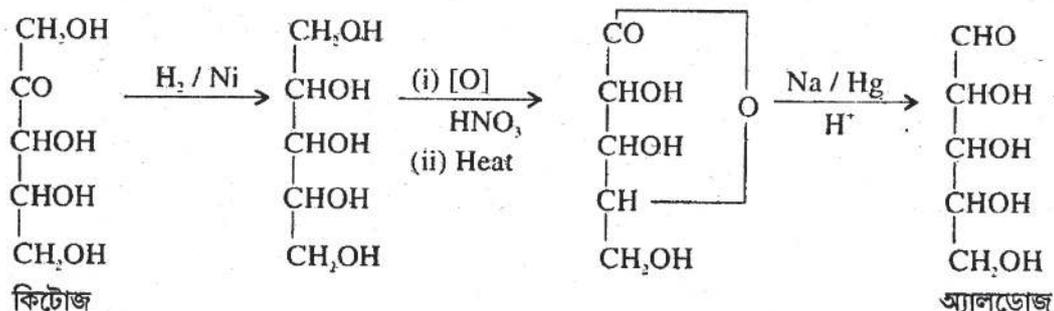


5.5 অ্যালডোজ এবং কিটোজ শ্রেণিভুক্ত যৌগগুলির পারস্পরিক রূপান্তর করা যায়। অর্থাৎ অ্যালডোজকে কিটোজে ও কিটোজকে অ্যালডোজে পরিণত করা সম্ভব।

5.5.1 অ্যালডোজ থেকে কিটোজে পরিবর্তন



### 5.5.2 কিটোজ থেকে অ্যালডোজে পরিবর্তন

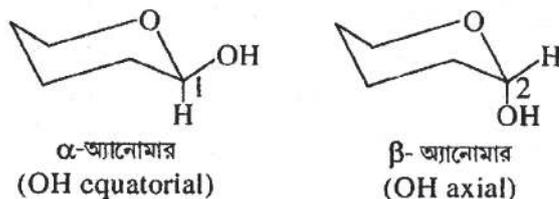


[প্রশ্ন : উপরোক্ত কিটোপেন্টোজ থেকে প্রকৃতপক্ষে দুটি অ্যালডোপেন্টোজ উৎপন্ন হয়। কীরূপে?]

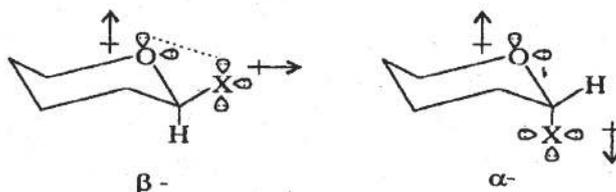
উ: ইঙ্গিত — বিজারণের সময় দুটি অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় (দুটি ডায়াস্টিরিওমার কারণ বিজারণের ফলে একটি নতুন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু সৃষ্টি হয়।)

### 5.6 অ্যানোমার জনিত প্রভাব (Anomeric effect)

আমরা মিউটারেটেশন আলোচনায় দেখেছি অ্যালডোপিরানোজ এর দুটি অতিরিক্ত সমাংশক (Isomer) (Anomer) আছে। একটি  $\alpha$ - ও অপরটি  $\beta$ - অ্যানোমার



এই ধরনের আণবিক গঠনে বড় group গুলি equatorial অবস্থানে থাকলে বেশি সুস্থিত হয়। কিন্তু উপরোক্ত গঠনে OH group এর বদলে যদি OMe, OAc বা Cl ইত্যাদি বড় group থাকে তবে ঐ গ্রুপ equatorial এর পরিবর্তে axial অবস্থান গঠন করে কারণ ঐ গঠনেই অণুর সুস্থিতি বেশি। ইহার কারণ অ্যানোমার জনিত প্রভাব (anomeric effect)। ইহার ব্যাখ্যা নিম্নরূপ—



উপরোক্ত  $\beta$ -অ্যানোমারে অ্যান্গ্লাইকোন অংশ X এর একজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন (lone pair of electron) ও পিরানোজ অক্সিজেনের একজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-এর পারস্পরিক ক্রিয়া (Interaction) প্রভাব যুক্ত হয় ফলে অণুটির সুস্থিতি কিছুটা বিঘ্নিত হয়। কিন্তু অ্যান্গ্লিয়াল সমাংশকে ( $\alpha$ -anomer) এই প্রভাব অনুপস্থিত (অধিক পারস্পরিক দূরত্ব হেতু)। ফলে অন্যান্য ক্ষেত্রে ইকোয়েটোরিয়াল সমাংশক বেশি সুস্থিত হলেও এক্ষেত্রে ইহার বিপরীত।

আবার আর একটি দৃষ্টিকোণ থেকে দেখলে এর ব্যাখ্যা হোল  $\beta$ -অ্যানোমারে অ্যাগ্রাইকোন অংশের ডাইপোল (dipole) ও পিরানোজ অক্সিজেনের ডাইপোল পারস্পরিক প্রভাবের দরুন (dipole-dipole interaction) অণুটির সুস্থিতিতে ব্যাঘাত ঘটায় যা  $\alpha$ -অ্যানোমারে, উহা বিপরীতমুখী হওয়ায়, কার্যকরী হয় না। ফলে  $\alpha$ -অ্যানোমার  $\beta$ -র চাইতে বেশি সুস্থিত।

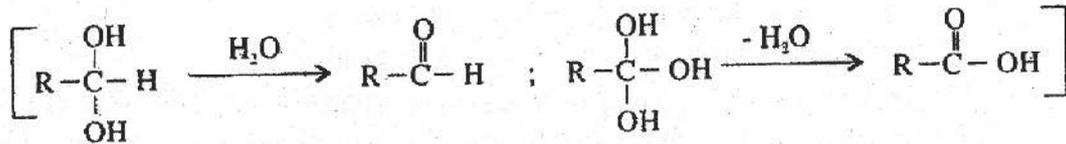
কিন্তু পোলার দ্রবণে এই প্রভাব নষ্ট হয়, যেমন জলীয় দ্রবণে এই প্রভাব কার্যকরী থাকে না ফলে  $\beta$ -অ্যানোমার (ইকোয়েটোরিয়াল conformer) স্বাভাবিক নিয়মে বেশি সুস্থিত ও বেশি পরিমাণে থাকে।

## 5.7 গ্লুকোজ : ধর্ম ও গঠন কাঠামো (Properties and Structure)

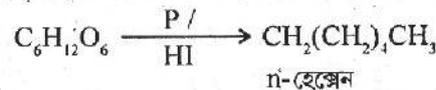
প্রকৃতিতে গ্লুকোজ বহুল পরিমাণে উপস্থিত এবং জৈব রসায়নে ইহার গুরুত্ব অত্যধিক। ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার অল্প মিষ্টি পদার্থ।  $D(+)$  - গ্লুকোজ এর গলনাঙ্ক  $146^\circ$ ।  $[\alpha]_D^{25} = +112^\circ$  জলে অত্যধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলীয় দ্রবণ রেখে দিলে  $[\alpha]_D$  এর মান ক্রমশ পরিবর্তিত হয়ে সাম্যাবস্থা (equilibrium) মান  $+52.5^\circ$  প্রাপ্ত হয়। গ্লুকোজের ধর্ম বিস্তারিত ভাবে আলোচিত হয়েছে (1.3.2 দ্রষ্টব্য)। এখানে আমরা এই অণুটির কাঠামো রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় কিভাবে স্থির করা হয়েছে তা আলোচনা করবো।

গ্লুকোজ অণুটিতে কী কী মৌলিক পদার্থ আছে, তাদের শতকরা অনুপাত (percentage composition) কত এবং ইহার আণবিক ওজন পরীক্ষানিরীক্ষার মাধ্যমে জানার পর গ্লুকোজের আণবিক সংকেত জানা গেছে  $C_6H_{12}O_6$ ।

অণুটিতে যেহেতু 6টি অক্সিজেন পরমাণু আছে তাই তাদের প্রকৃতি কী তা সবারকম পরীক্ষার পর জানা গেছে ও ওতে একটি অ্যালডিহাইড ও পাঁচটি হাইড্রক্সি গ্রুপ বর্তমান। যেহেতু গ্লুকোজ একটি সুস্থিত (stable) যৌগ, তাই ধারণা করা যায় যে ঐ পাঁচটি OH গ্রুপ পাঁচটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কারণ একাধিক OH গ্রুপ একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকলে উহা সুস্থিত হয় না—ভেঙে গিয়ে কার্বনিল যৌগ বা অল্প গঠন করে।



গ্লুকোজ ফসফরাস ও হাইড্রোআইয়োডিক অম্লের সাহায্যে বিজারিত করলে n-হেক্সেন গঠন করে।

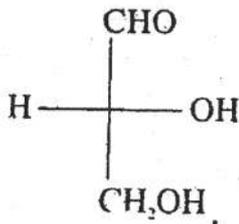


উপরোক্ত পরীক্ষাসমূহ প্রমাণ করে যে গ্লুকোজ একটি মুক্ত শৃঙ্খল (open chain) যৌগ এবং এর কাঠামো হবে  $CHO(C^*HOH)_4CH_2OH$  অর্থাৎ ইহা একটি অ্যালডোহেক্সোজ।

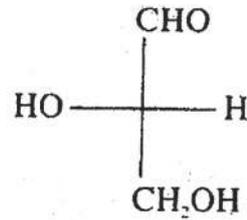
এই পর্যায়ে আমরা গ্লুকোজের ত্রৈমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামো (configurational structure) নির্ধারণকে দু'ভাগে বিচার করব। প্রথম ভাগে গ্লুকোজকে মুক্তশৃঙ্খল ধরে নিয়ে তার ত্রৈমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামো নির্ণয় করব। দ্বিতীয় ভাগে, যেহেতু গ্লুকোজ প্রকৃতপক্ষে একটি বৃত্তাকার (cyclic) অণু, তার আয়তন (size) ও বিশেষ আকৃতি (conformation) নির্ণয় আলোচনা করব।

গ্লুকোজের আণবিক সংকেতে দেখা যাচ্ছে তাতে চারটি অপ্রতিসম (chiral) কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং তার 2° অর্থাৎ 16টি সমাংশক (Isomer) সম্ভব। অর্থাৎ 8 জোড়া (প্রতিটি জোড়া একটি অপরটির দর্পণ-প্রতিবিম্ব mirror image) সমাংশক সম্ভব। প্রতিটিরই উপস্থিতি প্রমাণ করা গেছে এবং তাদের ত্রৈমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামো নির্ণয় করা হয়েছে। এই 8 জোড়ার মধ্যে এক জোড়া মাত্র গ্লুকোজ [D(+)- ও L(-)-]।

প্রথমাংশে গ্লুকোজের ত্রৈমাত্রিক কাঠামো নির্ণয়ে গ্লিসারঅ্যালডিহাইড ত্রৈমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামোর সঙ্গে সম্পর্কযুক্ত করা হয়। গ্লিসারঅ্যালডিহাইডে একটিমাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে এবং তা একটি অ্যালডোট্রায়োজ। সুতরাং তার দুইটি সমাংশক (isomer) আছে। যারা একটি অপরটির দর্পণ প্রতিবিম্ব অর্থাৎ ইনানসিওমার (enantiomer)। এদের ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত (Fischer Projection Formula) হল—

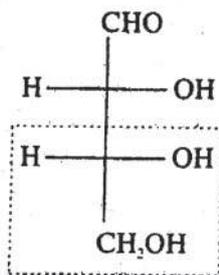


D(+)-গ্লিসারঅ্যালডিহাইড

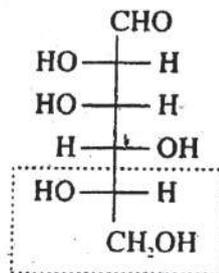


L(-)-গ্লিসারঅ্যালডিহাইড

এখানে যে সমাংশকটি দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) অর্থাৎ (+) চিহ্ন দ্বারা নির্দিষ্ট তার OH গ্রুপটি ডান দিকে ও যেটি বামাবর্তী (laevorotatory) তার OH গ্রুপটি বামদিকে আছে। প্রথমটির ত্রৈমাত্রিক বিন্যাসগত কাঠামো D-ও দ্বিতীয়টির L-র দ্বারা নির্দেশিত হয়। এখানে মনে রাখতে হবে D এবং L এর সঙ্গে (+) বা (-) এর কোন সম্পর্ক নেই। D এবং L নামের আগে লেখা একটি স্বীকৃত রীতি (convention) যার সাহায্যে যোগের ত্রৈমাত্রিক বিন্যাস নির্দেশিত করা হয়। তাই D(-)- ও L(+)- ও হতে পারে। যেমন D(-)- গ্লিসারিক অম্ল। এখন এই D-গ্লিসারঅ্যালডিহাইডকে একটি আদর্শ (Standard) অণু ধরে নিয়ে অন্য কোন অণুর শেষ অপ্রতিসম পরমাণুর সঙ্গে ফিশার সংকেতে OH গ্রুপ ডান দিকে থাকলে তাকে D-এর বাম দিকে থাকলে L-বলা হয়, যেমন D-এরিথ্রোজ, L-গ্লুকোজ ইত্যাদি।



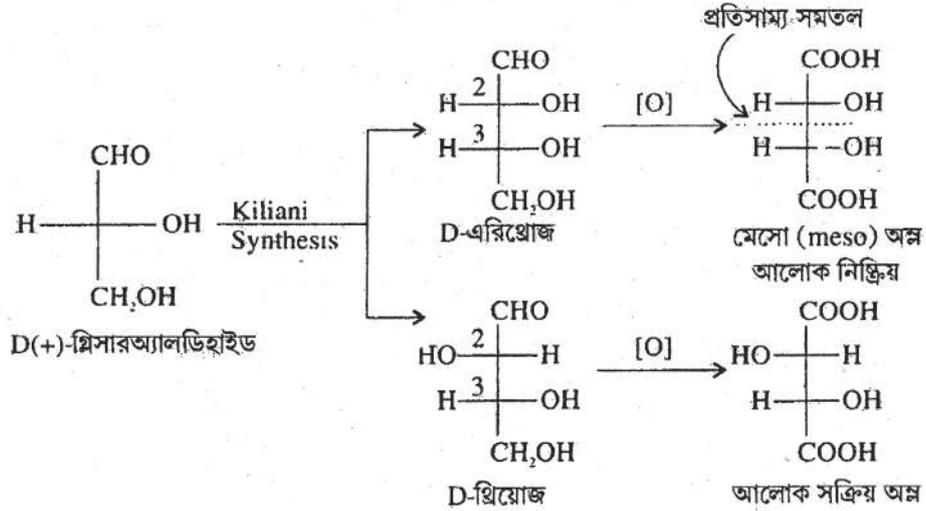
D-এরিথ্রোজ



L-গ্লুকোজ

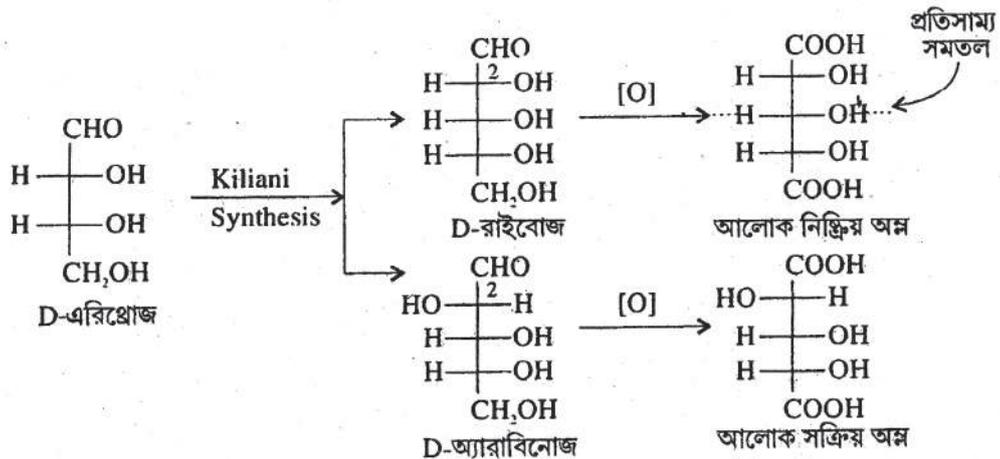
এই গ্লিসারঅ্যালডিহাইড (অ্যালডোট্রায়োজ) কে একটি সম্পর্কমূলক (reference) অণু হিসাবে গণ্য করে কিলিয়ানি পদ্ধতিতে পরপর অ্যালডোটেট্রোজ, অ্যালডোপেন্টোজ ও অ্যালডোহেক্সোজ তৈরি করে সহজেই গ্লুকোজ অণু কোনটি (পূর্বোক্ত 8 জোড়া অণুর মধ্যে) ও তার কাঠামো নির্ণয় করা যায়।

অ্যালডোটেট্রোজ (Aldotetrose)



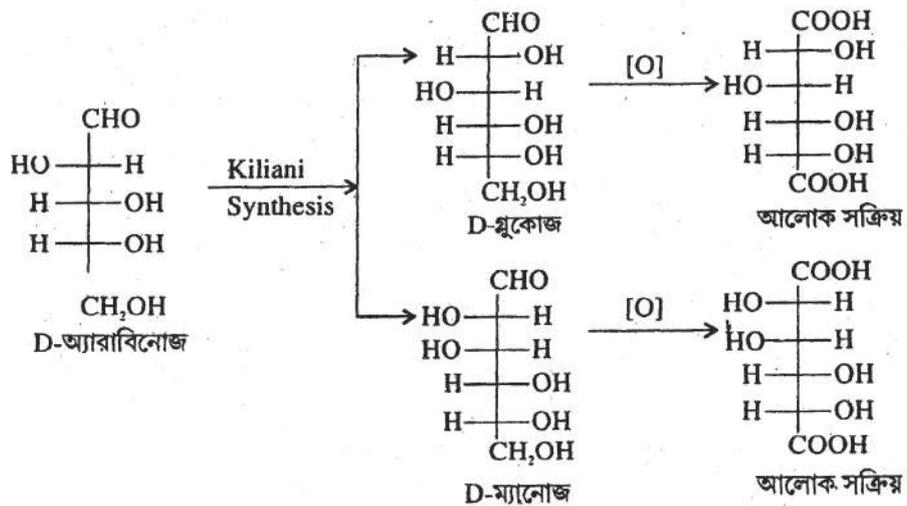
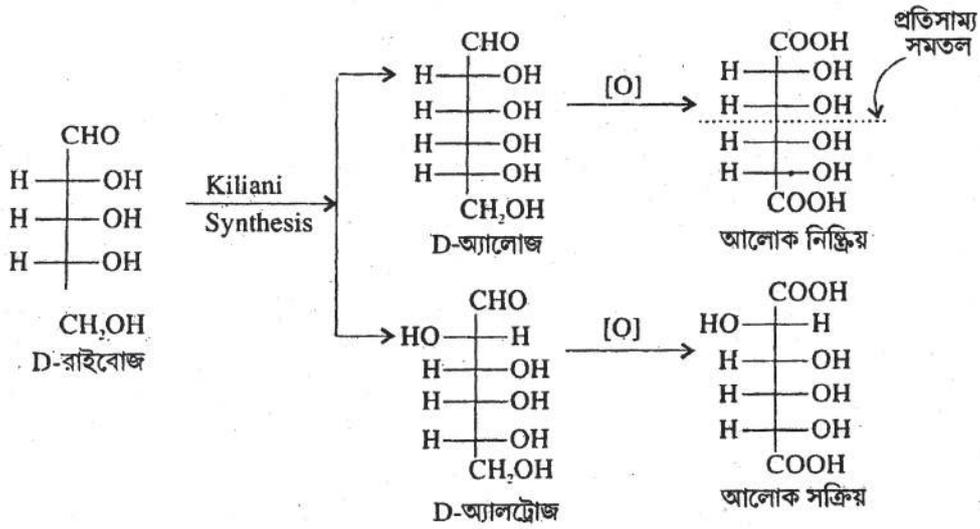
D-গ্লিসারঅ্যালডিহাইড থেকে কিলিয়ানি পদ্ধতিতে দুটি টেট্রোজ উৎপন্ন হয়। একটি D-এরিথ্রোজ ও অপরটি D-থ্রियोজ। কিন্তু কোনটি এরিথ্রোজ ও কোনটি থ্রियोজ জানা যাবে কী করে? জানা আছে এরিথ্রোজকে  $\text{NHO}_3$ -এর সাহায্যে জারিত করলে যে অ্যালডারিক অম্ল উৎপন্ন হবে তা আলোক নিষ্ক্রিয় কারণ উহা একটি মেসো যৌগ (প্রতিসাম্য সমতল—Plane of symmetry আছে)। অপরটি থেকে যে অম্ল উৎপন্ন হবে তা আলোক-সক্রিয়। হেভাবে উৎপন্ন যৌগ দুটিকে পৃথক করে তাদের জারণের মাধ্যমে যে অম্ল দুটি উৎপন্ন হবে তাদের আলোক সক্রিয়তা মাপলেই বোঝা যাবে কোনটি কী। এবং সেই সঙ্গে উৎপন্ন যৌগ দুটির  $\text{C}_2$  পরমণুর OH গ্রুপ কোন দিকে তাও জানা যাবে।

এরপর D-এরিথ্রোজ ও D থ্রিয়োজকে আলাদা আলাদা ভাবে একই রকম দুটি বিক্রিয়া ঘটালে দু'জোড়া অম্ল পাওয়া যাবে যেগুলির আলোক সক্রিয়তা মেপে বোঝা যাবে কোনটি কী।

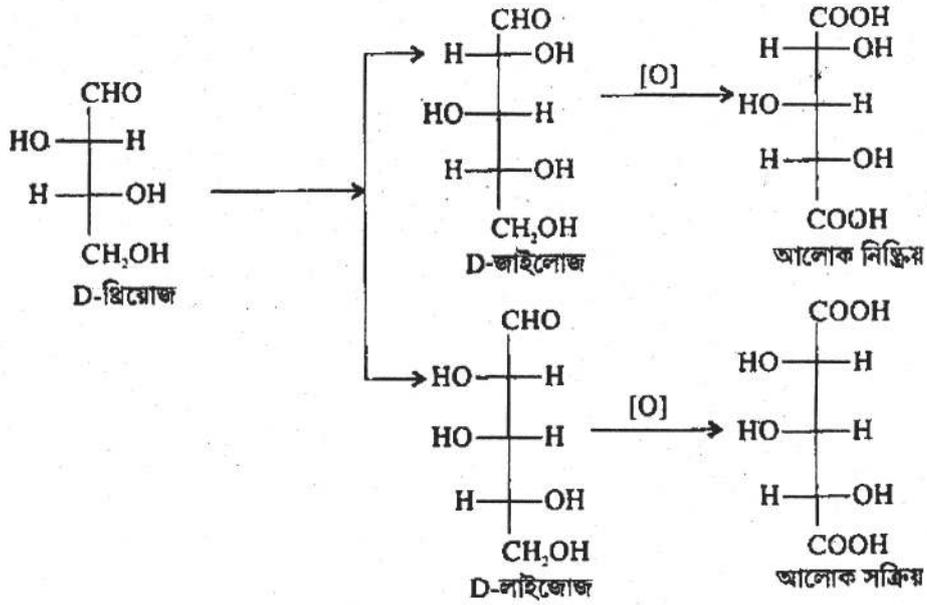


উপরোক্ত বিক্রিয়ায় যে অ্যালডোপেন্টোজটি আলোক নিষ্ক্রিয় অম্ল দেবে সেটি D-রাইবোজ ও যেটি আলোক সক্রিয় অম্ল দেবে সেটি D-অ্যারাবিনোজ। অর্থাৎ D-রাইবোজে C<sub>2</sub>-OH ডানদিকে ও D-অ্যারাবিনোজে C<sub>2</sub>-OH বাম দিকে অবস্থিত।

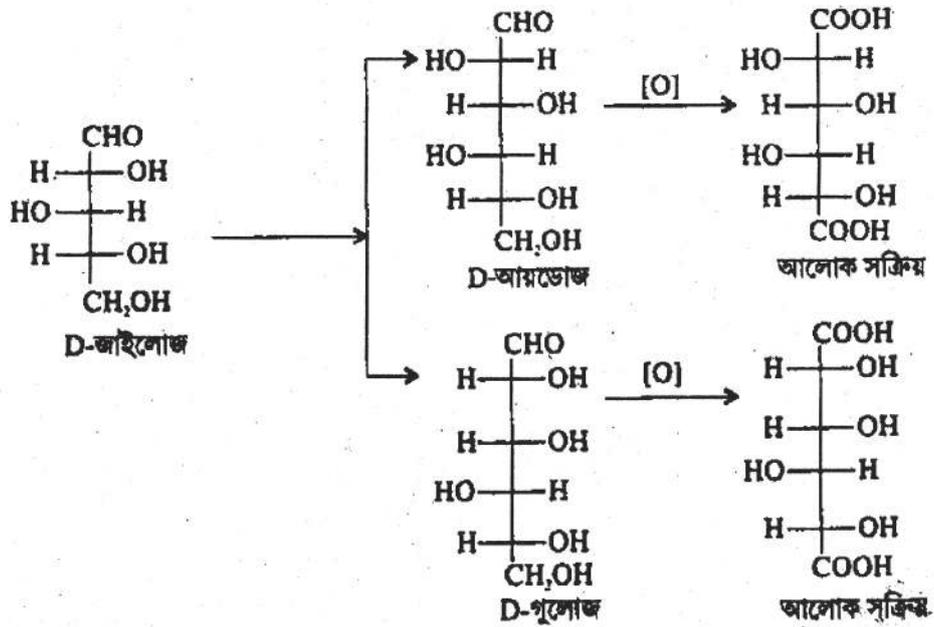
অনুরূপে D-থ্রियोজ থেকেও দুটি অম্ল পাওয়া যাবে যাদের গঠন একইভাবে নির্ণয় করা যাবে।



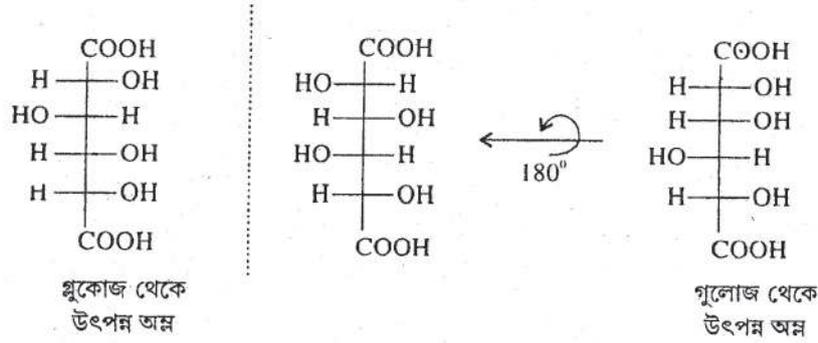
অ্যারাবিনোজ থেকে যে দুটি অ্যালডোহেক্সোজ পাওয়া যায় তার একটি গ্লুকোজ ও অপরটি ম্যানোজ। এই দুটো থেকে জারণের ফলে যে অম্ল দুটো পাওয়া যায় সে দুটোই আলোক সক্রিয়, তাই শুধু আলোক সক্রিয়তা মাপার সাহায্যে কোনটি কী নির্ধারণ করা যাবে না। এর সমাধানের জন্য আমরা ফিরে যাই D-থ্রियोজএ।



উপরোক্ত সংকেত থেকে পরিষ্কার যে যেটি আলোক নিষ্ক্রিয় দ্বিস্থায়ী অম্ল গঠন করবে সেটি D-জাইলোজ এবং অপরটি D-লাইজোজ

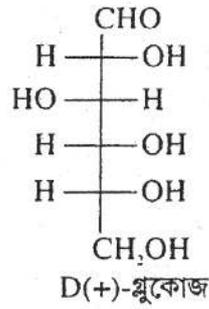


এখানে যে দুটি অ্যালডোহেক্সোজ উৎপন্ন হয়েছে তার মধ্যে একটি (D-গ্লুকোজ) বিশেষ ভাবে লক্ষণীয়। এটি জারণের ফলে যে অম্ল উৎপন্ন হয় সেটি এবং D-থ্রুকোজ থেকে উৎপন্ন অম্ল পরস্পরের ইনানসিওমার।



সুতরাং সিদ্ধান্ত করা যায় যে গ্লুকোজ ও গুলোজের প্রান্তিক গ্রুপ দুইটি বাদ দিলে মাবের অংশটুকুর গঠন একইরকম। তাহলে একরকম নিশ্চিত হওয়া যায় যে D-অ্যারাবিনোজ থেকে যে দুটি অ্যালডোহেক্সোজ পাওয়া যায় তার প্রথমটি D-গ্লুকোজ।

সুতরাং, মুক্ত শৃঙ্খল D(+) - গ্লুকোজের গঠনাকৃতি লেখা যায়

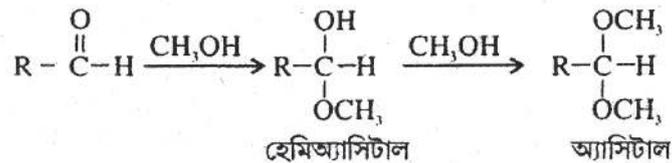


### 5.7.1 গ্লুকোজের বদ্ধ শৃঙ্খল (ring) গঠন ও বিন্যাসগত (configurational) গঠন

পূর্বোক্ত আলোচনায় সিদ্ধান্ত করা গেছে যে গ্লুকোজ একটি মুক্ত শৃঙ্খল (open chain) অণু। কিন্তু সেখানে কিছু কিছু ক্রটি থেকে গেছে, যেগুলিকে গণ্য করলে নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হয় যে, গ্লুকোজ একটি বদ্ধ শৃঙ্খল (cyclic বা ring) অণু। নিম্নলিখিত পর্যবেক্ষণগুলি ইহার প্রমাণ।

(i) গ্লুকোজ অ্যালডিহাইডের অনেক বিক্রিয়া দিলেও সব বিক্রিয়া, বিশেষত যেগুলি খুবই সুবেদী (sensitive) দেয় না—যেমন এটি বাইসালফাইট ও অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুক্ত যৌগ গঠন করে না, শিষ্ণু বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় না।

(ii) গ্লুকোজ যুক্ত শৃঙ্খল হলে অ্যালডিহাইড গ্রুপ যুক্ত অবস্থায় থাকার কথা। তা হলে অ্যাসিটাল উৎপন্ন করার জন্য মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল দুই অণু দরকার হওয়া উচিত। কিন্তু মাত্র এক অণু লাগে।

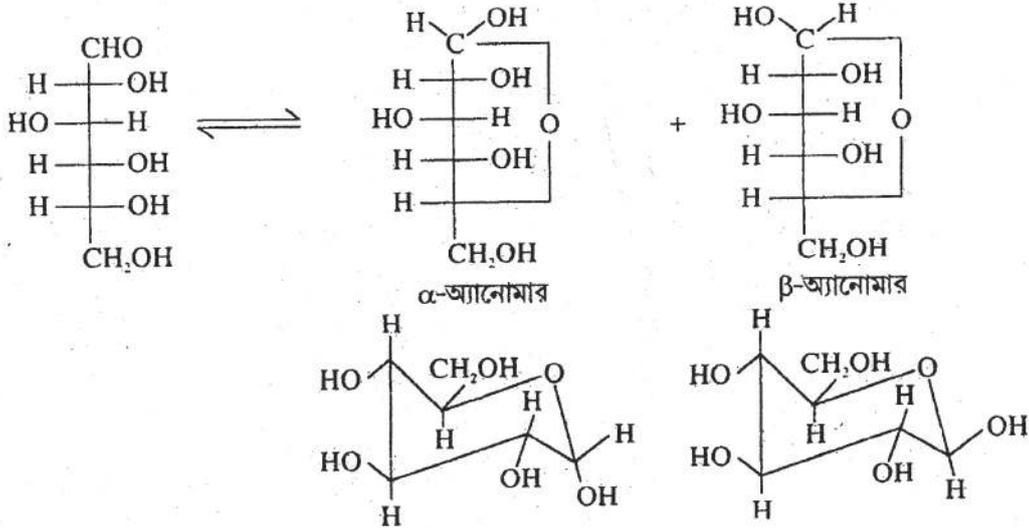


(iii) গ্লুকোজের মিউটারোটেশন হয় (1.2.3 ix দ্রষ্টব্য)।

(iv) গ্লুকোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট অক্সিম গঠন করে না।

(v) বিশ্লেষণ সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণ করে যে গ্লুকোজ বদ্ধ শৃঙ্খল (ring) অণু।

এইসব ব্যতিক্রমী ব্যাপারগুলোর একমাত্র ব্যাখ্যা হলো গ্লুকোজের অ্যালডিহাইড গ্রুপ তার পাঁচটি OH গ্রুপের একটির সাথে বিক্রিয়া ঘটায় (Intramolecular reaction) ফলে একটি হেমি অ্যাসিটাল উৎপন্ন হয় অর্থাৎ গ্লুকোজ নিজেই হেমি অ্যাসিটাল অবস্থায় তাকে যার জন্য অ্যাসিটাল উৎপন্ন করার জন্য। অমু মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল লাগে। এই হেমিঅ্যাসিটাল গঠনের ফলে অ্যালডিহাইড গ্রুপের কার্বন পরমাণু অপ্রতিসম পরমাণুতে পরিণত হয়, ফলে আরও দুটি সমাংশকের সৃষ্টি হয় যাদের  $\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমার বলা হয়। পরবর্তী প্রশ্ন—তা হলে কোন কার্বনের OH গ্রুপ CHO গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। এক্ষেত্রে সহজেই অনুমেয় যা প্রমাণিত হয়েছে যে C<sub>5</sub> এর OH এর সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে 6 পরমাণু বিশিষ্ট একটি শৃঙ্খল (ring) গঠন করে, কারণ সেটিই প্রাকৃতিক নিয়মে সর্বাধিক স্থিতিশীল। তবে 5 পরমাণু বিশিষ্ট শৃঙ্খলেরও উপস্থিতি প্রমাণ করা গেছে। যদিও তার অনুপাতগত পরিমাণ অনেক কম।

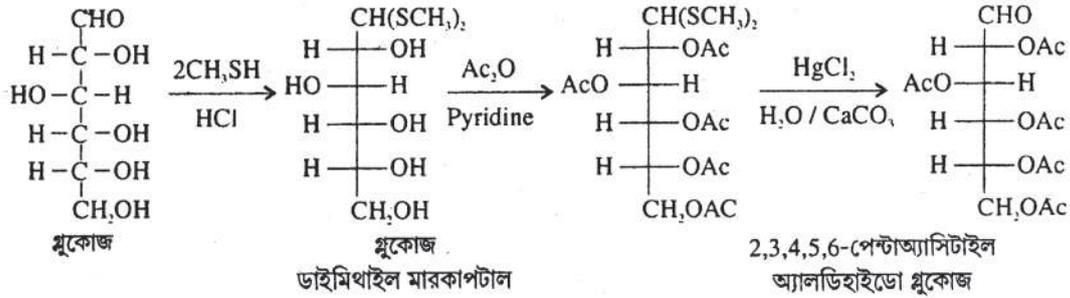


এই ring অণু হওয়ার জন্য গ্লুকোজ মিউটারোটেশন দেখায়, যে ক্ষেত্রে যে কোনো একটি সমাংশক জলীয় দ্রবণে প্রথমে শৃঙ্খল খুলে যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে আবার ring গঠন করে, যখন দুটি ( $\alpha$ - ও  $\beta$ -) সমাংশকই গঠিত হয় বিভিন্ন অনুপাতে। ফলে জলীয় দ্রবণে গ্লুকোজ সাম্যাবস্থায়  $\alpha$ - ও  $\beta$ - পিরানোজ, স্বল্প পরিমাণ মুক্ত শৃঙ্খল অ্যালডোহেক্সোজ ও খুব অল্প পরিমাণ  $\alpha$ - ও  $\beta$ - ফিউরানোজের মিশ্রণ হিসাবে থাকে (NMR বিশ্লেষণের মাধ্যমে জানা গেছে যে গ্লুকোজের কোন ফিউরানোজ গঠন নেই)।

[প্রশ্ন : মুক্ত অ্যালডিহাইড গ্রুপ বিশিষ্ট গ্লুকোজের কোন অণু সম্ভব কি?]

উ. : সম্ভব। দেখা গেছে মিথাইল মারকাপটাল ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ) এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ অণু দুই মোল  $\text{CH}_3\text{SH}$  এর সাথে বিক্রিয়া ঘটায় ও ডাই মিথাইল মারকাপটাল তৈরি করে, যেখানে মিথানলের সাথে বিক্রিয়ায়

1 মোল মিথানল লাগেও পূর্ণ অ্যাসিটাল উৎপন্ন করে। ঐ ডাইমিথাইল মারকাপটালকে অ্যাসিটাইলেশন করে মারকিউরিক ক্লোরাইড-এর জলীয় দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া ঘটালে 2,3,4,5,6,-পেন্টাঅ্যাসিটাইল, অ্যালডিহাইডো গ্লুকোজ উৎপন্ন করে।

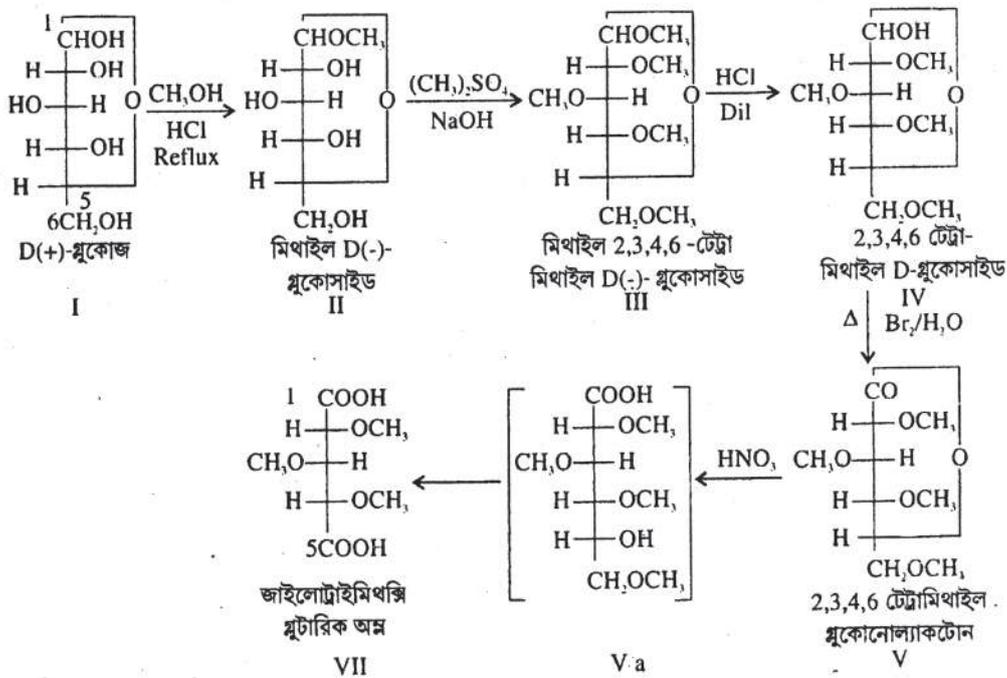


(vi) বদ্ধ শৃঙ্খল গ্লুকোজ অণুর আয়তন (size) :

যদিও আগে বলা হয়েছে গ্লুকোজ অণু 6 পরিমাণ বিশিষ্ট বদ্ধ শৃঙ্খল গঠন করে কারণ উহাই সর্বাধিক স্থিতিশীল, প্রমাণ ছাড়া ইহা সর্বজনগ্রাহ্য নয়।

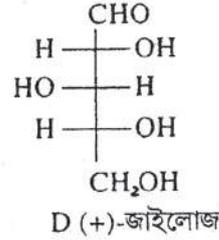
প্রধানত দুই রকম রাসায়নিক পদ্ধতি প্রয়োগে গ্লুকোজ অণুর আয়তন নির্ণয় করা হয়েছে।

(a) হাওয়ার্থ ও হিয়ারস্ট (Haworth & Hirst) পদ্ধতি :



পূর্বোক্ত বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করলে সহজেই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে গ্লুকোজের আয়তন যেমন লেখা হয়েছে তেমন, অর্থাৎ এটি 6 পরমাণু বিশিষ্ট একটি বদ্ধ শৃঙ্খল অণু যাকে ৪-অক্সাইড বা অ্যামাইলিন অক্সাইড বদ্ধ শৃঙ্খল অণুও বলা হয়।

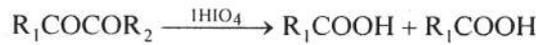
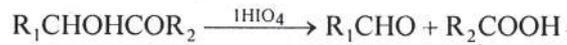
এখানে শেষোক্ত যৌগটি (VI) কে জাইলোট্রাইমিথক্সি গ্লুটারিক অম্ল বলা হয়েছে কারণ এটি জাইলোজ থেকেও পাওয়া যায় বা বলা যায় জাইলোজ থেকে উৎপন্ন (জাইলোজের মেথিলেশন ও জারম-এর সাহায্যে) যৌগ ও গ্লুকোজ থেকে উৎপন্ন যৌগ VI অভিন্ন। জাইলোজের গঠন জানা আছে যা নিম্নরূপ।



সুতরাং বলা যায় গ্লুকোজের C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> এর OH গ্রুপগুলিও একইভাবে বিন্যস্ত। এখানে বিশেষভাবে লক্ষণীয় যে VI অম্লের দ্বিতীয় COOH গ্রুপ (C<sub>5</sub>) সৃষ্টি হতে পারে। ওখানে অ্যালকোহল গ্রুপ উৎপন্ন হলে যা হতে পারে, যে অক্সাইড Ringটি আছে তা C<sub>1</sub> ও C<sub>5</sub> কার্বন পরমাণুকে যুক্ত করলে, তা হলেই Va অণুকে যেমন দেখানো আছে C<sub>5</sub> ও C<sub>6</sub> কার্বন পরমাণুর বন্ধনি ভেঙে গিয়ে C<sub>5</sub> - OH জারণের ফলে COOH উৎপন্ন করে। এখানে মনে রাখা প্রয়োজন যে, যে সব বিক্রিয়া প্রয়োগ করা হয়েছে, তার ফলে কোথাও অণুর বদ্ধ শৃঙ্খল আয়তনের কোন পরিবর্তন হয়নি এই ব্যাপারটি ধরে নেওয়া হয়েছে।

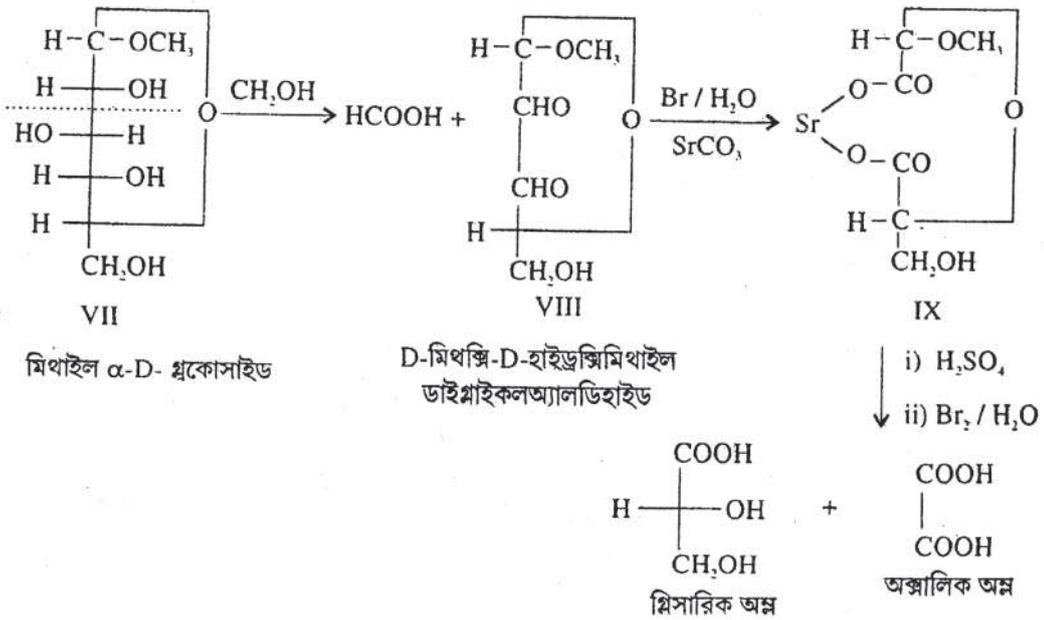
#### (b) জারণ পদ্ধতি (oxidation method)

এই পদ্ধতিতে প্রধান বিকারক হিসাবে ব্যবহার করা হয় পার আয়োডিক অম্ল (HIO<sub>4</sub>)। এই অম্ল 1, 2-গ্লাইকনকে বিশ্লেষিত করতে পারে। এছাড়াও নিম্ন ধরনের যৌগকে বিশ্লেষিত করতে পারে এবং উৎপন্ন যৌগগুলিকে পরীক্ষার দ্বারা চিহ্নিত করে যৌগকে শনাক্ত করা যায়।



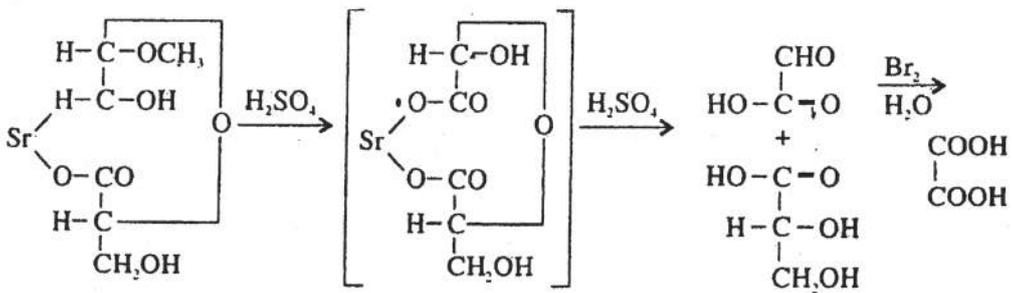
$\text{HOCH}_2\text{CHOHCHOHCHOHCHO} \xrightarrow{4\text{HIO}_4} \text{HCO}_3 + 4\text{HCOOH}$ , ইত্যাদি অর্থাৎ প্রতি এক জোড়া পরস্পরযুক্ত CHOH বা CO গ্রুপের জন্য 1 অণু HIO<sub>4</sub> লাগে। সুতরাং কয় অণু HIO<sub>4</sub> ব্যবহৃত হল তার থেকে কতগুলি CHOH বা CO গ্রুপ পরস্পর যুক্ত আছে তা নির্ণয় করা যায়। এখন দেখা যাক এই HIO<sub>4</sub> আমরা কীভাবে কাজে লাগাতে পারি।

প্রথমে D-গ্লুকোজকে মিথাইল গ্লুকোসাইডে পরিণত করে HIO<sub>4</sub> দ্বারা বিক্রিয়া ঘটানো হয়। তারপর পরপর নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি ঘটান হয় ও উৎপন্ন যৌগগুলিকে শনাক্ত করা হয়।

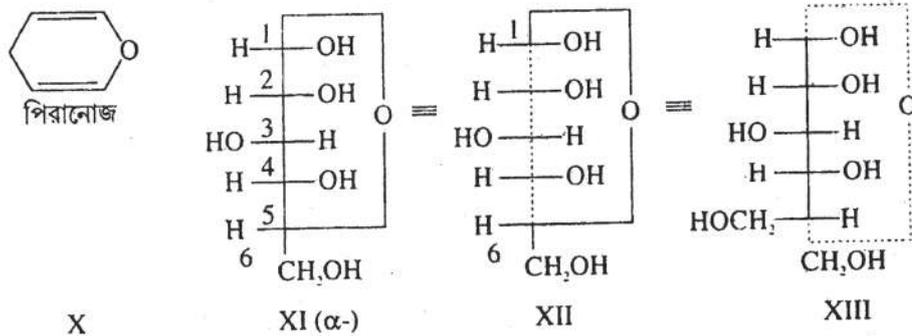


এখানে প্রথম ধাপে 2 অণু  $\text{HIO}_4$  লেগেছে ও এক অণু ফরমিক অম্ল উৎপন্ন হয়েছে, যা প্রমাণ করে যে অণু VII এ পরপর তিনটি  $\text{CHOH}$  গ্রুপ যুক্ত আছে। এখানে বিশেষভাবে লক্ষণীয় মিথাইল গ্লুকোসাইড ব্যবহার করা হয়েছে কারণ  $\text{HIO}_4$  এর প্রভাবে অ্যাসিটাল বন্ধন ভেঙে যায় না। মিথাইল গ্লুকোসাইড না নিয়ে যদি সরাসরি গ্লুকোজ নেওয়া হতো তা হলে ঐ বন্ধন ভেঙে যেত ফলে Ring আয়তন নির্ধারণ করা সম্ভব হত না।

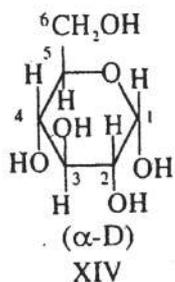
শেষ ধাপে  $\text{HIO}_4$  এর প্রভাবে মিথাইল গ্লাইকোসাইড ভেঙে গিয়ে মুক্ত অ্যালডিহাইড গ্রুপ উৎপন্ন হয় যা  $\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$  এর সাহায্যে জারিত হয়ে  $\text{COOH}$  গ্রুপে পরিণত হয়, ফলে অক্সালিক অম্ল ও গ্লিসারিক অম্ল দুটি অণু উৎপন্ন হয়।



এই বিক্রিয়াগুলি পরিষ্কারভাবে প্রমাণ করে যে গ্লুকোজে Ring এর আয়তন 6 পরমাণু বিশিষ্ট, যার মধ্যে পাঁচটি কার্বন ও একটি অক্সিজেন অর্থাৎ পিরানোজের মত।



গ্লুকোজের পিরানোজ সংকেত অবলম্বনে ফিশার অভিক্ষেপণ (Fischer projection) সংকেত অনুযায়ী আঁকলে সংকেত XI এর মত হবে। XI কে টেট্রাহেড্রন সংকেত অনুযায়ী লিখলে XII এবং XII কে R, S configuration এর নিয়ম অনুযায়ী ঘুরিয়ে লিখলে হবে XIII। IV কে পিরানোজ Ring আকারে লিখলে হবে XIV। এই XIV সংকেতে অক্সাইড Ring কাগজের সঙ্গে লম্ব (Perpendicular) তলে অবস্থান করে এবং অন্যান্য বন্ধন (Bond) গুলি সমান্তরাল তলে অবস্থান করে।



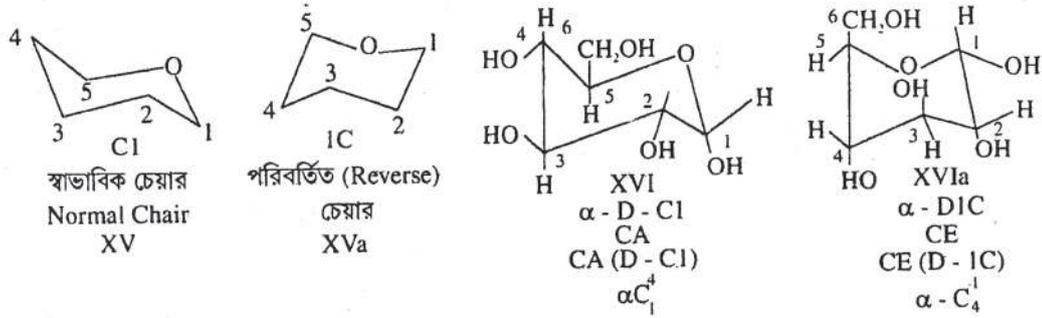
এই গঠনাকৃতিকে পরিপ্রেক্ষিত (Perspective) গঠনাকৃতি বলে।

রীতি অনুযায়ী C<sub>1</sub> পরমাণু ডানদিকে যেমন লেখা হয়েছে তেমনই লেখা হয়। ফিশার সংকেতে ডানদিকের গ্রুপগুলি নীচে এবং বাম দিকের গুলি উপরে লেখা হয়।

[প্রশ্ন : α - L গ্লুকোজের অণুর গঠন কেমন হবে লেখ।]

### 5.7.2 গ্লুকোজের বিশেষ ত্রৈমাত্রিক গঠন (Conformation)

গ্লুকোজের উপরোক্ত ষড়ভুজাকৃতি গঠন XIV প্রকৃতপক্ষে তার সঠিক আকৃতি নয়। যেহেতু 6টি পরমাণু আছে (5টি C ও 1টি O) তাই এর আসল স্থিতিশীল আকৃতি চেয়ারের মত (যেমন সাইক্লো হেক্সেনের ক্ষেত্রে)। 1টি অক্সিজেন পরমাণু থাকার জন্য গঠনের সামান্য বিকৃতি ঘটে, কিন্তু তাতে গঠনের স্থিতিশীলতা বা আকৃতির তেমন কিছু পরিবর্তন হয় না। এই চেয়ার দুই প্রকারের।



XVI ও XVIa ছবির ব্যাখ্যা

$\alpha$  → অর্থাৎ  $\alpha$ -অ্যানোমার

D → D শ্রেণির অ্যালডোহেক্সোজ

C1 → স্বাভাবিক (Normal) চেয়ার

A → অ্যানোমার OH অ্যাক্সিয়াল

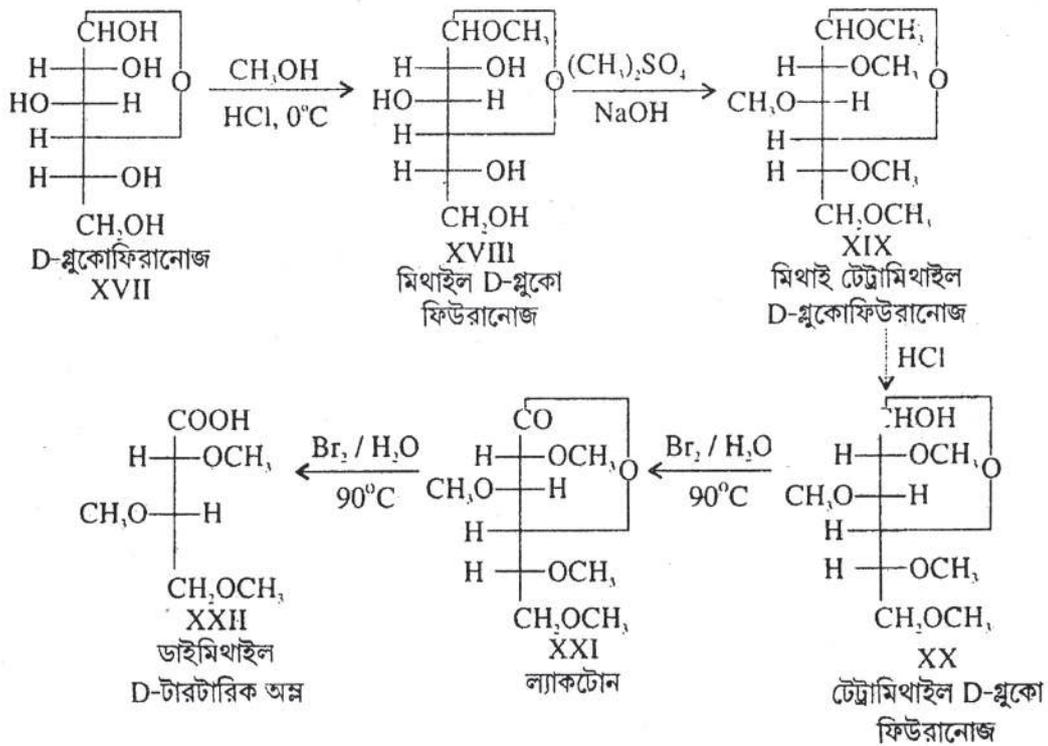
E → অ্যানোমার OH ইকোয়েটোরিয়াল

IC → পরিবর্তিত (Reverse) চেয়ার

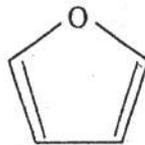
$\alpha - C_4^1$  →  $\alpha$ - অ্যানোমারের চেয়ার গঠনে C<sub>1</sub> কার্বন O, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ও C<sub>5</sub> যে তলে আছে তার নিম্নতলে C<sub>4</sub> কার্বন তার উপরিতলে অবস্থান করে।  $\alpha - C_4^1$  এর ব্যাখ্যা একইরকম কিন্তু বিপরীত।

### 5.7.3 গ্লুকোজের ফিউরানোজ গঠন

পূর্বোক্ত আলোচনায় জানা গেল গ্লুকোজ ষড়ভুজাকৃতি অর্থাৎ এটি একটি অ্যালডোহেক্সোপিরানোজ। এই আলোচনায় যে অংশটি চিহ্নিত করা প্রয়োজন তা হল গ্লুকোজ থেকে মিথাইল গ্লুকোসাইড তৈরি করা। এই পদ্ধতিতে CH<sub>3</sub>OH ও খুব অল্প পরিমাণ HCl এর উপস্থিতিতে গ্লুকোজকে Reflux অল্প মাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়েছে এবং একটি স্ফটিকাকার মিথাইল গ্লুকোসাইড II উৎপন্ন হয়েছে। কিন্তু ঐ একই বিক্রিয়াকে Reflux তাপমাত্রায় বদলে 0°C তাপমাত্রায় রেখে দিলে একটি সিরাপের মত পদার্থ পাওয়া যায় যার থেকে একটি পদার্থ করা গেছে যা রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় প্রমাণ করা গেছে যে এটি একটি  $\gamma$ -অক্সাইড Ring অর্থাৎ একটি পঞ্চভুজাকৃতি অণু।

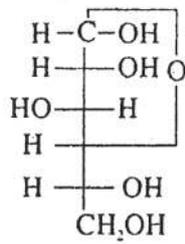


যেহেতু শেষ ধাপে ডাইমিথাইল-D-টারটারিক অম্ল উৎপন্ন হয়, তাহলে আগের XXI নং যৌগ যে Ring তাহা পঞ্চভুজাকৃতি হতে বাধ্য। এইভাবে বিক্রিয়াগুলি বিপরীত মুখে অনুসরণ করলে গ্লুকোজের যে মিথাইল গ্লাইকোসাইড উৎপন্ন হয়েছে (XVIII) তাও একটি পঞ্চভুজাকৃতি অণু। সুতরাং এই প্রমাণসারে একটি পঞ্চভুজাকৃতি অণু অর্থাৎ ফিউরানোজ গঠনাকৃতি।

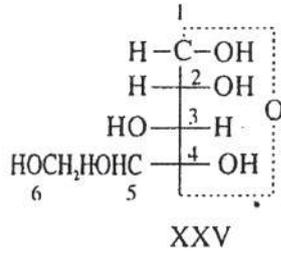


ফিউরানোজ  
XXIII

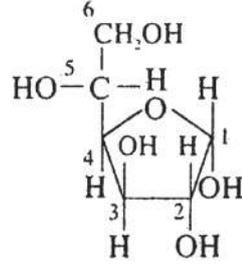
এই বার গ্লুকোজের পিরানোজ গঠনের ক্ষেত্রে যে নিয়ম মেনে গঠনগুলি পর পর লেখা হয়েছে সেই নিয়মই লিখলে হবে নীচে যেমন দেখানো হয়েছে (XXIV – XXVI)



XXIV  
 $\alpha$ -D-গ্লুকোফিউরানোজ



XXV



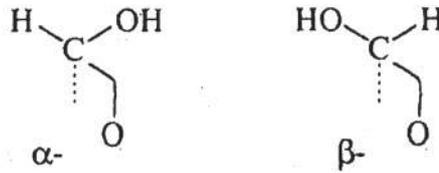
$\alpha$ -D-গ্লুকোফিউরানোজ  
XXVI

[প্রশ্ন :  $\alpha$ -D(-) ফ্রুক্টোপিরানোজে ও  $\beta$ -D(+) ফ্রুক্টোফিরানোজের গঠনাকৃতি কেমন হবে?]

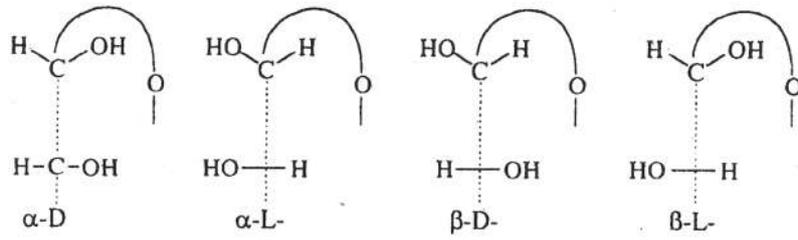
**5.7.4** এতক্ষণ যে আলোচনা হয়েছে তার মাধ্যমে আমরা শর্করা বা চিনি শ্রেণিভুক্ত যৌগ বিশেষ করে গ্লুকোজের বিন্যাসগত গঠন (Configuration) সম্বন্ধে পরিষ্কার চিত্র তুলে ধরেছি। এ ছাড়া বিভিন্ন সময়ে রসায়ণবিদরা গবেষণার মাধ্যমে গ্লুকোজ তথা অন্যান্য চিনি সমূহের configuration আরও দৃঢ়ভাবে প্রতিষ্ঠিত করেছেন। সেগুলি সম্বন্ধে নীচে আলোচনা করা হল।

#### 5.7.4.1 গ্লুকোজের $C_1$ পরমাণুর configuration

গ্লুকোজের  $C_1$  পরমাণু অর্থাৎ অ্যালডিহাইড কার্বন যেটি হেমি অ্যাসটাল গঠন করেছে ও দুটি অ্যানোমার সৃষ্টি হয়েছে।



ওপরে যে দুটি গঠন লেখা হয়েছে তার যুক্তিটা কি বা আমরা অন্যান্য একই ধরনের অণুর ক্ষেত্রে কোনটিকে  $\alpha$ - ও কোনটিকে  $\beta$ - অ্যানোমার লিখবো। এই বিষয়ে হাডসন (Hudson) একটি স্থূল নিয়ম (empirical rule) বার করেন। তিনি বলেন D-শ্রেণিভুক্ত  $\alpha$ - ও  $\beta$ - একজোড়া অ্যানোমারের মধ্যে যেটির বেশি দক্ষিণাবর্তী মান (higher dextro rotation) সেটির OH গ্রুপ ফিশার অভিক্ষেপণ (Fischer projection) গঠনে ডানদিকে থাকে এবং সেটিকে বলা হবে  $\alpha$ - অ্যানোমার। যেটির ঐ মান কম সেটি  $\beta$ - অ্যানোমার ও OH গ্রুপটি বাম দিকে লেখা হয়, যেমন  $\alpha$ -(D+)- গ্লুকোজ এর ক্ষেত্রে ঐ মান  $+112^\circ$  ও  $\beta$ -D(+)-এর  $+19.2^\circ$ । আবার D-শ্রেণিভুক্ত চিনির ঐ আবর্তন মান যদি ঋণাত্মক (Laevorotatory) হয় তবে যেটির বেশি ঋণাত্মক মান সেটি  $\beta$ - ও অন্যটি  $\alpha$ - অ্যানোমার, যেমন  $\beta$ -D(-) ফ্রুক্টোজ এর ঐ মান  $-133^\circ$  ও  $\alpha$ -D (-) ফ্রুক্টোজের ঐ মান  $-20^\circ$ । আবার L শ্রেণিভুক্ত চিনিগুলোর অ্যানোমার দুটির মধ্যে যেটির বেশি বামবর্তী মান (higher laevo-rotation) সেটি  $\alpha$ - এবং অন্যটি  $\beta$ - অ্যানোমার। সুতরাং একটি চিনির  $\beta$ -D ও  $\beta$ -L সমাংশক দুটিও পরস্পরের ইনানসিওমার।

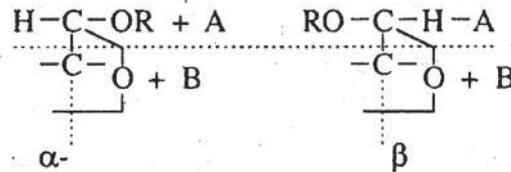


X-ray বিশ্লেষণের সাহায্যে এই configurations সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হয়েছে।

(ii) হাডসনের আইসোরোটেশন (Isorotation) নিয়ম

এই নিয়মটিও  $C_1$  পরমাণুর configuration নিয়ম সংক্রান্ত। ইহা আবার আলোক অধ্যারোপ (Optical superposition) নিয়ম অনুসারী। এই নিয়ম অনুযায়ী যদি কোন যোগে দুই বা ততোধিক অপ্রতিসম (chiral) কার্বন পরমাণু থাকে তবে তার সম্মোর্মি (Monochromatic) আলোর সমতল সমবর্তিত সমবর্তন তলকে মোট ঘূর্ণন মান (total optical rotatory power of the plane of plane-polarised monochromatic light) ঐ অণুর প্রতিটি অপ্রতিসম পরমাণুর ঐ ঘূর্ণন মানের যোগফল (algebraic sum)। এখানে ধরে নেওয়া হয় যে প্রতি অপ্রতিসম পরমাণুর ঘূর্ণন ক্ষমতা অপরটির দ্বারা প্রভাবিত হয় না।

$\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমারের মধ্যে পার্থক্য শুধু এর  $C_1$  পরমাণুর বিন্যাসগত (configurational) গঠনে।



এখন উপরোক্ত ছবি দুটিকে লক্ষ্য করা যাক। যেহেতু উপরি অংশ A পরস্পরের প্রতিবিশ্ব, সুতরাং প্রথমটির ঐ অংশের জন্য ঘূর্ণন মান +A হলে অপরটির ঐ অংশের মান হইবে -A বাকি অংশের জন্য দুটি অণুরই ঐ মান হবে +B (এখানে ধরা হয়েছে D- শ্রেণির অণুর  $\alpha$ - অ্যানোমারের দক্ষিণাবর্তী ঘূর্ণন মান অধিকতর)। তা হলে

$$\alpha\text{- অ্যানোমারের আণবিক ঘূর্ণন মান} = + A + B$$

$$\beta\text{- অ্যানোমারের আণবিক ঘূর্ণন মান} = - A + B$$

এখন দুটি নিয়ম করা হয়েছে যে প্রতিটি  $\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমান জোড়ার ক্ষেত্রে

**নিয়ম 1 :** প্রতিটি চিনির ক্ষেত্রে আণবিক ঘূর্ণনের যোগ ফল মান  $[(+A+B) + (-A+B)=2B]$  একটি ধ্রুবক এবং উহা R গ্রুপের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়।

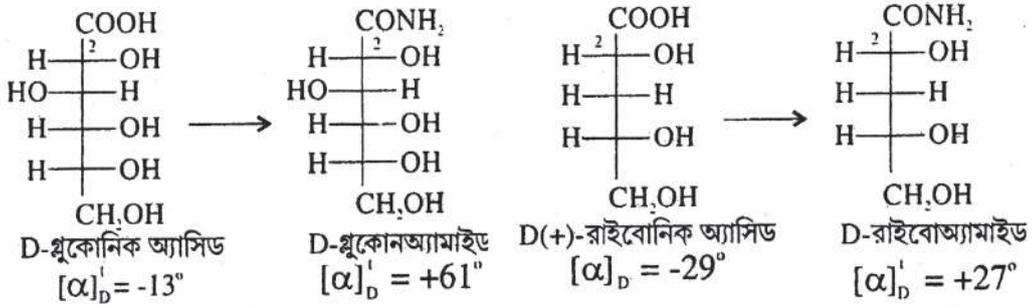
**নিয়ম 2 :** প্রতিটি চিনির ক্ষেত্রে আণবিক ঘূর্ণনের বিয়োগফল মান  $[(+A+B)-(-A+B) = 2A]$  একটি ধ্রুবক (constant) যা R গ্রুপের প্রকৃতির ওপর নির্ভরশীল।

চিনিগুলির ক্ষেত্রে দেখা গেছে যে  $C_1$  পরমাণুর জন্য ঘূর্ণন মান ঐ অণুর বাকি অংশের পরিবর্তন ঘটালে খুব একটা প্রভাবিত হয় না যা অন্য ধরনের অণুর ক্ষেত্রে অসম্ভব নয়।

এই আইসোরোটেশন নিয়ম প্রয়োগ কলে চিনির দুইটি অ্যানোমারের মধ্যে কোনটি  $\alpha$ - ও  $\beta$  নির্ময় করা যায় এবং ডাইস্যাকারাইড ও পলিস্যাকারাইডের গ্লাইকোসিডিক বন্ধন এর প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়।

### (iii) হাডসনের অ্যামাইড নিয়ম (Hudson's amide Rule)

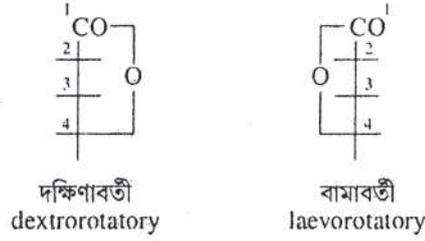
এই নিয়ম অ্যালডোজের  $\alpha$ - কার্বন-পরমাণু অর্থাৎ  $C_2$  পরমাণুর configuration নির্ণয়ে কাজে লাগানো হয়। হে নিয়মটি আবার পরিবর্তন নিয়ম (Rule of Shift বা Displacement Rule) এর সঙ্গে সম্পর্কযুক্ত। আমরা পূর্বোক্ত আইসোরোটেশন নিয়মে ধরে নিয়েছি যে, যখন কোন অণুতে একাধিক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু থাকে তখন প্রতিটি কার্বনের নিজ নিজ, সমবর্তিত-সমবর্তন তলকে ঘূর্ণনের ক্ষমতা অপরটির দ্বারা প্রভাবিত হয়না। কিন্তু এটি দূরে দূরে অবস্থান করে এমন কার্বন পরমাণুর ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। অ্যালডোজগুলিতে  $C_2$  অ্যানোমারিক কার্বন  $C_1$  ও  $C_1$  কার্বন এর কাছে অবস্থান করে। তাই এই Rule of Shift তথা Hudson's Amide Rule বেশি নিখুঁতভাবে প্রযোজ্য। এই নিয়ম অনুসারে দুইটি অণু A ও B কে যদি কাঠামোগত ভাবে কেই রকমে পরিবর্তিত করে  $A'$  ও  $B'$  অণুতে পরিণত করা হয় তবে  $(A'-A)$  এবং  $(B'-B)$  এর মান একই চিহ্ন (Sign) বিশিষ্ট অর্থাৎ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হবে। এখন দুটি অ্যালডোজকে অ্যালডোনিক অ্যাসিড তারপর তার অ্যামাইডে পরিণত করা হয় এবং তারপর  $(CO_2NH_2 - COOH)$  অর্থাৎ অ্যামাইড দুটির আণবিক ঘূর্ণন মান (Molecular rotation) মাপা হয়। যদি এই মান  $\Delta$  ধনাত্মক হয় তবে  $C_2$  র D ও ঋণাত্মক হলে L-configuration বিশিষ্ট হবে। যেমন D-গ্লুকোনিক অ্যাসিড থেকে অ্যামাইডে পরিবর্তনের ঐ মান  $(CONH_2 - COOH) = (+61^\circ) - (-13^\circ) = +74^\circ$ ; D-রাইবোনিক অ্যাসিড থেকে অ্যামাইডে পরিবর্তনের ঐ মান  $(+27^\circ) - (-29^\circ) = +56^\circ$



### (iv) হাডসনের ল্যাকটোন নিয়ম (Hudson's Lactone Rule)

এই নিয়মটি  $C_4$  পরমাণুর configuration নির্ণয়ে ব্যবহার করা হয়। হাডসন কতগুলি (24টি) অ্যালডোজকে ল্যাকটোনে পরিবর্তন করেন ও তাদের আলোক সক্রিয়তা পরিমাপ করেন।

$\gamma$ -ল্যাকটোন অর্থাৎ  $C_4$ -OH সঙ্গে যে ল্যাকটোন হয় তার OH গ্রুপ ডানদিকে থাকলে দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) ও বাম দিকে থাকিলে বামাবর্তী (Laevorotatory)। তাই উনি সিদ্ধান্ত করেন- $\gamma$ -ল্যাকটোনগুলির ল্যাকটোন ring ডানদিকে থাকলে দক্ষিণাবর্তী ও বামদিকে থাকলে বামাবর্তী হইবে। এই নিয়ম  $\delta$  ল্যাকটোনগুলির ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য।

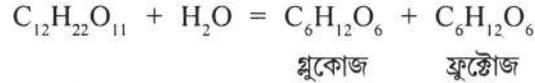


এখন উপরোক্ত নিয়মগুলি প্রয়োগে অ্যালডোজের  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_4/C_5$  এর configuration নির্ণয় সম্ভব। আবার D-শ্রেণিভুক্ত হলে  $C_3$  এর OH ডানদিকে থাকবে।  $C_3$ -র configuration গ্লুকোজের Ring soze নির্ণয়ের সাহায্যে (জাইলোট্রাইমিথাক্সি গ্লুটারিক অম্ল প্রাপ্তির মাধ্যমে) নির্ধারণ করা গেছে।

### 5.7.5 গ্লুকোজের প্রস্তুতি

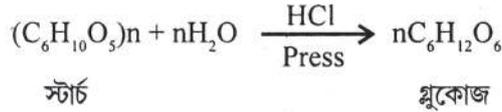
#### (i) পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory Process)

পরীক্ষাগারে সাধারণত চিনি (sucrose) কে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অম্লের উপস্থিতিতে  $50^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় প্রায় দু'ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয় ও মাঝে মাঝে নেড়ে দেওয়া হয়। ফলে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজ ও ফুক্টোজের মিশ্রণে পরিণত হয়। ঐ মিশ্রণে অল্প পরিমাণ অনার্দ্র গ্লুকোজ যোগ করা হয়। ফলে ফুক্টোজের চাইতে কম দ্রবণীয় গ্লুকোজ কেলসিত হইয়া পৃথক হয়ে পড়ে এবং ছেঁকে নেওয়া হয়।



#### (ii) শিল্প পদ্ধতি (Commercial manufacture)

স্টার্চকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে চাপ সহকারে উত্তপ্ত করা হয়। স্টার্চ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজে পরিণত হয়। এতে প্রায় দেড় ঘণ্টা সময় লাগে।



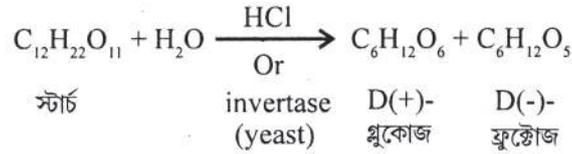
এরপর ক্যালসিয়াম কার্বনেটের দ্বারা প্রশমিত করে প্রাণিজ অঙ্গারের সাহায্যে বিরঞ্জিত করা হয় এবং কম চাপে ঘনীভূত করা হয়। এই ঘনীভূত দ্রবণকে শীতল করলে গ্লুকোজ পৃথক হয় ও ছেঁকে নেওয়া হয়।

## 5.8 ডাইস্যাকারাইড

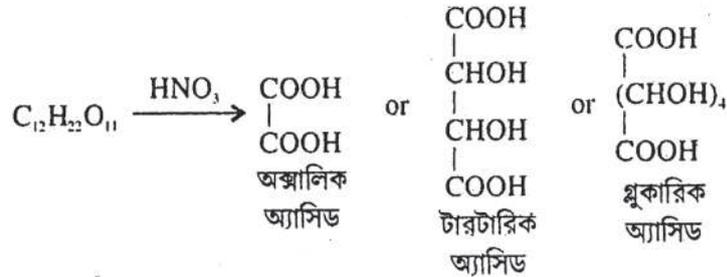
প্রকৃতিতে যে ডাইস্যাকারাইড পাওয়া যায় তার মধ্যে চিনি (sucrose), মণ্টোজ ও ল্যাট্টোজ গুরুত্বপূর্ণ। এগুলি সবলই জলে দ্রবণীয়, কেলাসাকার এই দুই ধরনের হয়। একধরনেরকে বলা হয় বিজারক চিনি ও আর এক ধরনেরকে বলা হয় অবিজারক (non-reducing)। কেন বিজারক বা অবিজারক তাহা উদাহরণের মধ্যে আলোচিত হয়েছে।

### 5.8.1 শুক্রোজ (Sucrose), $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ গলনাঙ্ক, m.p. $180^\circ\text{C}$ ।

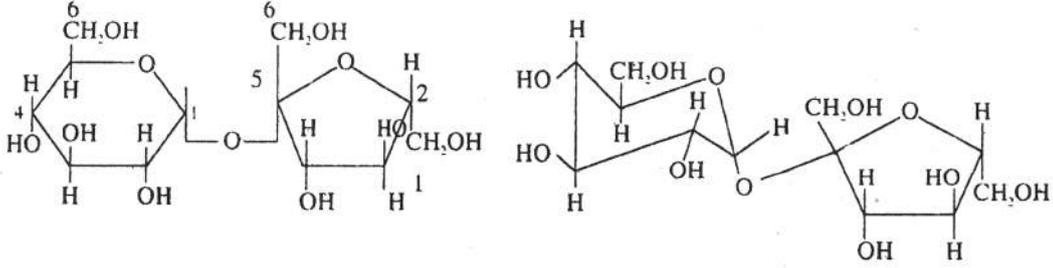
শুক্রেজ বা চিনি বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত সাদা কেলাসাকার এবং জলে দ্রবণীয়। বীট ও আখ থেকে উৎপন্ন হয়। 180° অর্থাৎ গলনাঙ্কের উপরে উত্তপ্ত করলে বাদামি রং এর ক্যারামেল নামে একটি বস্তু উৎপন্ন করে। ঘন সালফিউরিক অম্লের উপস্থিতিতে চিনি পুড়ে যায় ও প্রায় বিশুদ্ধ কার্বন পড়ে থাকে। এর আপেক্ষিক আবর্তন (specific rotation) মান +66.5°। ইহাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis) করলে এক অণু D(+)- গ্লুকোজ ও এক অণু D(-)- ফুক্টোজ উৎপন্ন করে। D(-)- ফুক্টোজের আপেক্ষিক আবর্তন মান (-92 D(+)- ফুক্টোজের (+52.70) আপেক্ষিক আবর্তনমানের চাইতে বেশি হওয়ায় মিশ্রণটির ঐ মান ঋণাত্মক। অর্থাৎ দক্ষিণাবর্তী (dextrorotatory) চিনি আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে বামাবর্তী (laevorotatory) মিশ্রণে পরিণত হয়। তাই এই মিশ্রণকে বলা হয় অপবর্তন (invert) শর্করা এবং বিক্রিয়াটিকে বলা হয় চিনির অপবর্তন (Inversion of cane sugar)।



এখানে খেয়াল করার বিষয়, উপরোক্ত inversion ভালডেন (Walden) Inversion থেকে সম্পূর্ণ আলাদা। নিয়ন্ত্রিত জারণ করলে (ক্ষারের উপস্থিতিতে) শুক্রেজ D-অ্যারাবোনিক অম্ল উৎপন্ন করে। বিভিন্ন শর্তে (condition) নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে জারণ করলে বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন হয়।



শুক্রেজ ফেলিং দ্রবণ বা টোলেনস দ্রবণকে বিজারিত করে না। কোন অ্যানোমার নেই মিউটারোটেশন ঘটায় না। এই ধর্মগুলি প্রমাণ করে যে গ্রুপগুলি ঐ সকল ধর্মের জন্য দায়ী সেগুলি অনুপস্থিত বা মুক্ত অবস্থায় শুক্রেজ অণুতে থাকে না। এই কারণে একে অবিজারক (Non Reducing) তিনি (sugar) বলে। এখন এর ব্যাখ্যা কী? এর একমাত্র ব্যাখ্যা হল শুক্রেজ যেহেতু গ্লুকোজ ও ফুক্টোজের সমন্বয়ে গঠিত এবং বিজারক ধর্মের জন্য গ্লুকোজের অ্যালডিহাইড গ্রুপ ও ফুক্টোজের কিটো গ্রুপ দায়ী, তাই শুক্রেজ ঐ দুটি অণু গ্লাইকোসিডিক বন্ধনীর মাধ্যমে (গ্লুকোজের C<sub>1</sub> ও ফুক্টোজের C<sub>2</sub> পরমাণুর মাধ্যমে) যুক্ত থাকে। এবং X-ray ও অন্যান্য রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রমাণিত যে গ্লুকোজের α-অ্যানোমার ও ফুক্টোজের β-অ্যানোমার গ্লাইকোসিডিক বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত আছে। অর্থাৎ শুক্রেজ α-D-গ্লুকোপিরানোসিল-β-D-ফুক্টোফিউরানোসাইড বা β-D-ফুক্টোফিউরানোসিল α-D-গ্লুকোপিরানোসাইড।



(+) শুক্রোজ

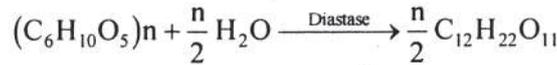
$\alpha$ -D-Glucopyranosyl - $\beta$ -D-Fructofuranoside or  
 $\beta$ -D-Fructofuranosyl - $\alpha$ -D-Glucopyranoside

বিশেষভাবে লক্ষ্য করার বিষয় সুক্রোজে ফুক্টোজ অংশ ফিউরানোজ আকারে থাকে। কিন্তু আর্দ বিশ্লেষণের পর যে ফুক্টোজ পাওয়া যায় তা পিরানোজ গঠনাকৃতি। তা হলে কী প্রমাণের উপর ভিত্তি করে বলা যায় শুক্রোজে ফুক্টোজ ফিউরানোজ আকারে আছে? এর সন্দেহাতীত প্রমাণ এক্স রশ্মি বিশ্লেষণ। ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক পদ্ধতিতে তৈরি করেও এর সত্যতা প্রমাণ করা হয়েছে এবং এই অত্যন্ত দুরূহ কাজটি সমাধান করেন R. U. Lemieux যার জন্য তাঁর এই কাজকে জৈব রসায়নের 'মাইন্ট এভারেস্ট' বলে সম্মানিত করা হয়েছে।

### 5.8.2 মল্টোজ (Maltose), $C_{12}H_{22}O_{11}$

গলনাঙ্ক  $160 - 165^\circ\text{C}$  সাদা কেলাসাকার জলে দ্রবণীয়। (+) মল্টোজের  $\alpha$ -অ্যানোমারের আপেক্ষিক আবর্তন  $+168^\circ$  ও  $\beta$ -র  $+112^\circ$  জলীয় দ্রবণে মিউটারোটেশনের পর সাম্যাবস্থান  $+136^\circ$ ।

মল্টোজ বা মল্টসুগার স্টার্চ থেকে আংশিক আর্দ বিশ্লেষণের সাহায্যে পাওয়া যায়। এই আর্দ বিশ্লেষণের জন্য মল্ট যার মধ্যে ডায়াস্টেজ (diastase) এনজাইম থাকে, এর উপস্থিতি দরকার

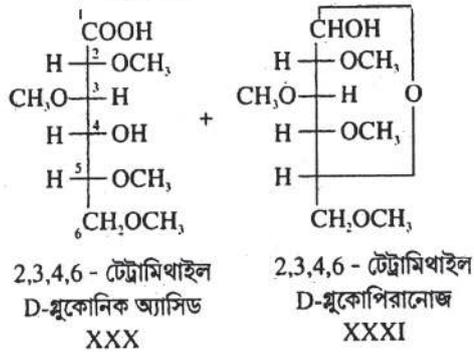
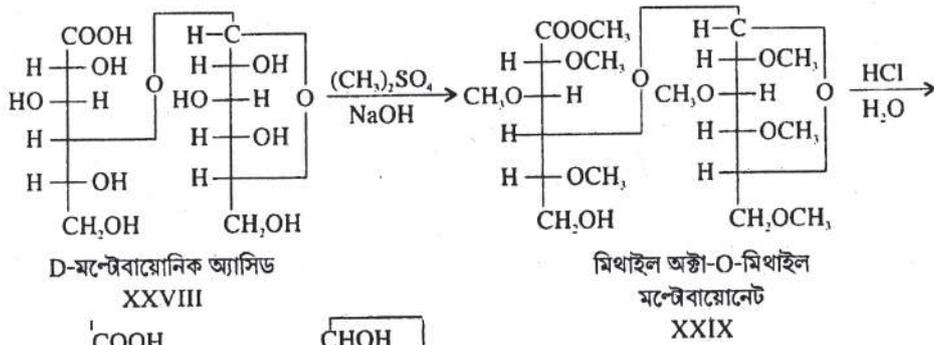
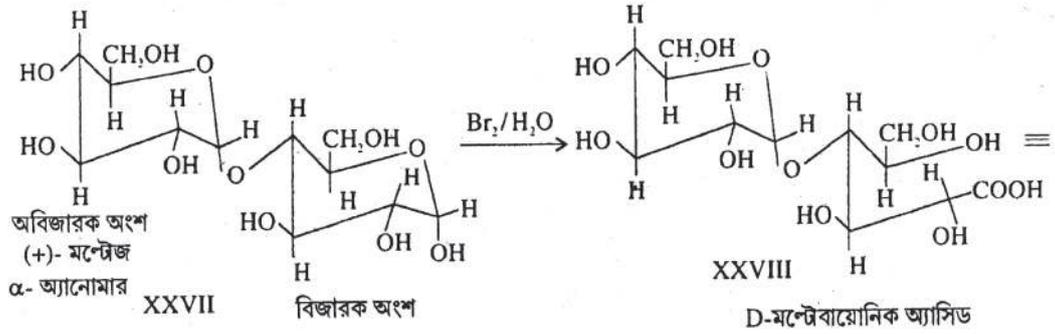


স্টার্চ

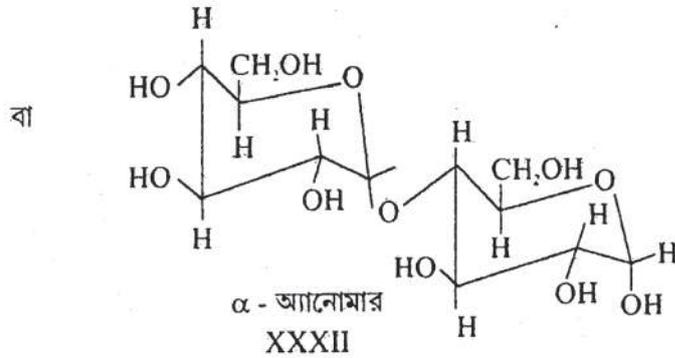
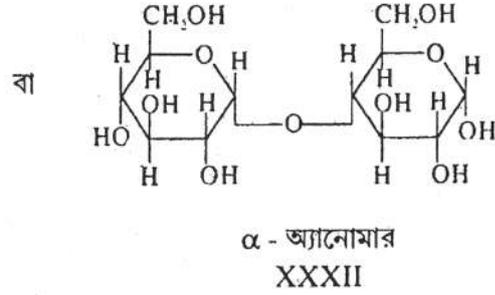
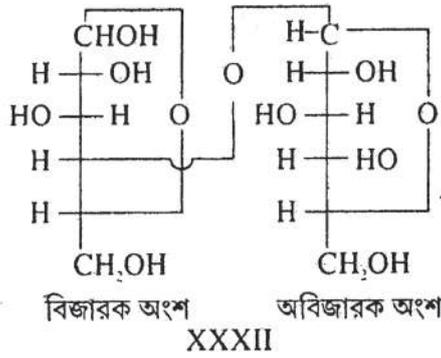
মল্টোজ

মলেজাজকে লঘু অ্যাসিডের সাহায্যে মল্টোজের (maltase) উপস্থিতিতে আর্দ বিশ্লেষিত করিলে দুই অণু D(+)- গ্লুকোজ পাওয়া যায়। মল্টোজ কিন্তু বিজারক (reducing) সুগার অর্থাৎ এটি ফেলিং ও টোলেনস্ দ্রবণকে বিজারিত করে। এটি অক্সিস ও ওসাজোন গটন করে। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণের সাহায্যে জারিত হয়ে এক কার্বনিল গ্রুপ বিশিষ্ট অল্প মল্টোবায়োনিক অ্যাসিড ( $C_{11}H_{21}O_{11}$ ) COOH উৎপন্ন করে। এই সমস্ত বিক্রিয়া প্রমাণ করে মল্টোজে একটি অ্যালডিহাইড গ্রুপ সক্রিয় (reactive) হেমি অ্যাসিটাল রূপে বর্তমান যেমন, অ্যালডোহে স্কোজে থাকে। একই কারণে এর মিউটারোটেশন হয়। যেহেতু পূর্ণ আর্দ বিশ্লেষণের ফলে দুই অণু D(+)- গ্লুকোজ পাওয়া যায়। কিন্তু মল্টোজে একটি অ্যালডিহাইড (হেমিঅ্যাসিটাল) গ্রুপ বর্তমান। তাই এর থেকে প্রমাণিত দুইটি গ্লুকোজ অণুর একটির অ্যালডিহাইড গ্রুপ গ্লাইকোসিডিক বন্ধনীর মাধ্যমে অপর গ্লুকোজ অণুটির অ্যালডিহাইড গ্রুপের সাথে যুক্ত না থেকে অপর কোন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। এই গ্লাইকোসিডিক বন্ধনী গ্লুকোজ অণুর  $\alpha$ -অ্যানোমারের সাথে হয়। কারণ আর্দ বিশ্লেষণে যে মল্টোজ এনজাইম ব্যবহৃত হয় তা কেবল  $\alpha$ -গ্লুকোসাইড বন্ধনীকেই ভাঙতে পারে। এখন প্রশ্ন, অপর গ্লুকোজ অণুর কোন

কার্বনের -OH এর সাথে গ্লাইকোসাইড গঠিত হয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়া থেকে পরিষ্কার যে সেটি হল C<sub>4</sub> কার্বন পরমাণু।



এখানে যৌগ XXX এ C<sub>4</sub> এর OH যুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ মেথিলেশন হয়নি এমন অবস্থায় আছে। এটি প্রমাণ করে অগ্রবর্তী ধাপে ঐ OH অপর অংশের (যেখান থেকে গ্লুকোপিরানোজ অংশ উৎপন্ন হয়েছে) অ্যালডিহাইড গ্রুপের সঙ্গে গ্লাইকোসাইড বন্ধনী গঠন করেছে। X-ray বিশ্লেষণ এই গঠন দৃঢ়ভাবে প্রমাণিত করে। সুতরাং মস্টেজের configuration হল—

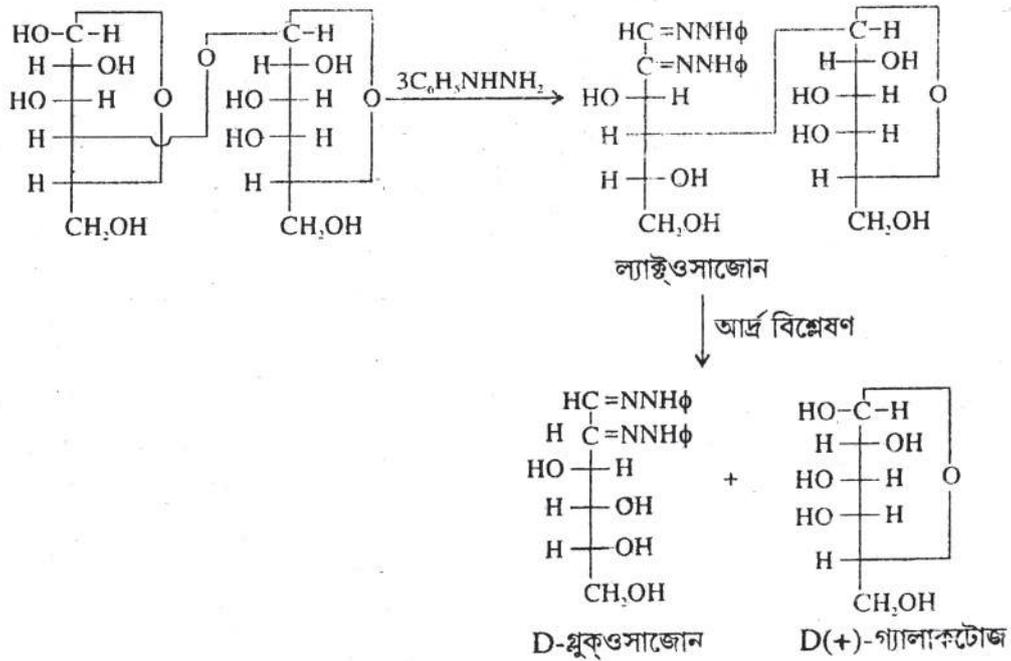
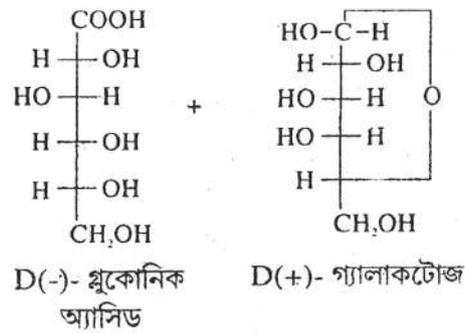
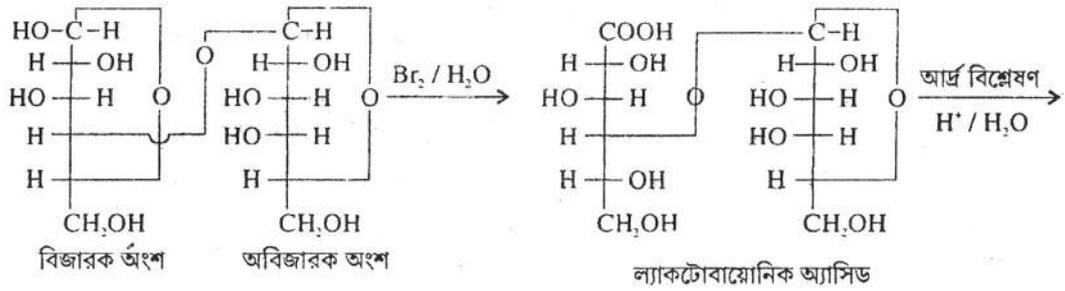


সুতরাং মণ্টোজ হল 4-0- ( $\alpha$ -D গ্লুকোপিরানোসিল)-D-গ্লুকোপিরানোজ।

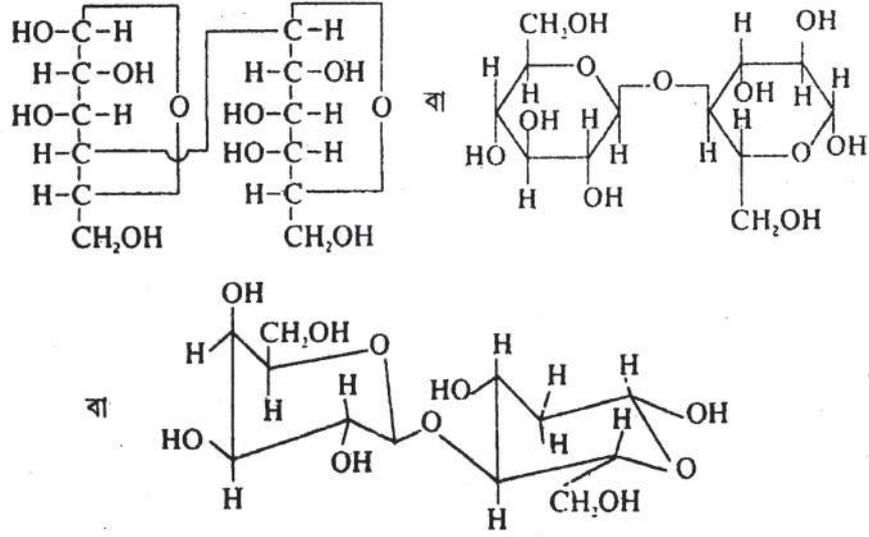
### 5.8.3 ল্যাকটোজ (Lactose) $C_{12}H_{22}O_{11}$

গলনাঙ্ক  $203^\circ$  সাদা, স্ফটিকাকার, জলে দ্রবণীয়। দুধে থাকে বলে একে milk sugar বলে। ছানার জল বা চীজ তৈরির সময় যে বর্জ্য পদার্থ হয়ে (whey) পাওয়া যায় তার থেকেও ল্যাকটোজ পাওয়া যায়।

ল্যাকটোজ একটি বিজারক চিনি (sugar)। সুতরাং এতে একটি বিজারক অংশ থাকবে। এর দুইটি আকার  $\alpha$ -ও  $\beta$ - গঠন আছে। ওসাজোন গঠন করে এবং মিউটারোটেশন হয়। অ্যাসিডের সাহায্যে অথবা ইমালসিনের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে এক অণু D(+)- গ্লুকোজ ও এক অণু D(+)- গ্যালাকটোজ পাওয়া যায়। ইমালসিন (emulsin) শুধুমাত্র  $\beta$ -বন্ধনীকেই বিশ্লেষিত করতে পারে। সুতরাং ল্যাকটোজে D(+)- গ্লুকোজ ও D(+)- গ্যালাকটোজ একটি  $\beta$ -গ্লাইকোসাইড বন্ধনীর সাহায্যে যুক্ত। খেন প্রশ্ন হলো এই দুটি অংশের কোনটির মধ্যে বিজারক ধর্ম বর্তমান? অর্থাৎ ল্যাকটোজ গ্লুকোসাইড না গ্যালাকটোসাইড?  $Br_2$  জলে জারিত করলে ল্যাকটো বায়োনিক অম্ল উৎপন্ন করে। এরপর নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করলে পরিষ্কার বোঝা যাবে যে ল্যাকটোজ হল গ্যালাকটো পিরানোসিল গ্লুকোপিরানোজ। আবার মণ্টোজের ক্ষেত্রে যেমন করা হয়েছে সেইভাবে প্রমাণ করা হয়েছে যে গ্লুকোজের  $C_4$  এর সাথে গ্যালাকটোপিরানোসিল বন্ধনী সৃষ্টি হয়েছে।



সুতরাং ল্যাকটোজ হল 4-0-β-D- গ্যালাকটোপিরানোসিল -D-গ্লুকোপিরানোজ

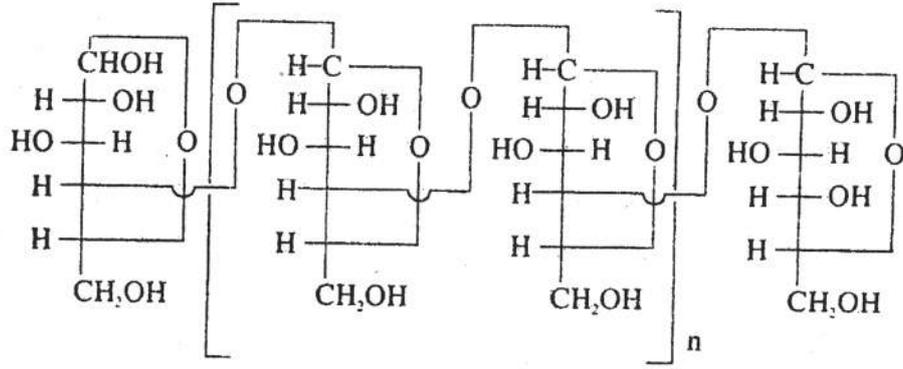


## 5.9 .পলিস্যাকারাইড (Polysaccharides)

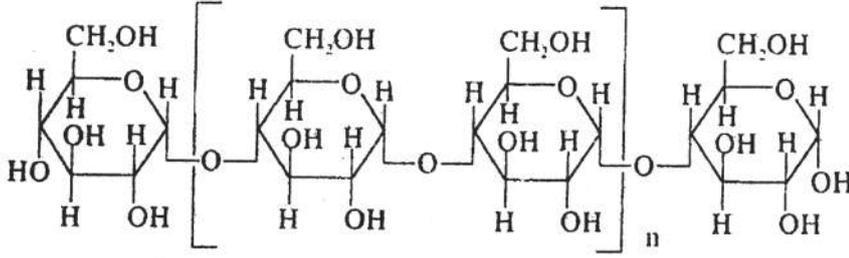
পলিস্যাকারাইড মনোস্যাকারাইডের পলিমার। এই পলিমারে বহুসংখ্যক-শত শত বা হাজার হাজার, মনোমার গ্লাইকোসাইড বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত হয়ে একটি অতি বৃহৎ অণু গঠন করে। এই পলিমার উদভিদ জগতে বহুল পরিমাণে থাকে এবং উদ্ভিদের গঠনে (structure formation) ও ভবিষ্যতের খাদ্য সঞ্চয়ে সাহায্য করে, যেমন সেলুলোজ (cellulose) এবং স্টার্চ (starch)। উভয়েই (সেলুলোজ ও স্টার্চ) কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের মধ্যে সালোক সংশ্লেষের জন্য (Photosynthesis) উৎপন্ন হয়। এই দুইটি যৌগ মনুষ্য সভ্যতা ধারণে ও বিকাশে বহুল পরিমাণে সাহায্য করে। আমরা ঘরবাড়ি বা আসবাব পত্র তৈরিতে যে কাঠ ব্যবহার করি তা সেলুলোজ, পোষাক তৈরিতে যে তুলো বা রেয়ন ব্যবহার করি বা লেখার পড়ার জন্য যে কাগজ ব্যবহার করি তার সবই সেলুলোজ। আবার খাদ্য হিসাবে যে আলু, গম, চাল ইত্যাদি ব্যবহার তা প্রধানত স্টার্চ।

### 1.9.1 স্টার্চ বা শ্বেতসার ( $C_6H_{10}O_5$ )

একটি দানাদার বস্তু যার আকার ও আকৃতি (size and shape) তার উৎসের ওপর নির্ভর করে। জলে দ্রবণীয়তার ব্যাপারে এর বিশেষ একটি বৈশিষ্ট্য আছে। অবিকৃত অবস্থায় এটি ঠাণ্ডা জলে অদ্রবণীয়। দানাদার অবিকৃত অবস্থায় এর একটি বহিরাবরণ থাকে যাহা ভেঙে গেলে ঠাণ্ডা জলে ফুলে এক জেল (gel) জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন করে। এর মধ্যে একটি দ্রবণীয় ও একটি অদ্রবণীয় অংশ থাকে এবং উষ্ণ জলে এর দ্রবণীয় অংশ বহিরাবরণ ভেদ করে (diffuse) জলে দ্রবীভূত হয়; জল আরও গরম করলে বহিরাবরণের ভেতরের অংশ এত ফুলে যায় বহিরাবরণ বা ঝিল্লি (membrane) ফেটে যায় ফলে একটি অল্প ঘোলাটে মত দ্রবণ তৈরি হয়। স্টার্চের যে অংশ জলে দ্রবণীয় তা 20% ও জলে অদ্রবণীয় অংশ 80% থাকে। দ্রবণীয় অংশকে বলে অ্যামাইলোজ ও অদ্রবণীয় অংশকে বলে অ্যামাইলোপেকটিন। এনজাইম বা অম্লের উপস্থিতিতে স্টার্চ আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ক্রমশ ডেক্সট্রিন, (+) মলটোজ ও সবশেষে D(+)- গ্লুকোজ তৈরি করে। অ্যামাইলোজ ও অ্যামাইলোপেকটিন উভয়েই D(+)- গ্লুকোজ এককের সাহায্যে গঠিত, শুধু আণবিক আকার ও আকৃতিতে পার্থক্য থাকে। নানারকম রাসায়নিক ও ভৌত রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে স্টার্চের গঠন জানা গেছে নিম্নরূপ।



বা

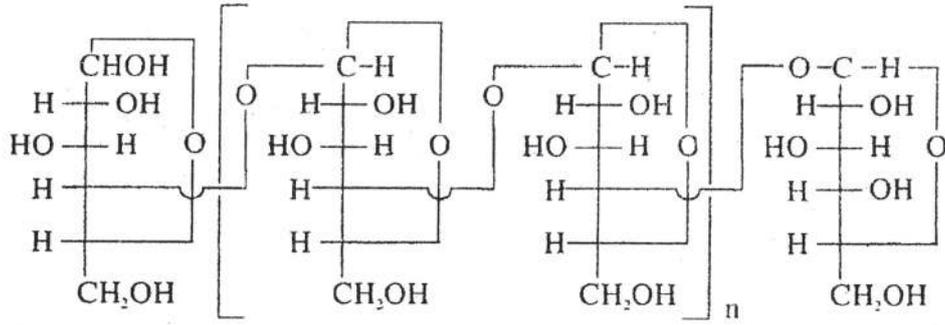


লক্ষণীয়, হাওয়ার্থ সংকেতে একেবারে ডানদিকের গ্লুকোজ অংশটি ফিশার সংকেতের একেবারে বামদিকের অংশ।

### 5.9.2 সেলুলোজ ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>

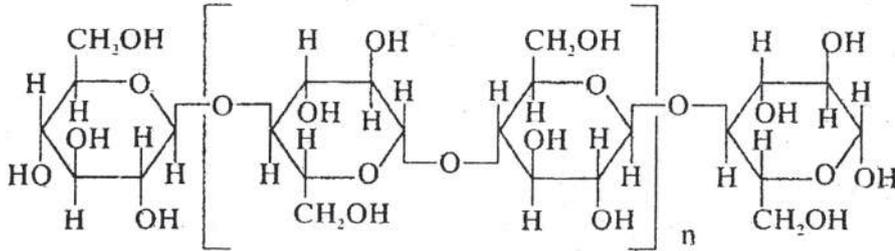
জলে অদ্রবণীয় তন্তু আকৃতি বিশিষ্ট, গাছের কাঠ, তুলো, ইত্যাদি সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে এর আণবিক ওজন জানা গেছে 2,50,000 – 1,000,000 এর মধ্যে; মেথিলেশন ও পারআয়োডিক অম্লের সাহায্যে বিশ্লেষণের মাধ্যমে জানা গেছে সেলুলোজ গঠন শৃঙ্খলে অন্তত 1000টি গ্লুকোজ অংশ থাকে। রঞ্জন রশ্মি ও ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপি বিশ্লেষণের মাধ্যমে জানা গেছে, এই শৃঙ্খলগুলি পাশাপাশি বাণ্ডিল বেঁধে থাকে এবং স্বভাবতই এর জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনীর প্রয়োজন যেগুলি পাশাপাশি থাকা অসংখ্য OH গ্রুপের মাধ্যমে গঠিত হয়। এই বাণ্ডিলগুলি আবার পরস্পরের সঙ্গে পেঁচিয়ে গিয়ে একটি দড়ির আকৃতি প্রাপ্ত হয় এবং এইগুলি আবার দলবদ্ধ (grouped) ভাবে থেকে ফাইবার বা সূতার আকৃতি নেয়। কাঠের মধ্যে এই 'দড়ি' গুলি লিগনিন নামে এক বস্তুর মধ্যে দৃঢ়ভাবে প্রথিত (embedded) থাকে এবং ফলে যে গঠন হয় তা অনেকটা অতিরিক্ত শক্তিশালী কংক্রিটের মত হয়।

সেলুলোজ একটি অত্যন্ত বৃহৎ ও সরল (linear) আকৃতির অণু এবং কোন শাখা অংশ (branching) নেই। নানারকম রাসায়নিক ও ভৌত রাসায়নিক পদ্ধতিতে ইহার অণুর নিম্নরূপ গঠন নির্ধারণ করা গেছে।



বা

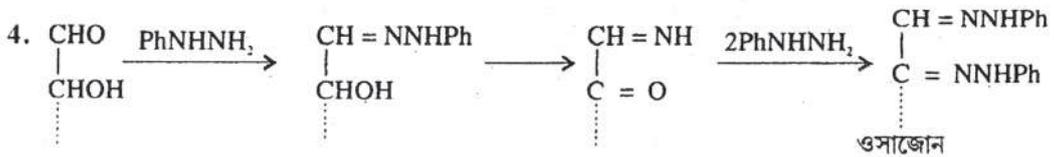
সেলোবায়োজ অংশ



লক্ষণীয় যে হাওয়ার্থ সংকেতে একেবারে ডানদিকে গ্লুকোজ অংশটি ফিশার সংকেতে একেবারে বামদিকে আছে এবং সেলুলোজ অণু সমতলীয় (planar) নয়, প্রতিটি গ্লুকোজ অণুর অংশ তার আগে বা পরেরটির সঙ্গে সমকোণে অবস্থান করে। স্টেরিক এফেক্ট (steric effect) এর দরুন C-O-C বন্ধনীর মধ্যে ঘূর্ণন সম্ভব হয় না। ফলে অণুটি অনমনীয় প্রকৃতি (rigid) বিশিষ্ট হয়।

## 5.9 প্রশ্নাবলি (Problem)

1. ফুক্টোজ যে একটি 2-কিটো হেক্সোজ তার প্রমাণ কী?
2. ফুক্টোজে কয়টি অপ্রতিসম (chiral) কার্বন, পরমাণু আছে? 2 কিটো হেক্সোজের D-শ্রেণিভুক্ত সমাংশক (isomers) গুলির ফিশার অভিক্ষেপন (Fischer Projection) সংকেত (Formula) কী হবে?
3. গ্লুকোজ ও ফুক্টোজ থেকে উৎপন্ন ওসাজোন দুটি অভিন্ন। এর থেকে কী সিদ্ধান্ত করা যায়?



উপরোক্ত ওসাজোন গঠন বিক্রিয়ায় দ্বিতীয় ধাপে দেখা যাচ্ছে অ্যালকোহল গ্রুপ জারিত হয়ে কিটো গ্রুপে পরিণত হয়েছে। বিজারক দ্রব্য (Reducing agent)  $\text{PhNHNH}_2$  এর উপস্থিতিতে তা কীরূপ সম্ভব?

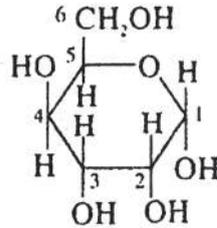
5. গ্লুকোজ যে একটি মুক্তশৃঙ্খল (open chain) অণু নয় এবং একটি বন্ধশৃঙ্খল (Ring) অণু তার স্বপক্ষে কী কী যুক্তি আছে?
6. গ্লুকোজ ও ম্যানোজ এই মনোস্যাকারাইড দুটির মধ্যে সম্পর্ক কী? একটিকে অপরটিতে কী রূপে পরিবর্তিত করা যায়?
7. গ্লুকোজ, ফুক্টোজ ইত্যাদি যৌগগুলির কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া খঁটাবার জন্য ক্ষারীয় মাধ্যম পরিহার করা বাঞ্ছনীয় কেন?

(Hints : Lobry de Bruyn Van Ekenstein Rearrangement)

8. মিউটারোটেশন ব্যাপারটি কী? মিউটারোটেশনের জন্য অম্ল ও ক্ষার উভয়েরই কেই সঙ্গে উপস্থিতি প্রয়োজন। তা হ'লে জলের সাহায্যে মিউটারোটেশন হয় কী ভাবে?
9.  $C_6H_{12}O_6$  এই সংকেত বিশিষ্ট অ্যালডোহেক্সোজ-এর ৪ জোড়া সমাংশক হয়। প্রতিটি জোড়ার আবার দু'টি করে সমাংশক হয়। ইহার ব্যাখ্যা কী? ঐ সমাংশক দু'টির আণবিক গঠন (chain conformation) এ কী রূপ হবে?
10. সুক্রোজকে অবিজারক চিনি (Sugar) বলা হয় কেন? এর কারণ কী?
11. সুক্রোজকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে যে মিশ্রণটি উৎপন্ন হয় তাহাকে Invert sugar বলা হয় কেন?
12. সুক্রোজ অণুতে একটি গ্লুকোজ অণু ও একটি ফুক্টোজ অণু জুড়ে থাকে। কীভাবে? তার স্বপক্ষে যুক্তি তথা প্রমাণ কী?
13. সুক্রোজ, মল্টোজ, ল্যাকটোজ প্রত্যেকেই ডাইস্যাকারাইড। সুক্রোজ ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না। অক্সিম বা সেমিকারবাজোন গঠন করে না এবং এর মিউটারোটেশনও হয় না। কিন্তু অপর দুটি ডাই স্যাকারাইডের ঐ সব বিক্রিয়াগুলি হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।
14. D-অ্যারাবিনোপিরানোজের  $\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমার দুটি গঠন সংকেত রকম?
15. গ্লুকোজের C-2, C-3 ও C-4 এর এপিমারাইজেশন করলে কী কী সুগার উৎপন্ন হবে? গঠন সংকেত সহ দেখাও।
16. D-গ্লুকোপিরানোজের  $\alpha$ -অ্যানোমার 1, 2-বন্ধনীতে  $HIO_4$  এর সাহায্যে  $\beta$ -অ্যানোমারের চাইতে বেশি তাড়াতাড়ি জারিত হয়। কেন?
17. (i)  $A + 4HIO_4 \rightarrow 3HCOOH + HCHO + CHO.COOH$   
 (ii)  $B + 5HIO_4 \rightarrow 4HCOOH + 2HCHO$   
 (iii)  $C + 3HIO_4 \rightarrow 2HCOOH + 2CHO.COOH$   
 (iv)  $D + 4HIO_4 \rightarrow 4HCOOH + CHO.COOH$

উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি থেকে A, B, C, D এর অণুর গঠন সম্বন্ধে কী সিদ্ধান্ত করা যায়?

18. কিলিয়ানি-ফিশার পদ্ধতি প্রয়োগে D-এরিথ্রোজ থেকে কী কী পরিবর্তী উচ্চতর অ্যালডোজ উৎপন্ন হবে।
19.  $\alpha$ -D-(+)-গ্লুকোজ, যাহারা আপেক্ষিক আবর্তন মান (specific rotation)  $+112^\circ$  জলীয় দ্রবণে রেখে দিলে সাম্যাবস্থায় আপেক্ষিক আবর্তন মান হয়  $+52.5^\circ$ । এই মিশ্রণে যে নতুন  $\beta$ -অ্যানোমার উৎপন্ন হয় তার আপেক্ষিক আবর্তন মান  $+19^\circ$ , দ্রবণে  $\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমারের অনুপাত কী?
20. গ্লুকোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট অক্সিম গঠন করে না বা ফেলিং ও টোলেনস্ দ্রবণকে বিজারিত করে না। ঐ পেন্টা অ্যাসিটেটের দুইটি সমাংশক হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।
21. মিথাইল  $\alpha$ -D- ফুক্টোসাইডকে মেথিলেশন, আর্দ্র বিশ্লেষন ও ক্রমাধিকারে  $\text{KMnO}_4$  ও  $\text{HNO}_3$  দ্বারা জারিত করলে জাইলো ট্রাইমিথক্সি গ্লটারিক অম্ল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া থেকে ঐ  $\alpha$ -D- ফুক্টোসাইড এর Ring এর আয়তন (size) সম্বন্ধে কী সিদ্ধান্ত করা যায়?
22. সাম্যাবস্থায় মিথাইল  $\alpha$ -D- গ্লুকোসাইড ও মিথাইল  $\beta$ -D- গ্লুকোসাইড মিশ্রণে  $\alpha$ -অ্যানোমার বেশি পরিমাণে থাকে। কারণ কী?
23. trans - 2, 5 - ডাই ক্লোরা -1, 4-ডাই অক্সেন এর বেশি সুস্থিতি বিশিষ্ট সমাংশকে ক্লোরিন পরমাণু দুটি অ্যাক্সিয়াল (axial) অবস্থায় থাকে। কারণ কী?
24. ম্যানোজের ত্রিভুজাকার, চতুর্ভুজাকার, পঞ্চভুজাকার ও ষড়ভুজাকার অ্যাসিটাল গঠন কি হবে? এ গুলির মধ্যে কোনটি বলা কোনগুলি সাম্যাবস্থায় তাৎপর্যপূর্ণ (significant) পরিমাণে থাকে এবং কেন?
25. নীচের ছবিটি গ্লুকোজের অ্যাসিটাল আকৃতি

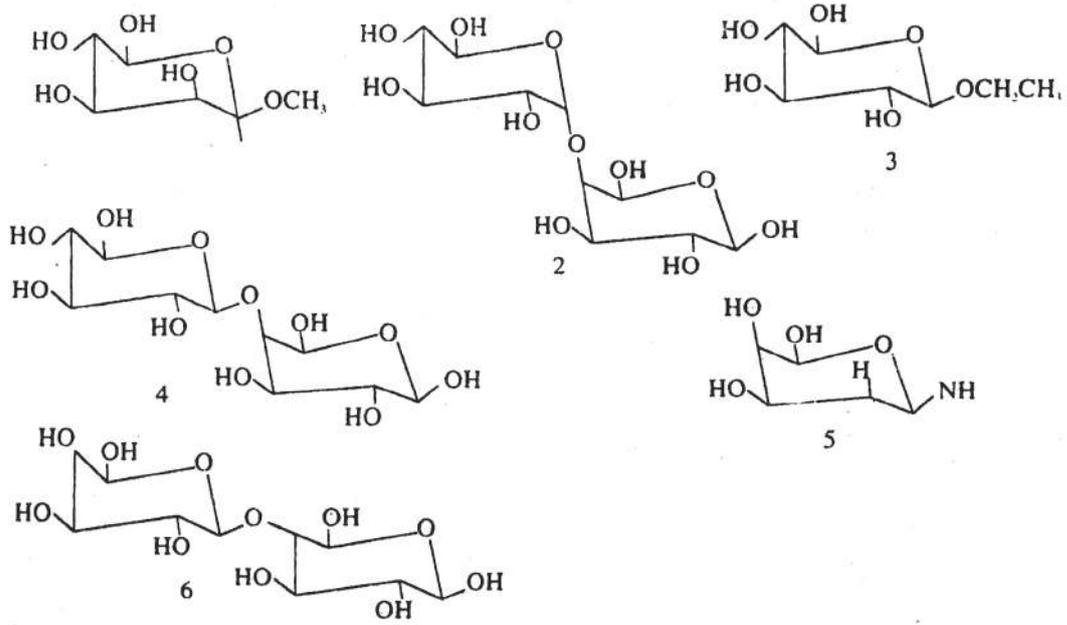


- (i) এতে কোন কার্বন পরমাণু অ্যানোমারিক কার্বন
 

1 নং  2 নং  3 নং  4 নং  5 নং  6 নং?
- (ii) নিম্নলিখিতগুলির মধ্যে কোন নামটি ঐ ছবির সঙ্গে সব চাইতে মানানসই?

- $\alpha$ -D-গ্লুкоফিউরানোজ      $\beta$ -D-গ্লুкоফিউরানোজ  
  $\alpha$ -D-গ্লুкоপিರানোজ      $\beta$ -D-গ্লুкоপিరানোজ

26.



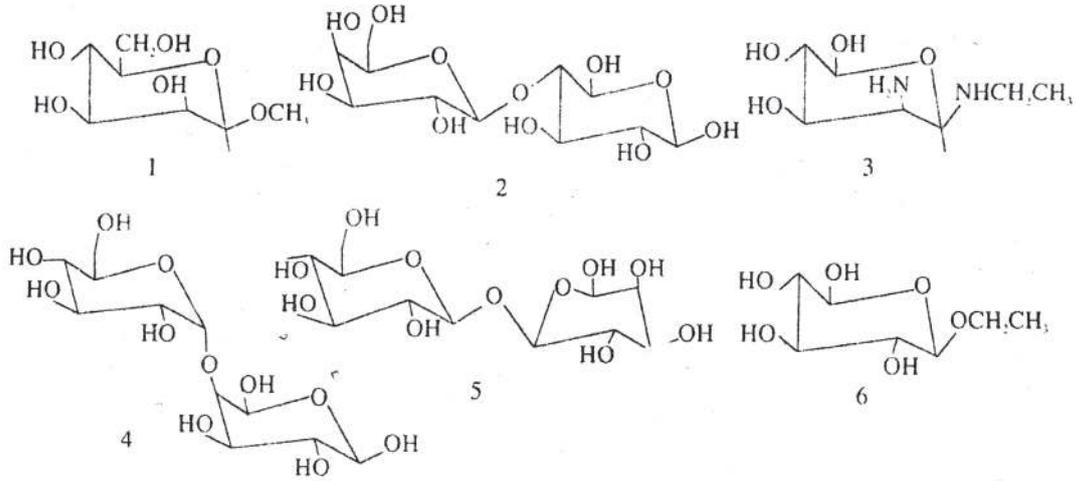
উল্লিখিত অণুর ছবিগুলিতে

- কোনটি বা কোনগুলি কেটি মিথাইল গ্লাইকোপিরানোসাইড ?
- কোনটি বা কোনগুলি একটি  $\beta$ -1, 4-বন্ধনীয়ুক্ত ?
- কোনটি বা কোনগুলি একটি  $\alpha$ -1, 4-বন্ধনীয়ুক্ত ?
- কোনটি বা কোনগুলি একটি N বন্ধনীয়ুক্ত গ্লাইকোসাইড ?

27. জলীয় দ্রবণে সাম্যাবস্থায় 60%  $\alpha$ -D-অ্যারাবিনোপিরানোজ, 35%  $\beta$ -D- অ্যারাবিনোপিরানোজ ও স্বল্পপরিমাণ অন্যান্য ধরনের অ্যারাবিনোজ অণু থাকে। সবচাইতে স্থিতিশীল ঐ দুটি অণুর গঠনাকৃতি কী হবে? সাম্যাবস্থায়  $\alpha$ -D- ধরনের অণুটির অনুপাত বেশি কেন?

28.

নিম্নলিখিত অণুগুলির কোনটি বা কোনগুলি  $Ag^+$  সাথে বিক্রিয়া ঘটাবে?



## 5.11 উত্তরমালা

1. (i) ফুক্টোজ অক্সিম গঠন করে। সুতরাং এতে কার্বনিল গ্রুপ বর্তমান।
- (ii)  $\text{HNO}_3$  অম্লের সাহায্যে জারিত করলে তিনটি অম্লের একটি মিশ্রণ (ট্রাইহাইড্রক্সি গ্লুটারিক অম্ল, টারটারিক অম্ল ও গ্লাইকোলিক অম্ল) উৎপন্ন হয় যাদের প্রত্যেকটিতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা ফুক্টোজের কার্বন পরমাণু সংখ্যার চাইতে কম।  
এই দুটি বিক্রিয়া প্রমাণ করে যে ফুক্টোজ একটি কিটোজ যেহেতু তার আণবিক সংকেত  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  সুতরাং সেটি একটি কিটো হেক্সোজ।
- (iii) কিলিয়ানি পদ্ধতিতে উৎপন্ন (1.4.1 (i) দ্রষ্টব্য) যৌগকে HI এর সাহায্যে বিজারিত করলে 2-মিথাইল হেক্সানয়িক অ্যাসিড,  $\text{HOOC} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ , উৎপন্ন হয়।



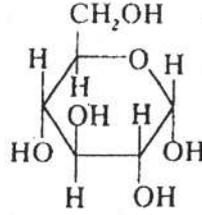
এই বিক্রিয়ায় প্রমাণ হয় ফুক্টোজ একটি 2-কিটো হেক্সোজ।

2. ফুক্টোজে 3টি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে। পরবর্তী অংশের জন্য 1-2 এর সর্বশেষ অংশ (পৃ. 6) দ্রষ্টব্য।
3. গ্লুকোজ ও ফুক্টোজের ওসাজোন গঠনে কেবলমাত্র 1 ও 2 নং কার্বন পরমাণু জড়িত, বাকিগুলি অপরিবর্তিত থাকে। তাই যেহেতু উভয়েই অভিন্ন ওসাজোন দেয়, এটি প্রমাণ করে যে গ্লুকোজ ও ফুক্টোজের পরবর্তী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত অংশগুলির ত্রিমাত্রিক গঠন অভিন্ন।
4. ওসাজোন গঠনের বিক্রিয়ায় দ্বিতীয় ধাপে দেখা যাচ্ছে অ্যালকোহল গ্রুপ কিটো গ্রুপে পরিণত হয়েছে

অর্থাৎ আপাতদৃষ্টিতে জারণ (oxidation) ঘটেছে যদিও ব্যবহৃত বিকারক বিজারকধর্মী। কিন্তু বিক্রিয়াটির mechanism অনুসরণ করলে পরিষ্কার হবে যে এটি জারণ নয়, বিক্রিয়ার মাধ্যমে একটি পুনর্বিন্যাস (Rearrangement) ঘটেছে, ফলে অ্যালকোহল গ্রুপ কিস্টো গ্রুপে পরিণত হয়েছে। (13.2.14, Amadori rearrangement দ্রষ্টব্য)।

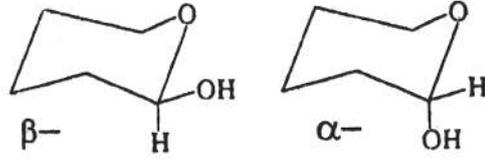
5. গ্লুকোজ যে একটি বদ্ধ শৃঙ্খল অণু তাহার স্বপক্ষে প্রমাণ স্বরূপ নিম্নলিখিত তথ্যগুলি উল্লেখ্য।
  - (i) গ্লুকোজ অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া বাইসালফাইড যুক্ত যৌগ গঠন করে না এবং শিফ বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া দেয় না। এইগুলি প্রমাণ করে গ্লুকোজে অ্যালডিহাইড গ্রুপ যুক্ত অবস্থায় নেই।
  - (ii) গ্লুকোজের পূর্ণ অ্যাসিটাল তৈরির জন্য কেবল এক অণু মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল প্রয়োজন হয়। অ্যালডিহাইড মুক্ত অবস্থায় থাকলে স্বাভাবিকভাবে ঐরকম অ্যালকোহল দুই অণু লাগত।
  - (iii) গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণ মিউটারোটেশন পরিদর্শন করে।

উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি থেকে এই সিদ্ধান্তেই আসা যায় যে গ্লুকোজের অ্যালডিহাইড গ্রুপ তার কোন একটি অ্যালকোহল গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়ার মাধ্যমে একটি হেমিঅ্যাসিটাল গঠন করে, ফলে অ্যালডিহাইড গ্রুপ আর মুক্ত অবস্থায় থাকে না এবং একটি Ring অণু গঠন করে। নানাবিধ বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা গেছে যে এটি একটি ষড়ভুজাকৃতি (six membered ring) যৌগ।

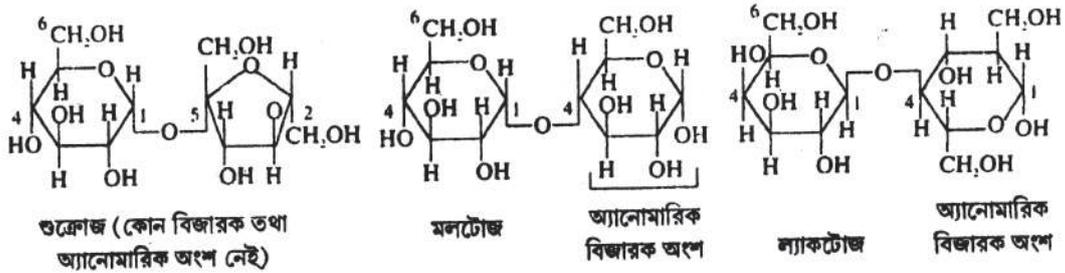


গ্লুকোজ

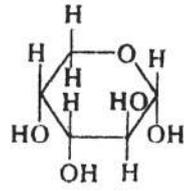
6. গ্লুকোজ ও ম্যানোজ পরস্পরের এপিমার, পরবর্তী অংশের উত্তরের জন্য epimerisation (1.3.2 X, পৃ. 19) দ্রষ্টব্য।
7. Lobry de Bruyn van Ekensteem Rearrangement (1.3.2, iii পৃ. 9) দ্রষ্টব্য।
8. মিউটারোটেশন (1.3.2 ix, পৃ. 16) পৃ. দ্রষ্টব্য
9.  $C_6H_{12}O_6$  সংকেত বিশিষ্ট অ্যালডোহেক্সোজে চারটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু থাকার জন্য  $2^4 = 16$  টি অর্থাৎ 8 জোড়া সমাংশক সম্ভব। প্রতিটি জোড়ার একটি অপরটির ইনানশিওমার। একটি D-শ্রেণি ও অপরটি L-শ্রেণিভুক্ত। এই জোড়াগুলির প্রত্যেকটি আবার বদ্ধ-শৃঙ্খল গঠনের ফলে দুটি সমাংশক গঠন করে যাদের একটিকে অপরটির অ্যানোমার বলে। এই অ্যানোমার দুটির উৎপন্নের কারণ অণুগুলির CHO গ্রুপ  $C_5$  এর OH গ্রুপের মধ্যে বিক্রিয়া। এই দুটির একটি  $\alpha$ - ও অপরটি  $\beta$ - অ্যানোমার। Chain Conformation এ এই দুটির গঠন



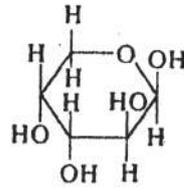
10. শুক্রোজ অবিজারক কারণ এটি ফেলিং দ্রবণ টোলেন দ্রবণকে বিজারিত করে না। এই রকম হওয়ার কারণ শুক্রোজ অণুতে বিজারণধর্মী কোন গ্রুপ বা অংশ নেই। কারণ এই অণু উৎপন্ন হয় গ্লুকোজের বিজারণধর্মী CHO গ্রুপ ও ফুক্টোজের অনুরূপধর্মী CO গ্রুপের মধ্যে (বা উহাদের ঐ অ্যানোমারিক অংশ দুটির মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে। তাই বিজারণ ঘটাবার মত কোন অংশ শুক্রোজ অণুতে থাকে না।
11. শুক্রোজকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে দক্ষিণবর্তী (dextrorotatory) থেকে বামাবর্তী (Laevorotatory) তে পরিণত হয়, তাই উৎপন্ন ঐ মিশ্রণকে বলা হয় Invert (অপবর্তন) সুগার। (1.8.1 পৃ. 49 দ্রষ্টব্য)
12. শুক্রোজকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে এক অণু গ্লুকোজ ও এই অণু ফুক্টোজ উৎপন্ন করে। তাই বলা যায় শুক্রোজে এক অণু গ্লুকোজ ও এক অণু ফুক্টোজ জুড়ে থাকে। বাকি অংশের জন্য 1.8.3 পৃ. 50 দ্রষ্টব্য।
13. শুক্রোজ উল্লেখিত বিক্রিয়াগুলি দেয় না কারণ ঐ সব বিক্রিয়ার জন্য অণুটির যে অংশ মুক্ত অবস্থায় থাকা দরকার (CHO ও CO গ্রুপ) তা থাকে না। শুক্রোজে গ্লুকোজের  $\alpha$ -অ্যানোমার ও ফুক্টোজের  $\beta$  অ্যানোমারের অ্যানোমারিক অংশদ্বয় গ্রাইকোসিডিক বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত থাকে। ফলে মিউটারোটেশনও হয় না কারণ এর জন্য অসম্ভব যে কোন একটি অংশের অ্যানোমারিক অংশ মুক্ত থাকা দরকার যা শুক্রোজে নেই। কিন্তু মলটোজ ও ল্যাকটোজ অনুদ্বয়ের উভয়ের মধ্যেই একটি বিজারক অ্যানোমারিক অংশ মুক্ত অবস্থায় থাকে। তাই ঐ দুইটি উল্লিখিত বিক্রিয়া এবং মিউটারোটেশন দেয়।



14. D-অ্যারোবিনোপিরানোজ এর  $\alpha$ - ও  $\beta$ - অ্যানোমার দুটির গঠন নিম্নরূপ

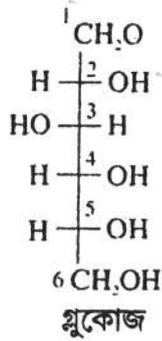


$\alpha$ -D-আরাবিনোপিরানোজ



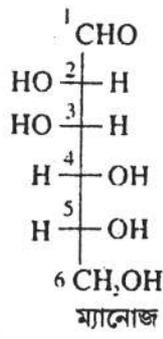
$\beta$ -D-আরাবিনোপিরানোজ

15. গ্লুকোজের  $C_2$ -এপিমার ম্যানোজ,  $C_3$  এপিমার অ্যালোজ ও  $C_4$  এপিমার গ্যালাকটোজ

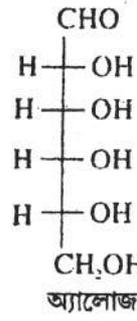


গ্লুকোজ

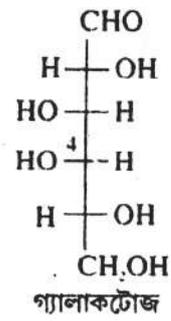
$C_2$ - এপিমার



ম্যানোজ

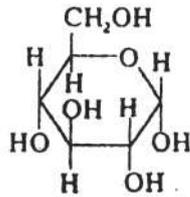


অ্যালোজ  
 $C_3$ - এপিমার

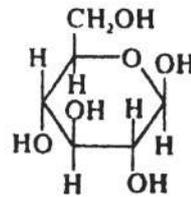


গ্যালাকটোজ  
 $C_4$ - এপিমার

16. D-গ্লুকোপিরানোজ এর  $\alpha$  ও  $\beta$ - অ্যানোমার দুটি নিম্নরূপ।

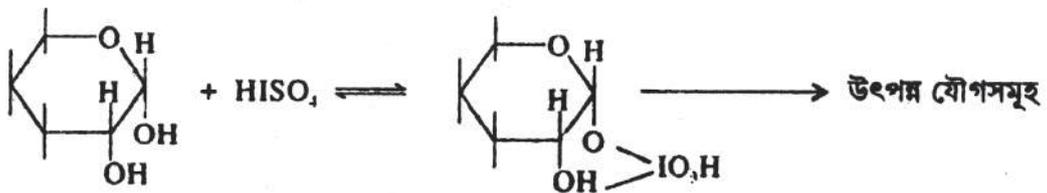


$\alpha$ - অ্যানোমার



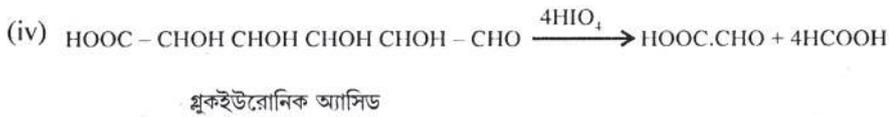
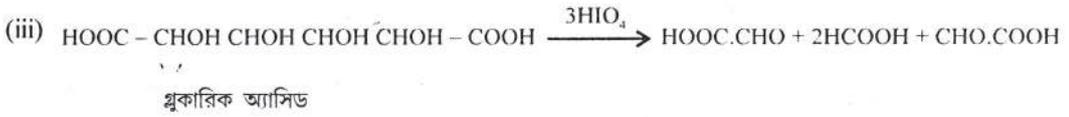
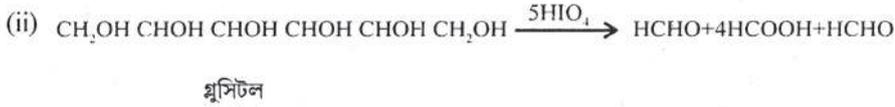
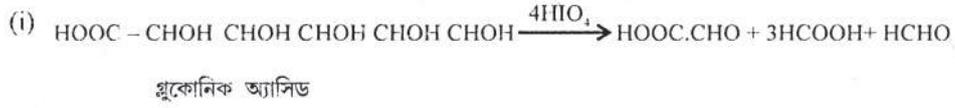
$\beta$ - অ্যানোমার

এখানে  $\alpha$  অ্যানোমার  $C_1$ - $C_2$ 'র OH গ্রুপ দুটি cis অবস্থানে আছে আর  $\beta$ -অ্যানোমার trans অবস্থানে। তাই নিম্নলিখিত mechanism অনুযায়ী  $\alpha$ -অ্যানোমার অনেক সহজে তথা তাড়াতাড়ি বিক্রিয়া ঘটতে পারে।

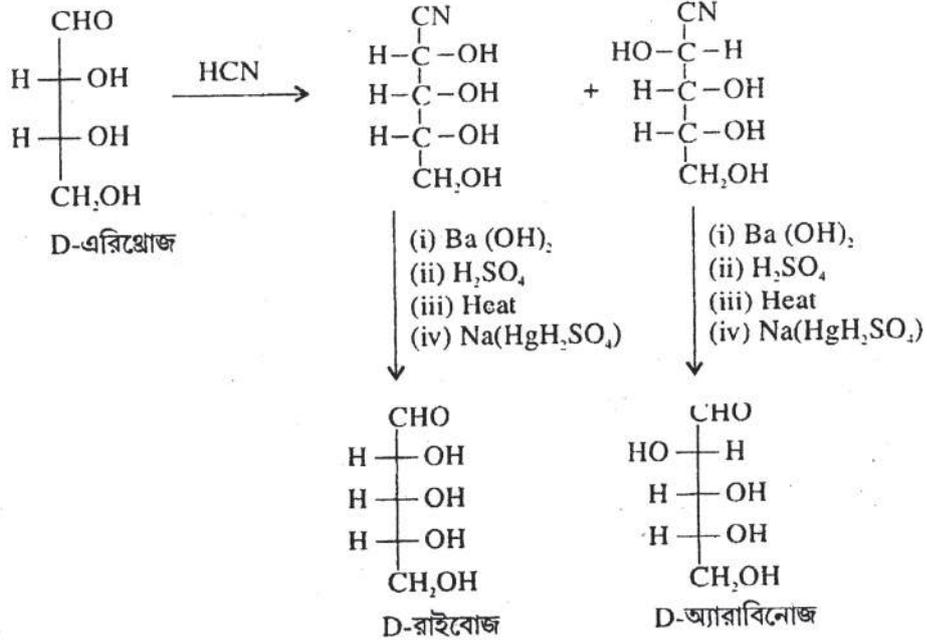


trans অবস্থানে থাকার কারণে  $C_1$ -OH ও  $C_2$ -OH এই অন্তর্বর্তীযোগ (Intermediate) গঠন ততটা সহজসাধ্য হয় না। অণু দুটির বাকি অংশটুকু একইরকম হওয়ায় তার জন্য বিক্রিয়ার গতির কোন তফাত হবে না।

17. বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলি থেকে বিক্রিয়ক অণুর গঠন নিম্নরূপ লেখা যায়



18.



কিলিয়ানি-ফিশার পদ্ধতিতে D-এরিথ্রোজ থেকে D-রাইবোজ ও D-অ্যারাবিনোজ উৎপন্ন হবে।

19. প্রশ্নানুযায়ী  $M_\alpha \times 112^\circ + M_\beta \times 19^\circ = 52.5^\circ \dots\dots\dots(1)$

$M_\alpha + M_\beta = 1 \dots\dots\dots(2)$

$M_\alpha = \alpha$ -অ্যানোমারের মোল ভগ্নাংশ (mole fraction)

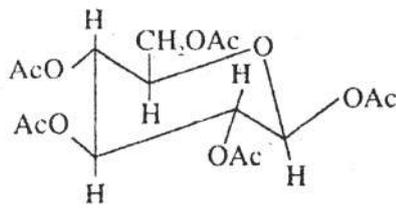
$M_\beta = \beta$ -অ্যানোমারের মোল ভগ্নাংশ (mole fraction)

সমীকরণ দুটি সমাধান করলে

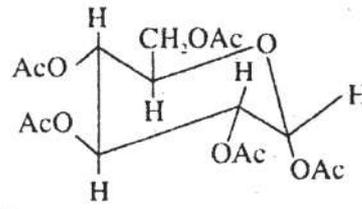
$$M_\alpha = 0.36 = 36\%$$

$$M_\beta = (100 - 36) = 64\%$$

20. বদ্ধশৃঙ্খল গ্লুকোজ অণুর দুটি অ্যানোমার থাকে যাতে মুক্ত CHO গ্রুপ না থাকায় উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলি দেয় না। এর পাঁচটি OH গ্রুপ  $\text{Ac}_2\text{O}$ -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2টি অ্যানোমারিক পেন্টাঅ্যাসিটেট গঠন করে।

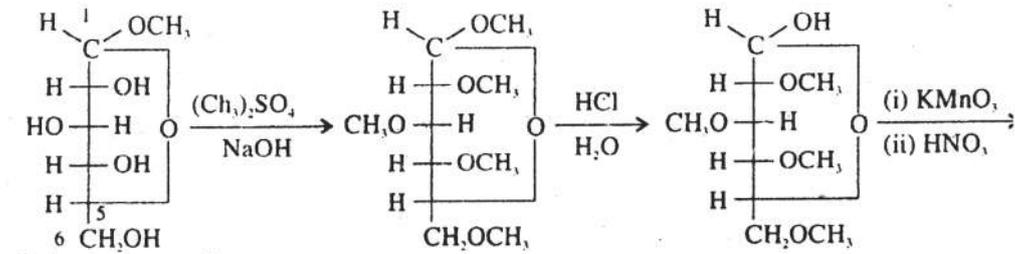


$\beta$ -Pentaacolate

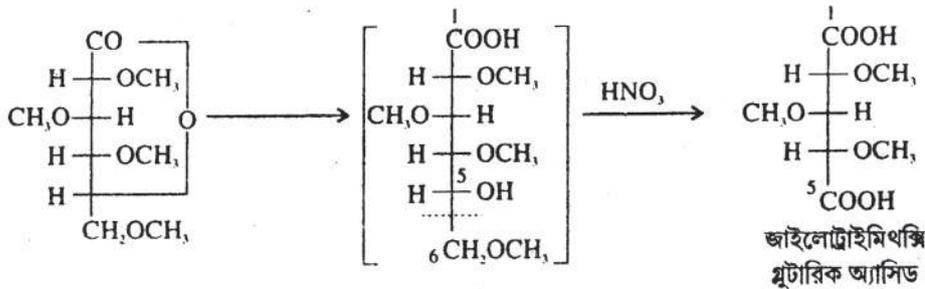


$\alpha$ -Pentaacolate

21. প্রথমে বিক্রিয়াগুলি লেখা যাক।



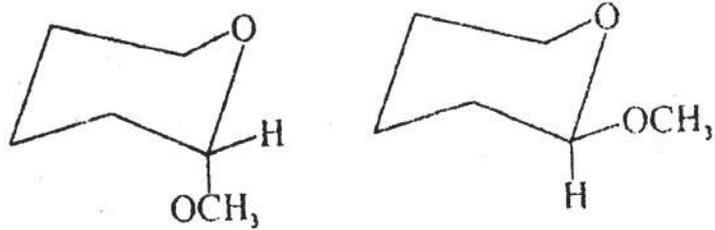
মিথাইল  $\alpha$ -D গ্লুকোসাইড



মিথাইল  $\alpha$ -D গ্লুকোসাইড

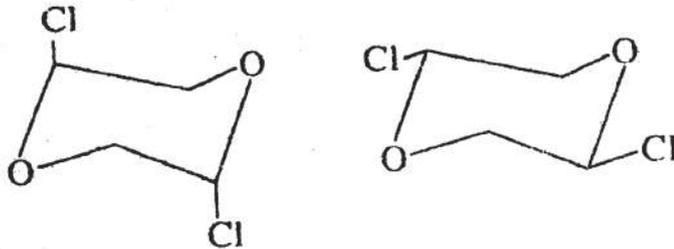
উপরোক্ত বিক্রিয়ায় শেষ ধাপে উৎপন্ন দ্বিফলকীয় অম্ল জাইলোট্রাইমিথক্সি গ্লুটারিক অ্যাসিডের  $C_5$  এর COOH গ্রুপ উৎপন্ন হতে পারে যদি ওখানে জারিত হবার মত কোন গ্রুপ থাকে। এখানে জারিত হবার মত একমাত্র সম্ভাব্য গ্রুপ OH (অ্যালকোহল) যা সম্ভব গ্লাইকোসাইড বন্ধনী খুলে গিয়ে। সুতরাং সিদ্ধান্ত করা যায় যে একেবারে প্রথমে মিথাইল  $\alpha$ -D- গ্লুকোসাইডে  $C_1$  ও  $C_5$  এর মধ্যে গ্লাইকোসাইড বন্ধনী ছিল অর্থাৎ Ring size ছিল ষড়ভুজ (six membered)।

22.



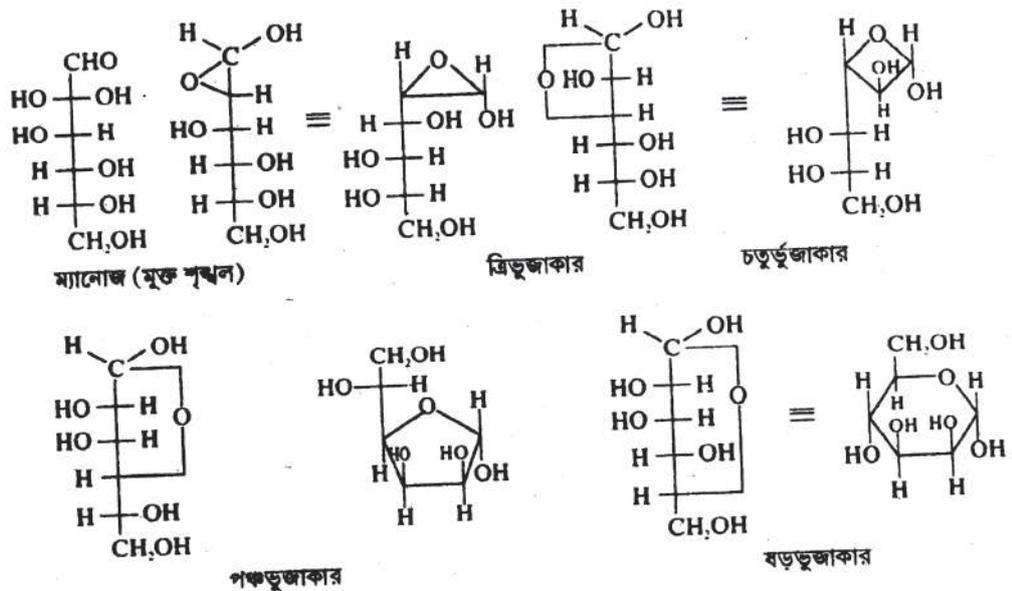
অ্যানোমার প্রভাব দ্রষ্টব্য (1.6 পৃ. 26)

23.



অ্যানোমারিক প্রভাব দ্রষ্টব্য

24.

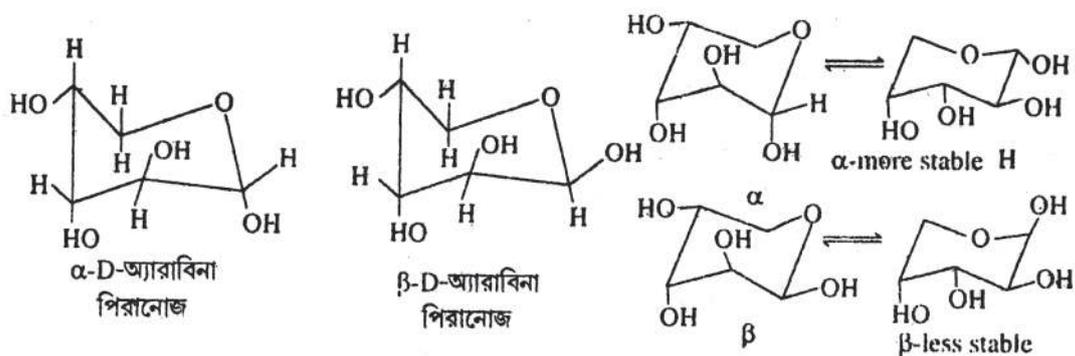


সাম্যাবস্থায় এগুলির মধ্যে ত্রি ও চতুর্ভুজাকার অণুর কোন অস্তিত্ব নেই কারণ স্থিতিশীলতার বিচারে এগুলি গঠন হওয়া কষ্টসাধ্য। একই কারণে ষড়ভুজাকৃতি গঠন সব চাইতে বেশি, পঞ্চভুজাকৃতি গঠন কিছু পরিমাণ থাকে।

25. (i)  1 নং (ii)   $\alpha$ -D-গ্লুপিরাইনোজ

26. (i) 1 (ii) 4 ও 6 (iii) 2 (iv) 5

27.



28. ২, ৪

## 5.12 অতিরিক্ত সাহায্যকারী গ্রন্থসমূহ

1. Organic Chemistry Vol II by I. L. Finar
2. Organic Chemistry by Movrisa K. Boyd
3. Organic Chemistry : Solomon

---

## একক 6 □ অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড ও প্রোটিন

---

গঠন

- 6.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য
- 6.2 অ্যামিনো অ্যাসিড
- 6.3 অ্যামিনো অ্যাসিডের ধর্ম
  - 6.3.1 অম্ল ও ক্ষার ধর্ম
  - 6.3.2 আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট নির্ধারণ
- 6.4 অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতি
- 6.5 অ্যামিনো অ্যাসিডের রাসায়নিক ধর্ম
- 6.6 পেপটাইড ও প্রোটিন
- 6.7 পেপটাইড সংশ্লেষ
  - 6.7.1 পেপটাইড সংশ্লেষণে সমস্যা
  - 6.7.2 সংরক্ষণ গ্রুপ ও সংরক্ষণ বিক্রিয়া
  - 6.7.3 পেপটাইড সংশ্লেষ
  - 6.7.4 অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপকে সক্রিয়তরকরণ
  - 6.7.5 সংযোগকারী বিক্রিয়া
  - 6.7.6 পেপটাইড সংশ্লেষের কৌশল তথা পরিকল্পনা
  - 6.7.7 পেপটাইড সংশ্লেষে সংরক্ষক গ্রুপ ও সংযোগ বিক্রিয়া
  - 6.7.8 পেপটাইড বিশুদ্ধীকরণ
  - 6.7.9 কঠিন বিক্রিয়া মাধ্যম পেপটাইড সংশ্লেষ
- 6.8 প্রোটিন
  - 6.8.1 প্রোটিনের শ্রেণিবিভাগ
  - 6.8.2 প্রোটিনের গঠন
- 6.9 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি
- 6.10 উদ্ভূতমালা
- 6.11 অতিরিক্ত সাহায্যকারী গ্রন্থসমূহ

---

## 6.1 প্রস্তাবনা

---

প্রাণীজগতের অস্তিত্ব রক্ষার জন্য যে তিনটি বহুসংযোগ যৌগ (Polymer) অত্যাবশ্যক সেগুলি হল (i) পলিস্যাকারাইড, (ii) প্রোটিন ও (iii) নিউক্লিক অ্যাসিড। এগুলিকে বায়োপলিমার ও (Biopolymer) বলা হয়।

এইগুলির মধ্যে প্রোটিন হল অ্যামিনো অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পলিমার। প্রোটিন (Protein) কথাটা গ্রীক শব্দ (Protios) থেকে এসেছে। এর অর্থ হল first অর্থাৎ প্রথম। জীবনধারণের জন্য যে সব যৌগ প্রয়োজন তার মধ্যে প্রোটিনের গুরুত্বই প্রথম স্থানে। এই প্রোটিনই আমাদের শরীর গঠনে একটা বড় অংশ জুড়ে আছে। প্রোটিন প্রতিটি প্রাণী কোষে বর্তমান। ত্বক, মাংশপেশী (muscle), পেশীবন্ধ (tendous), স্নায়ু (nerve) রক্ত ইত্যাদির প্রধান উপজীব্য এই প্রোটিন। আবার রক্ত কণিকা সহায়ক বস্তু (antibody), এনজাইম (enzyme) ও হরমোন (Hormone) এতেও এই প্রোটিন বর্তমান। পেপটাইড তথা পলিপেপটাইড ও এই প্রোটিন একই ধরনের যৌগ। রাসায়নিক দিক থেকে এই দুই ধরনের যৌগের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য নেই। সাধারণভাবে ~10,000 এর ওপর আণবিক ওজন (molecular weight) বিশিষ্ট যৌগকে প্রোটিন ও তার কম আণবিক ওজন বিশিষ্ট যৌগকে পলিপেপটাইড বলা হয়।

এত গুরুত্বপূর্ণ এই প্রোটিন গঠিত হয় অ্যামিনো অ্যাসিডের সাহায্যে। বহু সংখ্যক (শত শত এমনকি হাজার হাজার) অ্যামিনো অ্যাসিড অণু যুক্ত হয়ে প্রোটিন অণু গঠন করে। প্রোটিনকে সম্পূর্ণভাবে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ঐ প্রোটিন গঠনকারী অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো বেরিয়ে আসে। এ যাবত প্রায় ২৫টির মত অ্যামিনো অ্যাসিডের অস্তিত্ব জানা গেছে।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে জৈব জগতে অ্যামিনো অ্যাসিডের গুরুত্ব অপরিসীম। এখন এই অ্যামিনো অ্যাসিড যৌগটি কী?

---

### উদ্দেশ্য

---

বর্তমান এককটি পড়ে এ আলোচনা করে আপনারা জানতে ও বুঝতে পারবেন

- অ্যামিনো অ্যাসিড, পেপটাইড ও প্রোটিন কী এবং এদের মধ্যে সম্পর্কই বা কী।
- অ্যামিনো অ্যাসিডের ধর্ম ও প্রস্তুতি।
- পেপটাইড সংশ্লেষের বিভিন্ন পদ্ধতি ও ক্রিয়া কৌশল।
- প্রোটিনের শ্রেণিবিভাগ ও গঠন।

---

## 6.2 অ্যামিনো অ্যাসিড

---

অ্যামিনো অ্যাসিড কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন যৌগ। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের কোনো কার্বন পরমাণুর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অ্যামিনো ( $\text{NH}_2$ ) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ উৎপন্ন হবে তাকে বলা হয় অ্যামিনো অ্যাসিড।  $\alpha$ -কার্বন পরমাণু থেকে হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হলে তাকে বলা হয়  $\alpha$ -

তালিকা (Table) : 1

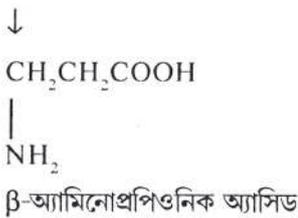
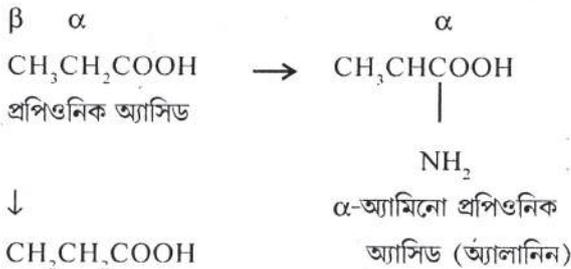
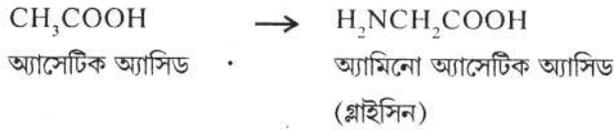
নাম	সংক্ষিপ্ত নাম	এক অক্ষর নাম	গঠন	আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট	$[\alpha]_D^{25}$ (H <sub>2</sub> O)	গলনাঙ্ক °C	সীতিবদ্ধ নাম Systematic Name
১. গ্লাইসিন	Gly	G	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	0.97	-	292 dec.	Amino acitic acid
২. অ্যালানিন	Ala	A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02	-2.7	297 dec.	$\alpha$ -Amino propionic acid
৩. ভ্যালিন	Val	V	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97	+6.4	315 dec.	$\alpha$ -Amino isovaleric acid
৪. লয়সিন	Leu	L	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98	-10.8	337 dec.	$\alpha$ -Amino isocaproic acid
৫. আইসোলয়সিন	Ile	I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02	+11.3	285 dec.	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -methyl-n-valeric acid
৬. সেরিন	Ser	S	$\begin{array}{c} \text{HOCH}_2-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.68	-6.8	228 dec.	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -hydroxy propionic acid
৭. থ্রিয়োনিন	Thr	T	$\begin{array}{c} \text{HOCH}-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.60	-28.3	253 dec.	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -hydroxy n-ontyric acid
৮. সিসটিন	Cys or CySH	C	$\begin{array}{c} \text{HSCH}_2-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.02	+9.8	—	$\alpha$ -Amino- $\beta$ -mercapto propionic acid
৯. সিস্টাইন	Cys - Cys or S - Cy S - Cy		$\begin{array}{c} \text{S}-\text{CH}_2-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \\ \text{S}-\text{CH}_2-\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.06	-214.4 N. HCl	258 dec.	Bis-( $\alpha$ -aminopropionic acid) - $\beta$ -disulphide

নাম	সংক্ষিপ্ত নাম	এক অক্ষর নাম	গঠন	আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট	$[\alpha]_D^{25}$ (H <sub>2</sub> O)	গলনাঙ্ক °C	সীতিকৃত নাম Systematic Name
১০. মেথায়োনিন	Met	M	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	5.06	-8.1	283 dec.	α-Amino - γ-methyl thio-n-onyric acid
১১. অ্যাসপারটিক অ্যাসিড	Asp	D	$\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	2.98	+4.7	269 dec.	α-Amino - β-carboxy propionic acid or Amino su..... acid
১২. গ্লুটামিক অ্যাসিড	Glu	E	$\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	3.22	+11.5	247 dec.	α-Aminoglutamic acid
১৩. অ্যাসপারজিন	Asp or AspNH <sub>2</sub>	N	$\text{H}_2\text{NCCH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	5.41	-7.4	236 dec.	α-Amino -β-..... propionic
১৪. গ্লুটামিন	Gln or Glu NH <sub>2</sub>	Q	$\text{H}_2\text{NCCH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	5.70	+9.1	184 dec.	α-Amino glutaric acid
১৫. লাইসিন	Lys	K	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	9.74	+14.6	224 dec.	α, ε-Diamino caproic acid
১৬. হাইড্রক্সি লাইসিন	Hyl		$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH}$ NH <sub>2</sub>	9.15			α, ε-Diamino-δ-hydroxy caproic acid
১৭. আর্জিনিন	Arg	R	$\text{HN}-\text{C}(\text{NH}_2)(\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CHCOOH})-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	10.76	+12.6	230-244 dec.	α-Amino-δ-guanidino-n-valeric acid

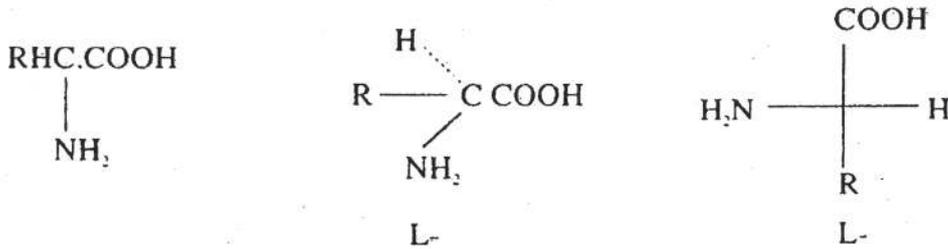
নাম	সংক্ষিপ্ত নাম	এক অক্ষর নাম	গঠন	আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট	$[\alpha]_D^{25}$ (H <sub>2</sub> O)	গলনাঙ্ক °C	বৈজ্ঞানিক নাম Systematic Name
১৮. হিস্টিডিন*	His	H		7.59	-39.0	287 dec.	α-Amino-β-imidazole propionic acid
১৯. ফিনাইল অ্যালানিন*	Phe	F		5.48	-35.1	283 dec.	α-Amino-β-phenyl propionic acid
২০. টাইরোসিন	Tyr	Y		5.67	-8.6	342 dec.	α-Amino-β-(p-hydroxy - phenyl) propionic acid
২১. ট্রিপটোফ্যান*	Trp	W		5.88	-31.5	283 dec.	α-Amino-β-indole propionic acid
২২. প্রোলিন	Pro	P		6.30	-85.0	220 dec.	Pyrrolidine-α-carboxylic acid
২৩. হাইড্রক্সি প্রোলিন	Hyp			6.33	-75.2	270 dec.	γ-Hydroxy pyrrolidine-α-carboxylic acid
২৪. গাইরক্সিন			$H_2NCH_2CH_2CH_2COOH$		-4.4	235 dec.	α-Amino-β-.....
২৫. অর্জিনিন*	Orn						α,δ-Diamino-γ-.....

\* খুব সম্ভবত প্রোটিনে থাকে না। কিন্তু আর্জিনিনকে আর্জিনিন হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

অ্যামিনো অ্যাসিড,  $\beta$ -কার্বন পরমাণু থেকে প্রতিস্থাপিত হলে তাকে বলা হয়  $\beta$ - অ্যামিনো অ্যাসিড ইত্যাদি; যেমন—



দেখা গেছে যে প্রকৃতিতে যে সব অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায় সেগুলি সবই  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড এবং এগুলি সবই L-শ্রেণিভুক্ত। অণুগুলির সাধারণ সংকেত (general formula)—

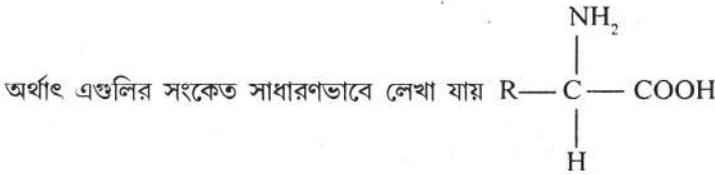
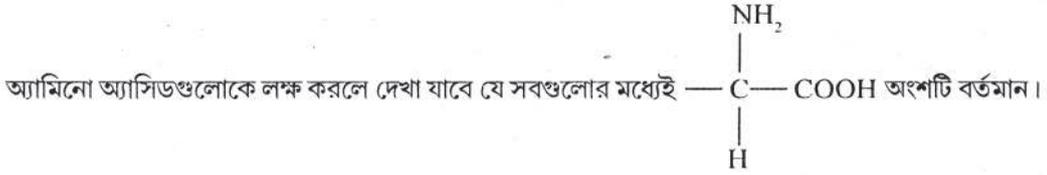


গ্লাইসিন ছাড়া বাকি সব  $\alpha$ - অ্যামিনো অ্যাসিড আলোক সক্রিয়, কারণ  $\text{NH}_2$  গ্রুপ যে কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত সেটি অপ্রতিসম (Chiral) কার্বন পরমাণু।

প্রলিন ও হাইড্রক্সি প্রলিন বাকি অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো থেকে একটু ব্যতিক্রমী কারণ কার্বন এই দুটোতে  $\text{NH}_2$  এর বদলে  $-\text{NH}$  (amido) গ্রুপ বর্তমান যা আবার একটি Ring এর মধ্যে আছে। কিছু অ্যামিনো অ্যাসিডে অ্যারোমেটিক বলয় (Ring) আছে। যেমন—ফিনাইল অ্যালানিন, টাইরোসিন ইত্যাদি। সিসটিন (Cystein), সিসটাইন (Cystine), মেথ আয়োনিন (Methionine) এই তিনটিতে S পরমাণু আছে। কিছু অ্যামিনো অ্যাসিড আছে যেগুলি ছাড়া শরীরের স্বাভাবিক বৃদ্ধি তথা জীবনধারণের পক্ষে অত্যন্ত প্রয়োজনীয়, যার অভাবে নানান অসুবিধা এমনকি মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। এগুলিকে বলা হয় অপরিহার্য (essential) অ্যামিনো অ্যাসিড। অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে মোটামুটি তিনভাগে ভাগ করা যায়।

- (i) নিরপেক্ষ (Neutral) — এর মধ্যে একটি  $\text{NH}_2$  ও একটি  $\text{COOH}$  গ্রুপ থাকে।
- (ii) আম্লিক (Acidic) — এর মধ্যে একটির বেশি  $\text{COOH}$  গ্রুপ থাকে।

(iii) ক্ষারীয় (Basic)— এতে একটির বেশি  $\text{NH}_2$  বা  $-\text{NH}-$  গ্রুপ থাকে  
তালিকা (Table) 1 নং এ অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোর নাম, গঠন, কিছু ভৌত ধর্ম দেওয়া হল।

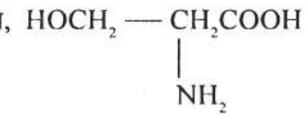


অর্থাৎ R এর রকম ফেরে এক একটি অ্যামিনো অ্যাসিড তৈরি হচ্ছে। প্রোলিন ও হাইড্রক্সি প্রোলিন এদের মধ্যে ব্যতিক্রম।

এই সাদৃশ্য হেতু অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোর অনেক ধর্মই এক রকম আবার R এর রকম ফেরের জন্য অনেক ধর্ম আলাদা।

যদিও প্রকৃতিতে উপস্থিত অ্যামিনো অ্যাসিড প্রায় সবই L অ্যাসিড, কিছু জীবাণু (bacteria) আছে যার মধ্যে O-অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া গেছে।

প্রোটিন থেকে যে অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায় (তালিকা ১) সেগুলি ছাড়াও প্রাণীদেহে আরও অনেক অ্যামিনো অ্যাসিড আছে যেগুলো প্রোটিনের অংশ নয়, এবং  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিডও নয়। যেমন  $\text{H}_2\text{N CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  অ্যামিনো প্রপিওনিক অ্যাসিড বা  $\beta$  অ্যালানিন হোমোসেরিন,



## 6.3 অ্যামিনো অ্যাসিডের ধর্ম (Properties)

### 6.3.1 অম্ল ও ক্ষার ধর্ম

- $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড মানেই  $\text{NH}_2$  ও  $\text{COOH}$  গ্রুপ যুক্ত জৈব যৌগ। সুতরাং আশা করা যায় যে উহাতে অম্ল ও ক্ষার ধর্ম নির্দিষ্ট মাত্রায় থাকবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সেরকম পরিলক্ষিত হয় না।  $\text{COOH}$  গ্রুপ এর অম্ল-ধ্রুবক (acidity constant) ও  $\text{NH}_2$  গ্রুপের ক্ষার ধ্রুবক (basicity constant) আশ্চর্যজনকভাবে কম; যেমন গ্লাইসিন এর বেলায় এই ধ্রুবক  $K_a = 1.6 \times 10^{-10}$  ও  $K_b = 2.5 \times 10^{-12}$  যা হওয়া উচিত ছিল যথাক্রমে  $10^{-5}$  ও  $10^{-4}$  এর কাছাকাছি।
- এই অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির গলনাঙ্ক অন্যান্য কার্বাক্সিলিক অ্যাসিড বা অ্যামিনো যৌগের গলনাঙ্কের চাইতে যথেষ্ট বেশি এবং এগুলি যথেষ্ট অনুযায়ী পদার্থ।
- এই শ্রেণিভুক্ত যৌগগুলি জলে ভালো পরিমাণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু মেরুবিহীন (non-polar) দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না।

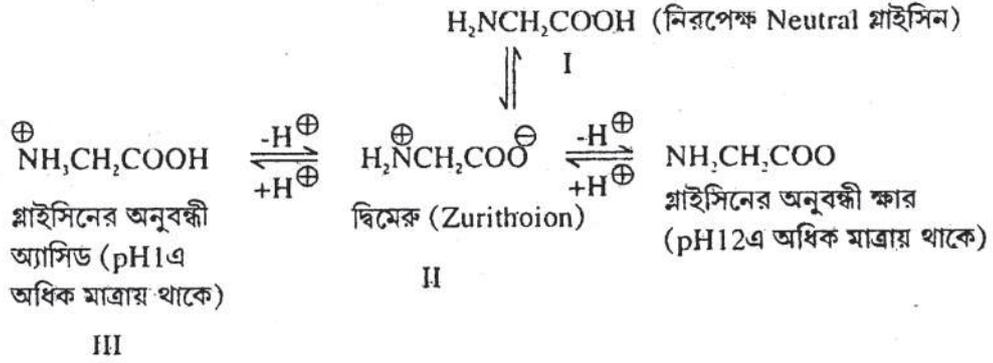
(d) এদের জলীয় দ্রবণ যথেষ্ট মাত্রায় ডাইপোল মোমেন্ট বিশিষ্ট হয়।

উপরোক্ত পর্যবেক্ষণগুলি থেকে সিদ্ধান্তে আসা যায় যে,  $\alpha$  অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি দ্বিমেরুবিশিষ্ট যৌগ।  
যেমন—



প্রশ্ন: 1.  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো কি সব অবস্থাতেই দ্বিমেরুবিশিষ্ট হয়?

উ: না। দেখা গেছে যে জলীয় দ্রবণে দ্রুত সাম্যাবস্থা (equilibrium) সৃষ্টিকারী চার ধরনের অণু বর্তমান।



গ্লাইসিন যেহেতু পরিমিতরূপে (Reasonably) অন্যান্য অ্যামিনো অ্যাসিডের মত ধর্মবিশিষ্ট তাই গ্লাইসিন উদাহরণস্বরূপ দেখানো হল।

উপরোক্ত সাম্যাবস্থাঙ্গাপক সমীকরণে কোনটি কখন অধিক পরিমাণে থাকবে তা নির্ভর করবে দ্রবণের pH-এর ওপর। pH 3 থেকে 8 এর মধ্যে গ্লাইসিনের প্রায় সবটাই ডাইপোলার আয়ন (Zuritterion) হিসেবে থাকে। pH 3 এর নীচে III ও pH 8 এর ওপর IV অধিক পরিমাণে থাকে। যে pH ও III ও IV এর পরিমাণ সমান সমান তাকে বলে আইসোসাইলেকট্রিক পয়েন্ট (Isoelectric point), PI। প্রতিটি অ্যামিনো অ্যাসিডের ভিন্ন ভিন্ন আইসোসাইলেকট্রিক পয়েন্ট আছে এবং ঐ pH এ ঐ অ্যামিনো অ্যাসিডের জলে দ্রবণীয়তা সব চাইতে কম।

প্রশ্ন : 2. অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোর গলনাক্ষ তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি কেন?

উ: অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি দ্বিমেরু আয়নবিশিষ্ট অবস্থায় কেলাসিত হয়। ফর্মেল অণুগুলির মধ্যে অত্যধিক পরিমাণে তড়িৎ আকর্ষণ বলের কারণে অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে যুক্ত থাকে। এই কারণে ঐ গুলির গলনাক্ষ অনেক বেশি হয়। এবং বেশি হওয়ার দরুন গলনাক্ষে পৌঁছালে অনেক অ্যামিনো অ্যাসিড ভেঙে যায় (Decompose)]।

লাল উজনি আলোক বিশ্লেষণে (Infrared analysis) অ্যামিনো অ্যাসিডের ইনানসি ও মারগুলি নিম্নলিখিত শোষণ রেখা (absorption bands) গুলি দেখায় :

3130-3000, 1600-1500<sup>-</sup>, 1550-1480 cm<sup>-1</sup>, NH<sub>3</sub><sup>⊕</sup> এর জন্য; 1600-1500 cm<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub><sup>⊖</sup> এর জন্য; এছাড়া 1300-3800 cm<sup>-1</sup> এও রেখা দেখায়। অতি বেগুনী রশ্মি বিশ্লেষণে (ultraviolet spectral analysis) যেগুলি সাড়া দেয় সেগুলির মধ্যে ফিনাইল অ্যালানিন (~260nm), টাইরোসিন (~275nm) ও ট্রিপটোফোন

(~280nm) তে শোষণ (absorb) করে। এছাড়া আজকাল NMR ও MS বিশ্লেষণের সাহায্যেও অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে চিহ্নিত করা হয়।

### 6.3.2 আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট নির্ধারণ

আমরা আগে আলোচনা করেছি অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি অ্যামফোটেরিক (Amphoteric) অর্থাৎ এর অম্ল ও ক্ষার উভয় ধর্মই বর্তমান এবং pH এর ওপর নির্ভর করে এর 4 ধরনের আণবিকর উপস্থিতি সম্ভব। এখন এই অ্যামিনো অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে যদি অধিক পরিমাণ ক্ষার থাকে তবে এর তড়িৎ ঋণাত্মক অণু (Anion) IV এর পরিমাণ অন্যান্যগুলির তুলনায় অধিক মাত্রায় থাকবে। এই দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে দেখা যাবে যে সার্বিকভাবে অণুগুলি অ্যানোড অর্থাৎ তড়িৎ ধনাত্মক মেরুর দিকে যাচ্ছে। অনুরূপে যদি দ্রবণে অধিক মাত্রায় অ্যাসিড থাকে তবে তড়িৎ ধনাত্মক অণু (Cation) III অধিক পরিমাণে থাকবে এবং ঐ দ্রবণে তড়িৎপ্রবাহের ফলে অণুগুলির সার্বিক গতি হবে তড়িৎ ঋণাত্মক মেরু (Cathode)-র দিকে। সুতরাং এইরূপ কোন দ্রবণের বিশেষ কোন এক pH মাত্রায় তড়িৎ ধনাত্মক ও তড়িৎ ঋণাত্মক অণুর পরিমাণ সমান সমান থাকবে। ফলে তড়িৎপ্রবাহের প্রভাবে অণুগুলি কোনদিকেই যাবে না। এই pH মাত্রাকে বলা হয় অ্যামিনো অ্যাসিডটির আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট (Isoelectric point), PI। প্রতিটি অ্যামিনো অ্যাসিডের এই আইসোইলেকট্রিক পয়েন্টের মান নির্দিষ্ট। এই pH মাত্রায় অ্যামিনো অ্যাসিডটি দ্বিমেরুবিশিষ্ট (Dipolar), II অর্থাৎ Zwitterion রূপে থাকে। অঙ্কের সাহায্যে PI নির্ধারণ করতে হলে তার সংকেত সূত্র (Formula) :—

$$pI = \frac{pk_a - \text{COOH} + pk_a - \overset{+}{\text{N}}\text{H}_3}{2}$$

জলীয় দ্রবণে যখন pH 3 এর নিচে থাকে তখন উহা প্রায় সবটাই III রূপে থাকে; NaOH এর সাহায্যে টাইট্রেট করলে প্রথম যে তুল্যাক্ষ বিন্দু (equivalenic point) পাওয়া যায় সেটি হল—COOH গ্রুপের প্রশমনের জন্য। ফলে উহা COO<sup>-</sup> আয়নে পরিণত হয়। তখন যে pH হয় তার জন্য pk<sub>a</sub> মান হল pk<sub>a</sub>-COOH এরপর ঐ দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে থাকলে দ্বিতীয় আর একটি তুল্যাক্ষ বিন্দু (equivalenic point) পাওয়া যায় যা II এর NH<sub>3</sub><sup>+</sup> এর প্রশমনের কারণ। এই pH দ্রবণের pk<sub>a</sub> মান হল pk<sub>a</sub> - NH<sub>3</sub><sup>+</sup>। উপরোক্ত সমীকরণে এই মান দুইটি বসালে অ্যামিনো অ্যাসিডটির আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট নির্ণিত হবে। গ্লাইসিনের এই দুটি মান যথাক্রমে 2.34

ও 9.60। সুতরাং উহার  $pI = \left( \frac{2.34 + 9.60}{2} \right) = 5.97$

## 6.4 অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতি (Preparation)

প্রোটিন অ্যামিনো অ্যাসিডের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ উৎস। প্রোটিনকে সম্পূর্ণরূপে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে ঐ প্রোটিন গঠনকারি অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি পাওয়া যায়। এছাড়াও অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির প্রস্তুতির কতগুলি সাধারণ পদ্ধতি (general method) তথা সংশ্লেষণ (synthetic) পদ্ধতি আছে। তবে মনে রাখতে হবে যে সাধারণ পদ্ধতি হলেও প্রতিটি পদ্ধতিই বিশেষ কতগুলি অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যায়। সব অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতিতে সমানভাবে প্রযোজ্য হয় না। আবার কোন কোন অ্যামিনো অ্যাসিড বিশেষ কোন পদ্ধতিতেই প্রস্তুত করা যায়।

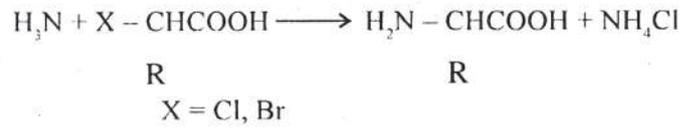
(i) প্রোটিন থেকে অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতি :

উৎস থেকে প্রোটিন পৃথকিকরণের সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়। তারপর প্রাথমিক বিশুদ্ধিকরণের পর উহাকে 6N.HCl বা 5N.Ba(OH)<sub>2</sub> এর সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষণ করা হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কিছু অ্যামিনো অ্যাসিড নষ্ট হয়ে যায়। এই নষ্ট হওয়াকে এড়ানোর জন্য প্রোটিলিটিক উৎসেচক (Proteolytic enzyme) এর সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষণ করা যায়। উৎপন্ন অ্যাসিড মিশ্রণকে এস্টার (ester) মিশ্রণে পরিণত করা হয়। তারপর আংশিক পাতন (Fractional distillation) এর সাহায্যে পৃথক করা হয়। অথবা অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোকে যান্ত্রিক পদ্ধতিতে যেমন, ইলেকট্রোফোরেসিস বা Ion-exchange chromatography ইত্যাদি, পৃথক করা হয়।

(ii) সংশ্লেষণ (Synthetic) পদ্ধতিতে  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতি :

(a)  $\alpha$ -হ্যালোজেনযুক্ত অ্যাসিড থেকে (from  $\alpha$ -hydrogenated acids)

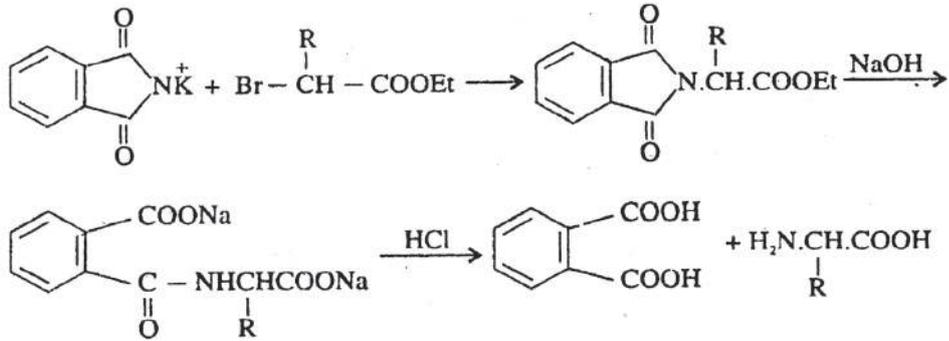
এই পদ্ধতিতে  $\alpha$ -হ্যালোজেন অ্যাসিডকে ঘন অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া ঘটালে  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



এই পদ্ধতিতে গ্লাইসিন, অ্যালানিন, সেরিন, ভ্যালিন, লিউসিন অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো প্রস্তুত করতে সুবিধা হয়।

(b) গ্যাব্রিয়েল থ্যালইমাইড সংশ্লেষণ (Gabriel Phthalimide synthesis)

এই পদ্ধতিতে থ্যালইমাইড এর পটাশিয়াম লবণ ও  $\alpha$ -হ্যালোজেন অ্যাসিডের এস্টারের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

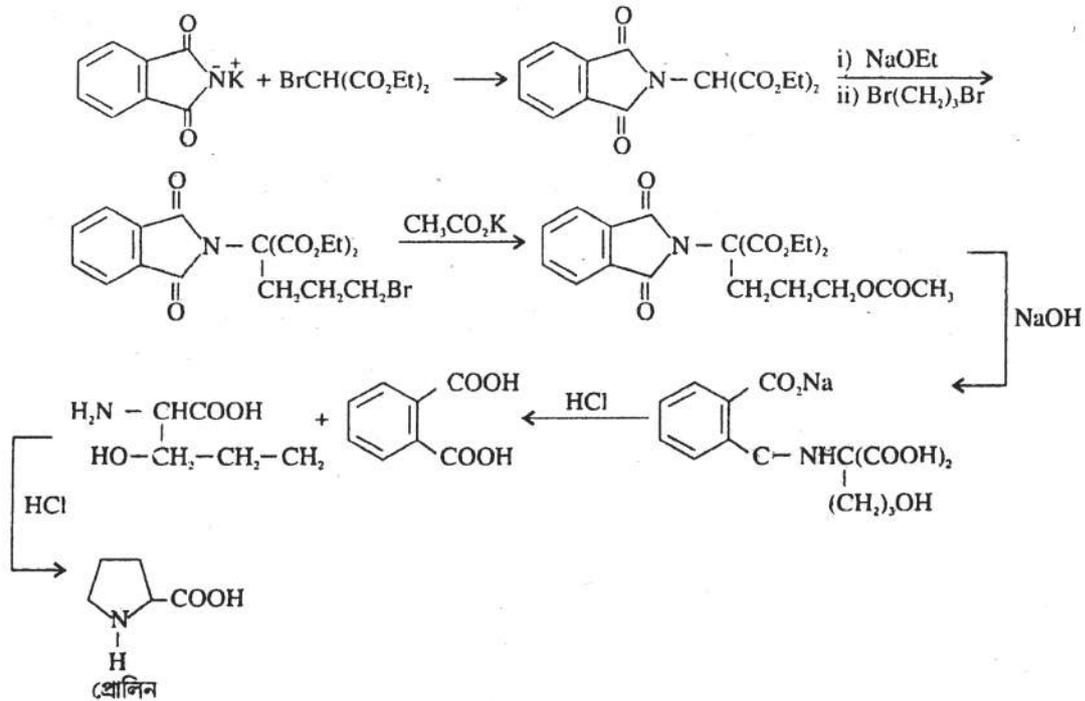


(c) ম্যালনিক এস্টার সংশ্লেষণ (Malonic ester synthesis)

এই পদ্ধতিতে ম্যালনিক এস্টার থেকে প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়ায় অ্যালকিল ম্যালনিক এস্টার তৈরি করা হয়। এই অ্যালকিল ম্যালনিক এস্টার থেকে হ্যালোজেন ম্যালনিক এস্টার তৈরি করে NH<sub>3</sub> সঙ্গে বিক্রিয়ায়  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।



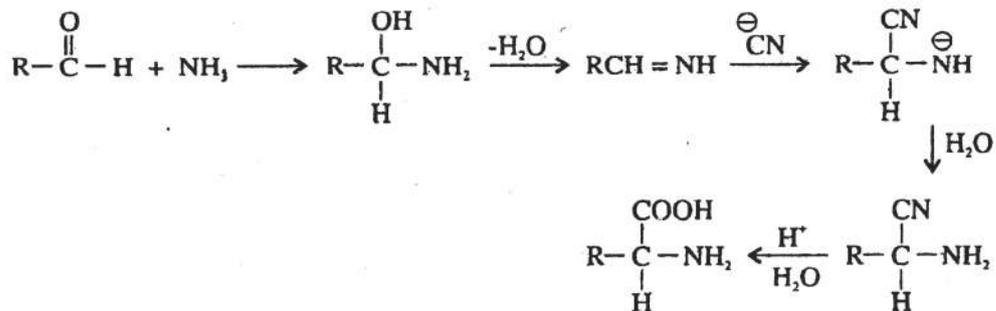
(ii)



এই পদ্ধতিতে সিসটাইন (Cystine), সিসটিন (Cystein), সেরিন, লায়সিন, ভ্যালিন, মেথায়োনি, লাইসিন, গ্লুটামিনক অ্যাসিড, অরনিথিন, ট্রিপটোফ্যান প্রস্তুত করা যায়।

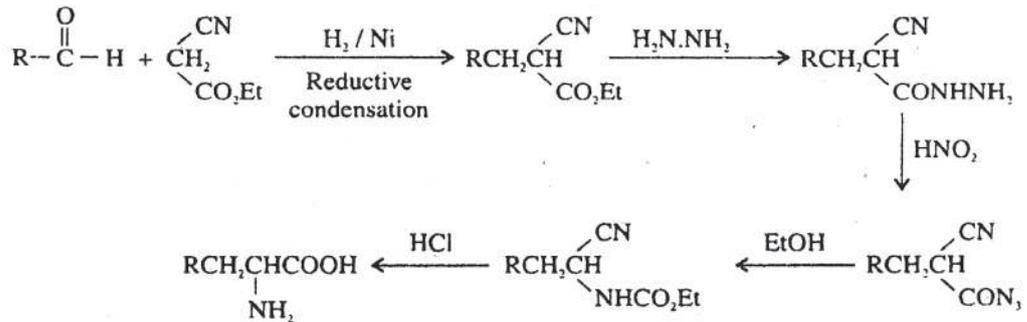
(e) স্ট্রেকার সংশ্লেষণ (Strecker synthesis) :

এটি  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড প্রস্তুতির একটি অত্যন্ত সুবিধাজনক পদ্ধতি।

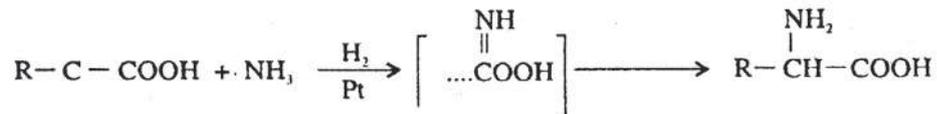


এই পদ্ধতিতে গ্লাইসিন, অ্যালানিন, সেরিন, ভ্যালিন, মেথায়োনিন, গ্লুটামিন অ্যাসিড, লয়সিন, আইসোলয়সিন, পিনাইল অ্যালানিন প্রস্তুত করা যায়।

(f) ড্যারাপস্কি সংশ্লেষণ (Darapsky synthesis)

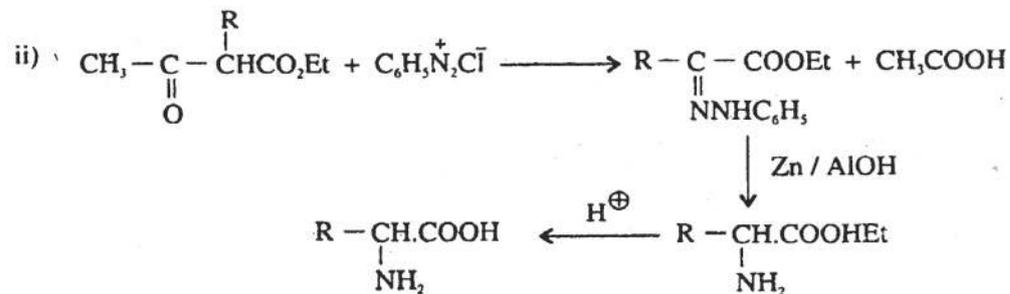
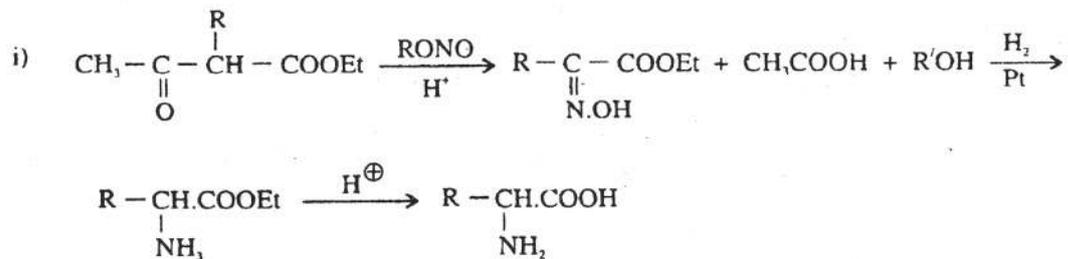


(g)  $\alpha$ -কিটো অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়া মিশ্রণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত করলে  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



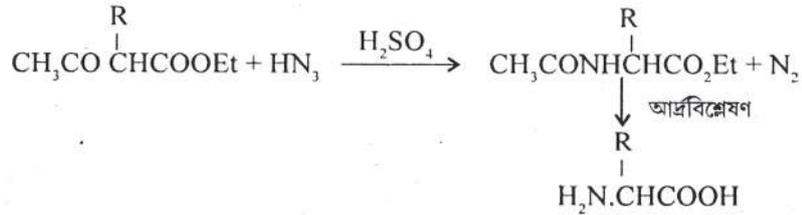
এই পদ্ধতিতে অ্যালানিন ও গ্লুটামিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পক্ষে উপযুক্ত।

(h) অক্সিম ও হাইড্রোজেনকে বিজারণের সাহায্যে  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

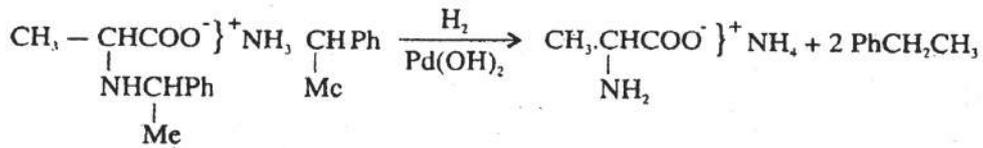
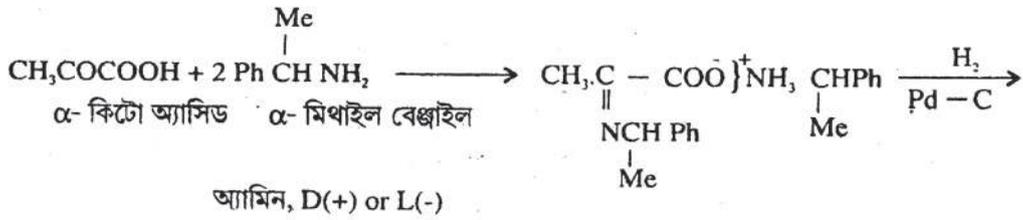


এই পদ্ধতিতে অ্যালানিন, ফিনাইল অ্যালানিন, লয়সিন, আইসোলয়সিন, ভ্যালিন ও হাইড্রক্সিপ্ৰোলিন প্রস্তুত করা যায়।

- (iii) স্মিড্ট (Schmidt) বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যাসেটো অ্যাসেটিক এস্টারকে  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিড পরিণত করা যায়।



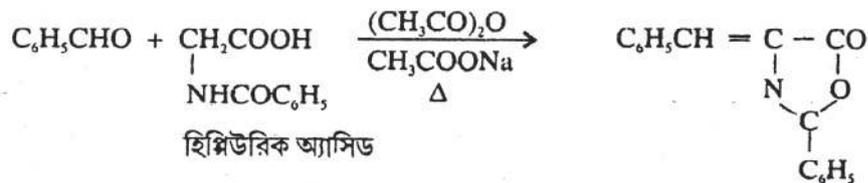
- (i)  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিডের অপ্রতিসম সংশ্লেষণ (Asymmetric synthesis)



এই পদ্ধতিতে অ্যালানিন প্রস্তুত করলে শতকরা 78 ভাগ পরিমাণ অ্যালানিন উৎপন্ন হয় যাতে D(-) অ্যালানিন শতকরা 91 ভাগ থাকে।

- (j) এরলেন মেইয়ার অ্যাজল্যাকটোন সংশ্লেষণ (Erlenmeyer ajlactone synthesis)

এই পদ্ধতিতে প্রথমে অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড ও সোডিয়াম অ্যাসেটেটের উপস্থিতিতে একটি অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড ও হিগ্লিউরিক অ্যাসিড (বেঞ্জয়ল গ্লাইসিন) এর বিক্রিয়ায় অ্যাজল্যাকটোন তৈরি করা হয়।

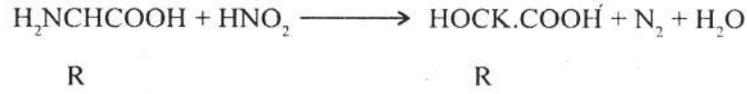


এই বিক্রিয়াটিকেই বলে এরলেনমেইয়ার অ্যাজল্যাকটোন সংশ্লেষণ। এই অ্যাজল্যাকটোন সংশ্লেষণে



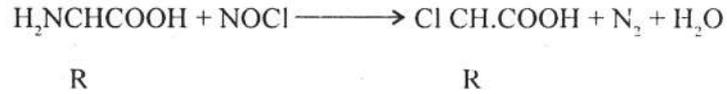


- (iii) নাইট্রোস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ও  $N_2$  গ্যাস নির্গত হয়।

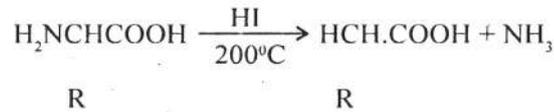


এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন  $N_2$  শতকরা 100 ভাগ (Quantitative) পরিমাণে পাওয়া যায়। তাই এই প্রক্রিয়ায় অ্যামিনো অ্যাসিড বিশ্লেষণ করা যায়। এই বিক্রিয়ার ওপর ভিত্তি করে ফান ল্লাইক পদ্ধতিতে (Van Slyke Method) অ্যামিনো অ্যাসিড মিশ্রণ বিশ্লেষণ করা যায়।

- (iv) নাইট্রোসিল ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের সাথে বিক্রিয়ায় ক্লোরো বা ব্রোমো যৌগ উৎপন্ন হয়।



- (v) হাইড্রায়ডিক অ্যাসিডের সাথে  $200^\circ C$  তাপমাত্রায় অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



- (vi) ফর্মালিনের সাথে বিক্রিয়ায় মেথিলিন অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন করে যেমন—গ্লাইসিন, মেথিলিন গ্লাইসিন তৈরি করে।



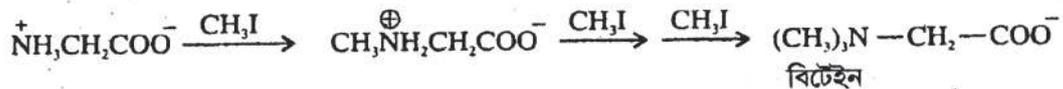
অ্যামিনো অ্যাসিডের COOH গ্রুপ টাইট্রেট করতে হলে প্রথমে উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে  $NH_2$  গ্রুপকে “ঢেকে” (mask) দেওয়া হয় যাতে ক্ষারের সাহায্যে টাইট্রেট করার সময় মুক্ত COOH গ্রুপই শুধু বিক্রিয়া ঘটাতে পারে।

দেখা গেছে যে উপরোক্ত বিক্রিয়ায় মেথিলিন গ্লাইসিন ছাড়াও ডাইমিথাইল গ্লাইসিন ও উৎপন্ন করে।



উপরোক্ত পদ্ধতিকে বলা হয় সোয়েরেনসেন ফর্মোল টাইট্রেশন (Sorensen formol titration)

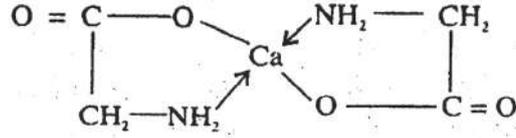
- (vii) অ্যামিনো অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যালিকল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ার কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম যৌগ (লবণ) উৎপন্ন করে। এই যৌগকে বলা হয় বিটেইন (betanic)



- (b) কার্বক্সিল গ্রুপ জনিত ধর্ম (Properties due to the carboxyl group)

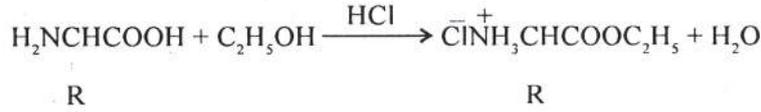
- (i) অ্যামিনো অ্যাসিড ধাতুর সঙ্গে লবণ তৈরি করে। ভারি ধাতুর লবণ চিলেট (Chelate) যৌগ উৎপন্ন করে। যদিও প্রাথমিক পর্যায়ে লবণ তৈরির জন্য COOH গ্রুপ দায়ি, পরবর্তি ধাপে চিলেট উৎপন্ন করার জন্য  $NH_2$  গ্রুপ অংশগ্রহণ করে।

প্লাইসিনের জলীয় দ্রবণ কপার সালফেট এর সঙ্গে মেশালে বা কপার অক্সাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে গাঢ় নীল রংয়ের সূচের মত কেলাস তৈরি করে।



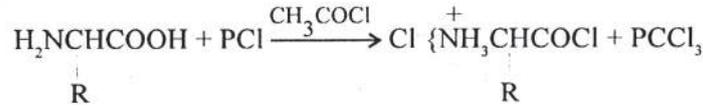
(ii) এষ্টার তৈরি বিক্রিয়া (Esterification)

শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যামিনো অ্যাসিড অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এষ্টার তৈরি করে। উহা হাইড্রোক্লোরিক লবণ হিসেবে থাকে।

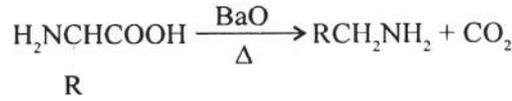


উৎপন্ন লবণকে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিলে এষ্টার মুক্ত হয়।

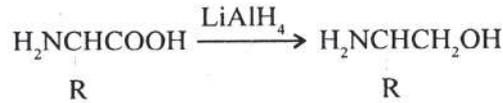
(iii) অ্যামিনো গ্রুপ থাকার জন্য অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে সরাসরি অ্যাসিড ক্লোরাইড তৈরি করা কষ্টকর। তাই অ্যামিনো অ্যাসিডকে প্রথমে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড মিশ্রিত করে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড যৌগ করলে অ্যাসিড ক্লোরাইডের ক্লোরাইড লবণ তৈরি হয়।



(iv) অ্যামিনো অ্যাসিডকে শুষ্ক পাতন (Dry distillation) করলে বা বেরিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে CO<sub>2</sub> নির্গত হয় ও অ্যামিন উৎপন্ন হয়।



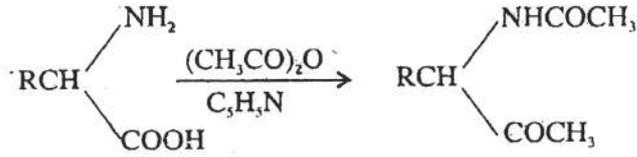
(v) বিজারণ: অ্যামিনো অ্যাসিডকে LiAlH<sub>4</sub> এর সাহায্যে বিজারিত করলে অ্যামিনো অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



(c) অ্যামিনো ও কার্বক্সিল গ্রুপ উভয়ের জন্য ধর্ম

(i) ডাকিন ওয়েস্ট বিক্রিয়া (Dakin-west reaction)

অ্যামিনো অ্যাসিডের পিরিডিন দ্রবণ অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে মিথাইল α-অ্যাসেট অ্যামিডোকিটোন উৎপন্ন করে।

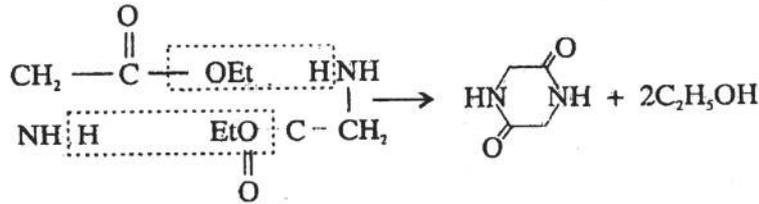


- (ii) অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে মাপলে উচ্চ ডাইপোল মোমেন্ট বিশিষ্ট হয়। এর কারণ হিসেবে বলা হয় অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি দ্বিমেরু অবস্থায় থাকে, যাকে বলা হয় Inner salt বা জুইটার আয়ন (Zwitterion) বা অ্যামফোলাইট (Ampholyte) বা দ্বিমেরু আয়ন (Dipolar ion)। এরূপ হয় কারণ একটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর অ্যাসিডিক কার্বক্সিল গ্রুপ ঐ অণুরই ক্ষারীয় অ্যামিনো গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটা, ফলে উহার মধ্যে আয়নিক বা ক্ষারীয় কোন ধর্মই পরিলক্ষিত হয়না এবং দুই প্রান্তে  $\oplus$  ও  $\ominus$  দুইটি আয়ন সৃষ্টি করে।



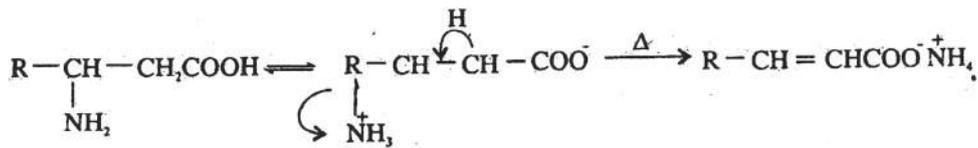
- (iii)  $\alpha$ -অ্যামিনো অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে 2, 5 ডাইকিটোপাইপিরানিজ (2, 5-diketopi perazine) উৎপন্ন করে।

অ্যাসিডের বদলে এস্টার নিলে বিক্রিয়াটি আরো ভাল হয়।

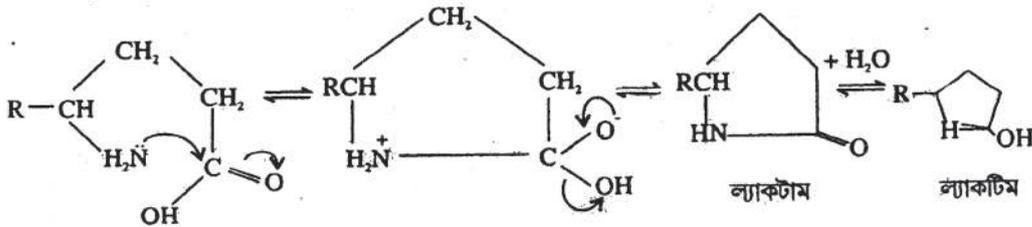


প্রশ্ন:  $\beta$ - ও  $\gamma$ - অ্যামিনো অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কী হবে?

উ:  $\beta$ -অ্যামিনো অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে  $\alpha$ ,  $\beta$ -অসম্পৃক্ত অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন হবে।



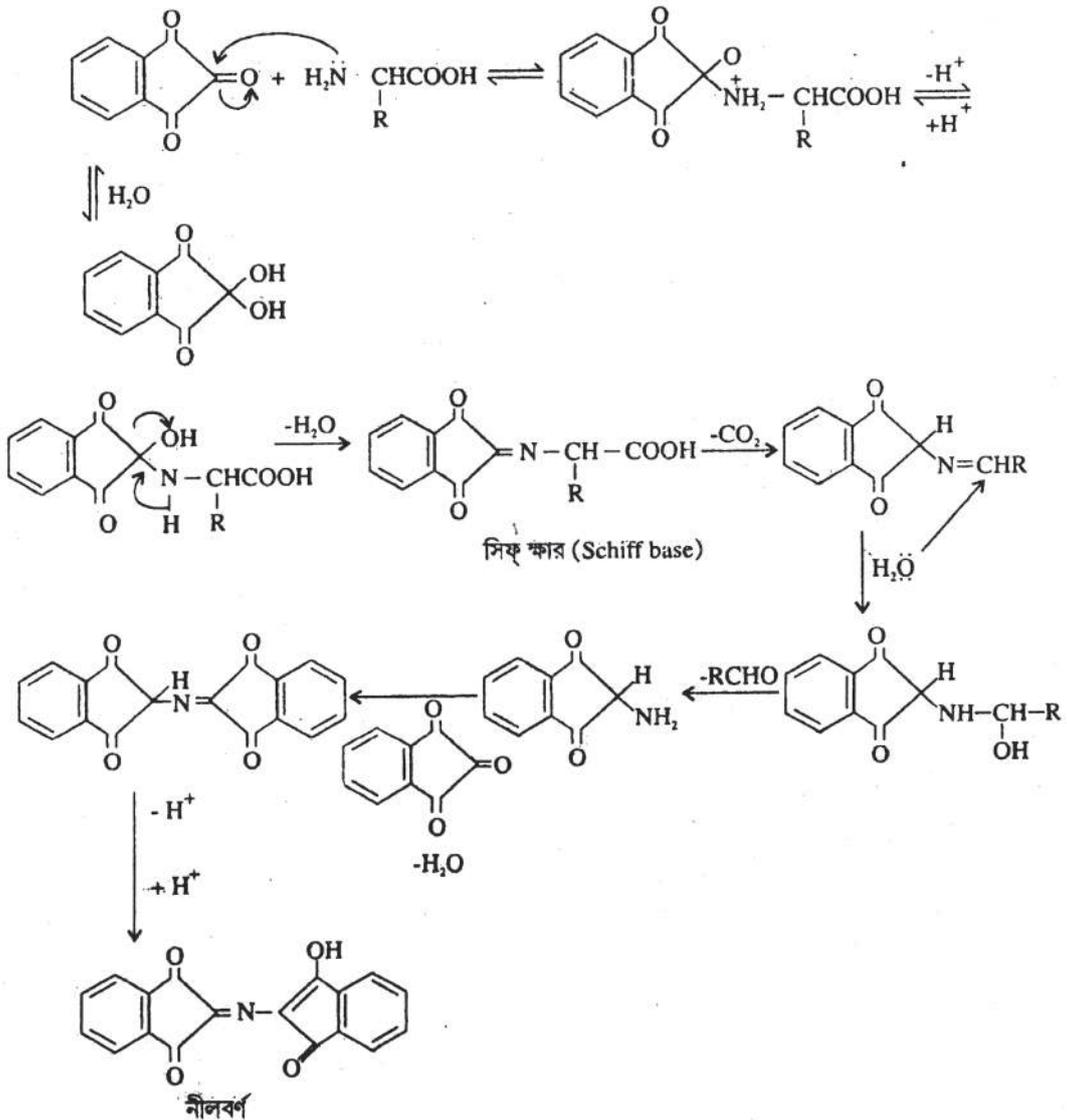
$\gamma$ -অ্যামিনো অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ল্যাকটাম উৎপন্ন হবে।





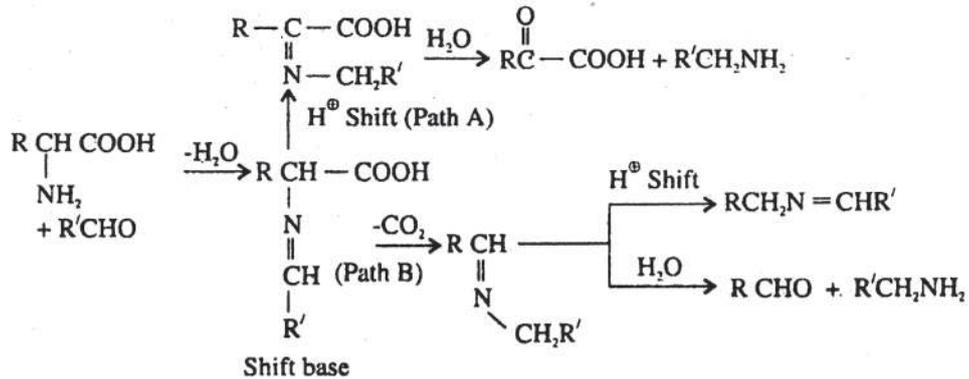
(v) নিনহাইড্রিন বিক্রিয়া (Ninhydrin Reaction)

নিনহাইড্রিন বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি একটা রঙিন যৌগ উৎপন্ন করে। প্রায় সব অ্যামিনো অ্যাসিডই নীল রং এর যৌগ দেয়। কেবল প্রোলিন ও হাইড্রক্সি প্রোলিন হলুদ রং এর যৌগ দেয়। কাজেই এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কোন যৌগ অ্যামিনো অ্যাসিড কিনা তা জানা যায়।



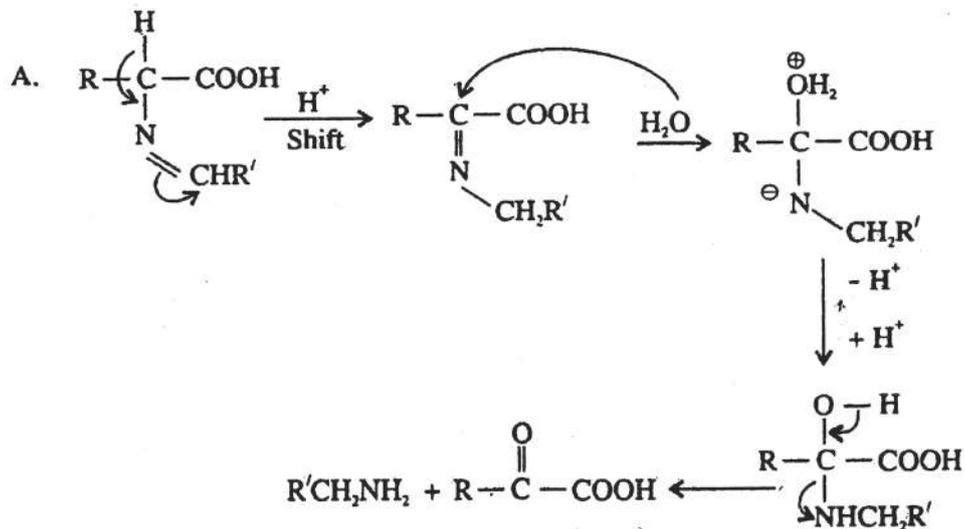
(vi) অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালডিহাইডের বিক্রিয়া

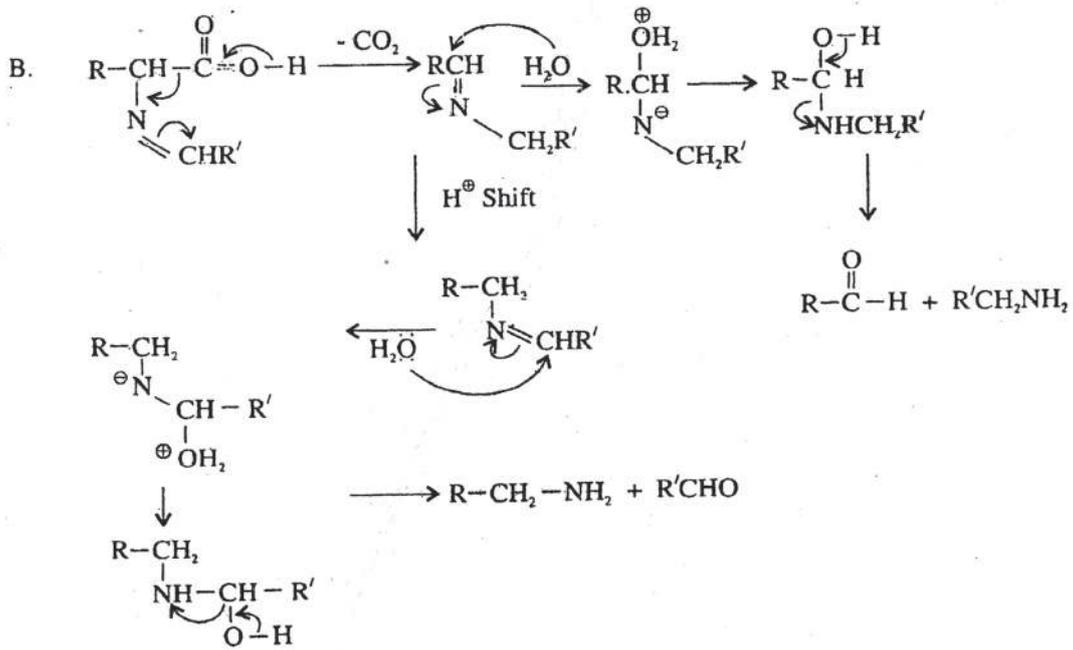
অ্যামিনো অ্যাসিড অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে শিফ্‌স্কার (Schiff's base) উৎপন্ন করে। দ্বিতীয় ধাপে বিক্রিয়াটি দুটি পথে চলে। একটিতে প্রোটন স্থান পরিবর্তন (Proton shift) এর মাধ্যমে ও অপরটি CO<sub>2</sub> নির্গত হওয়ার মাধ্যমে অনুষ্ঠিত হয়। বিক্রিয়াটি অনেকটা নিন হাইড্রিন বিক্রিয়ার মত।



প্রশ্ন: উপরোক্ত (vi) বিক্রিয়ায় শিফ্‌স্কার থেকে দুইটি ভিন্ন পথে যে যৌগগুলি উৎপন্ন হয় সেই বিক্রিয়াগুলির সম্ভাব্য Mechanism কী?

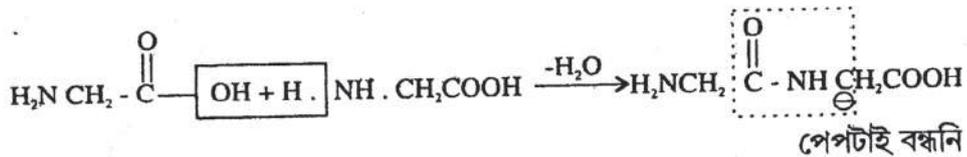
উ: সম্ভাব্য Mechanism গুলি নিম্নরূপ—





## 6.6 পেপটাইড (Peptides) ও প্রোটিন (Protein)

পেপটাইড এমন এক শ্রেণিভুক্ত যৌগ যাতে দুই বা ততোধিক অ্যামাইড অর্থাৎ  $-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}$  গ্রুপ থাকে। এই গ্রুপটিকে বলা হয় পেপটাইড বন্ধনি (Peptide linkage)। ইহা একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপ ও অপর একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের কার্বক্সিল গ্রুপের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয়।



এই বিক্রিয়ায় যদি দুটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশগ্রহণ করে তবে উৎপন্ন যৌগকে বলে ডাইপেপটাইড, তিনটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশগ্রহণ করলে উৎপন্ন যৌগকে বলে ট্রাইপেপটাইড ইত্যাদি এবং অনেকগুলি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশগ্রহণ করলে যে বৃহদাকারের অণু গঠিত হয় তাকে বলা হয় পলিপেপটাইড। আবার এই পলিপেপটাইড অণুর আণবিক ওজন যদি 10,000 এর বেশি হয় তবে তাকে বলা হয় প্রোটিন (Protein)। পেপটাইড অণুতে একপ্রান্তে (বামদিকে) থাকে  $\text{NH}_2$  গ্রুপ ও অন্যপ্রান্তে থাকে  $-\text{COOH}$  গ্রুপ,  $\text{NH}_2$  তথা  $\text{NH}_3^+$  প্রান্তকে বলা হয় N- প্রান্ত (N-terminal) ও  $\text{COOH}$  তথা  $\text{COO}^-$  প্রান্তকে বলা হয় C- প্রান্ত (C-terminal)। পেপটাইডের নামকরণের সময় N- প্রান্ত থেকে শুরু করে পর পর যে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর অংশ থাকে সেগুলিকে লিখতে হয় এবং এই অণুর অংশগুলির নামের inc-র বদলে -yl যুক্ত করতে হয়। কিন্তু



প্রোটিনের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ বা জলে দ্রবণীয় জৈব দ্রাবক মেশালে অথবা জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে প্রোটিন অণুর ভাঁজ খুলে যায় বলে বিশ্বাস করা হয় এবং তার ফলে জমাট বেঁধে (Coagulate) দানার আকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই পরিবর্তন হওয়াকে বলে denaturation এবং ঐ অবস্থায় প্রোটিনকে বলে denatured প্রোটিন। এই denaturation এর ফলে প্রোটিনের আলোক সক্রিয়তা মান (optical rotation) এর পরিবর্তন ঘটে, উহার জৈবিক সক্রিয়তা (biological activity) নষ্ট হয় যেমন উৎসেচকগুলি (Enzymes) নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। Denaturation সাধারণত একমুখি (irreversible); কিন্তু কিছু ক্ষেত্রে একে দ্বিমুখী (reversible) করা যায়। তখন একে বলা হয় renaturation বা পুনর্ভাজকরণ (refolding)। সাধারণত তাপের সাহায্যে denaturation করার পর যদি খুব আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা করা যায় তাহলে অনেক সময় renaturation হয়। এই resaturation পদ্ধতিকে বলা হয় অ্যানিলিং (annealing)।

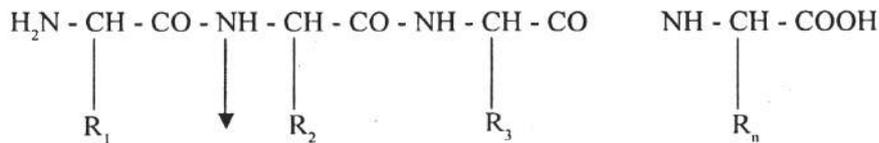
## 6.7 পেপটাইড সংশ্লেষ (Peptide synthesis)

পেপটাইড রসায়ন জগতে এমিল ফিশার (Emil fischer) একজন পথিকৃৎ। বিংশ শতাব্দীর গোড়ায় যখন তাঁর গবেষণার বিবরণী প্রকাশ করেন তখন বৈজ্ঞানিক মহলে আলোড়ন পড়ে যায়। সংবাদপত্রে এই নিয়ে এমন সব খবর প্রকাশ হয় যে সাধারণের মনে ধারণা হয় যে বৈজ্ঞানিকরা বুঝি কৃত্রিম উপায়ে রসায়নাগারে প্রাণের সৃষ্টি করে ফেলেছিল। কারণ প্রাণীজগতের অবয়ব গঠনে যে পেপটাইড তথা প্রোটিন লাগে তার মূল উপাদান হল অ্যামিনো অ্যাসিড অর্থাৎ কিনা জীবন সৃষ্টির একক হচ্ছে অ্যামিনো অ্যাসিড কিন্তু প্রকৃতি বুঝি অলক্ষ্যে হেসেছিলেন। কারণ মনুষ্য সৃষ্ট জটিল এইসব বিপুলাকৃতি অণুর চাইতে অতি সাধারণ এক প্রাকৃতিক প্রাণীকোষ বহু বহু গুণ জটিল। এরপর একে J. S. Fruton, V dn Vigneaud, Theodor Wieland, Theodor Curtius, Uax Bergmam, Leomidas Zervas, Jesse P green stein, Ullilton Winitz, R.B. Merrifield, J Ramchandran এবং আরও অনেক রসায়নবিদ পেপটাইড রসায়ন জগৎকে অনেকভাবে সমৃদ্ধ করে গেছেন।

পেপটাইড রসায়ন গবেষণার এক অফুরন্ত ভাণ্ডার। তাই এখনও বহু বৈজ্ঞানিক এই নিয়ে গবেষণা করছেন। এইসব গবেষণায় পেপটাইড সংশ্লেষ এক অতি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। কিন্তু এই সংশ্লেষণে অনেকরকম অসুবিধা ও জটিলতা দেখা দেয়। এগুলি সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান না থাকলে সংশ্লেষণ ব্যর্থ হতে বাধ্য। তাই এই জটিলতা তথা অসুবিধাগুলি নিয়ে আগে আলোচনা করা দরকার।

### 6.7.1 পেপটাইড সংশ্লেষণে সমস্যা (Problems of Peptide synthesis)

- (i) পেপটাইড তথা প্রোটিন অণু সৃষ্টি হয় অনেকগুলি অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে। এই বিক্রিয়ার ফলে অ্যামাইড বন্ধনীর সাহায্যে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলি যুক্ত থাকে।



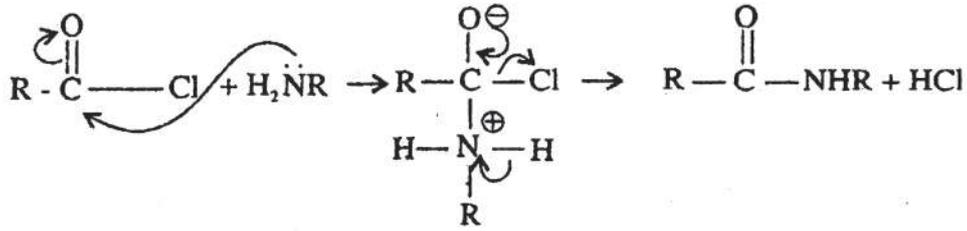
অ্যামাইড বন্ধনীর বা পেপটাইড বন্ধনীর (Peptide linkage)

যেমন—এখন এই অ্যামাইড বন্ধনী সৃষ্টি হচ্ছে একটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর  $\text{NH}_2$  ও ওপর একটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর  $\text{COOH}$  গ্রুপের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে। অর্থাৎ বলা যায় একটি অণুর  $\text{NH}_2$  গ্রুপ অপর অণুর সাহায্যে acylated হয়েছে। কিন্তু এই বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে হয় না। তাই বিক্রিয়াটিকে ত্বরান্বিত করার জন্য একটি অণুর  $\text{COOH}$  গ্রুপকে অধিকতর সক্রিয় গ্রুপে পরিণত করা হয়। যেমন—অ্যাসিড থেকে অ্যাসিড ক্লোরাইড ( $\text{COOH} \rightarrow \text{COCl}$ ) কারণ  $\text{COCl}$  গ্রুপ অধিকতর বিক্রিয়াশীল। ফলে  $\text{RCOCl} + \text{H}_2\text{NR}' \longrightarrow \text{RCONHR}'$  এই অ্যামাইড বন্ধনী গঠনের বিক্রিয়াটি অনেক সহজেই হবে।

[প্রশ্ন:  $\text{COOH}$  এর থেকে  $\text{COCl}$  অধিকতর বিক্রিয়াশীল কেন?

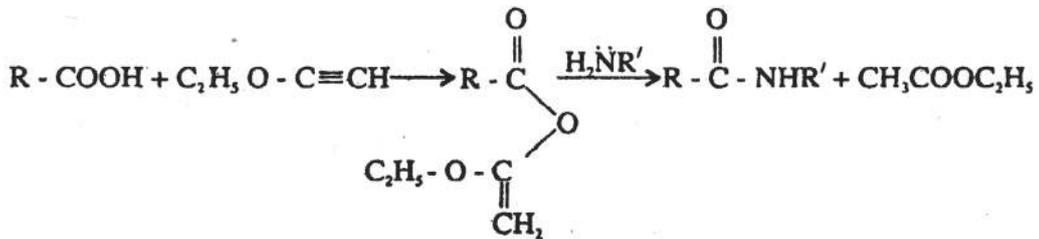
উ:  $\overset{\delta+}{\text{C}} \rightarrow \overset{\delta-}{\text{OH}}$  এবং  $\overset{\delta+}{\text{C}} \rightarrow \overset{\delta-}{\text{Cl}}$  গ্রুপের মধ্যে  $\text{Cl}$  এর ইলেকট্রন ধারণের প্রবণতা যেহেতু  $\text{O}$  এর

ঐ প্রবণতার চাতি বেশি তাই  $\text{C-O}$  ও  $\text{C-Cl}$  বন্ধনী দুইটির মধ্যে  $\text{C-Cl}$  বন্ধনীটি বেশি দ্বিমেরুকরণ Polarisation হয় ফলে ঐ বন্ধনীর  $\text{C}$  পরমাণুটি বেশি ইলেকট্রন আসক্ত (electrophilic) হয়। তাই অপর অ্যামিনো অ্যাসিডের  $\text{NH}_2$  গ্রুপ, যা নিউক্লিয়াস-আসক্ত (nucleophilic) অতি সহজেই  $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$  এর  $\text{C}$  পরমাণুকে আক্রমণ করতে পারে নিম্নলিখিত গতিপথের (mechanism) মাধ্যমে।

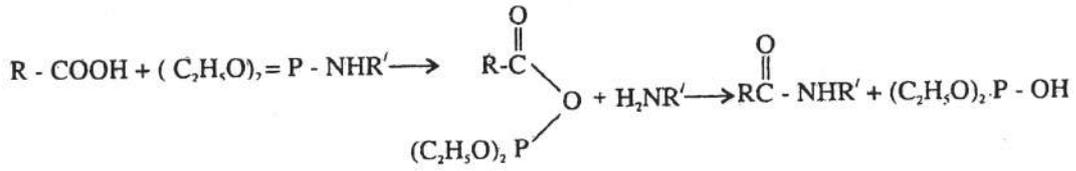


এই কারণে  $\text{COCl}$  গ্রুপ  $\text{COOH}$  এর থেকে বেশি বিক্রিয়াশীল।]

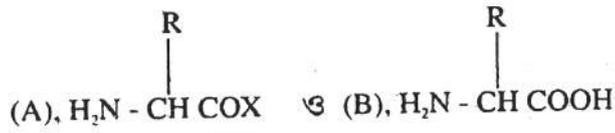
অ্যামিনো অ্যাসিডের  $\text{COOH}$  গ্রুপকে অধিকতর বিক্রিয়াশীল করার আর একটি উপায় নিম্নরূপ :



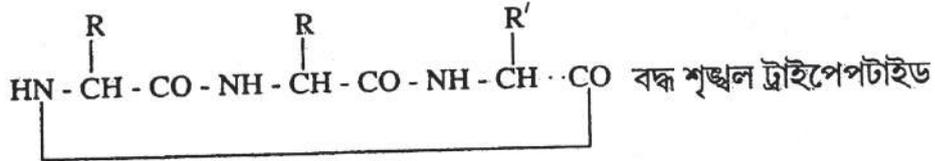
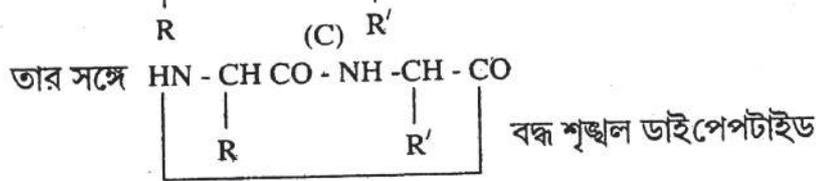
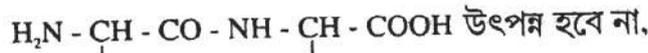
আবার অনেকক্ষেত্রে  $\text{COOH}$  গ্রুপকে সরাসরি অধিকতর বিক্রিয়াশীল গ্রুপে পরিণত না করে অ্যামিনো গ্রুপকে উপযুক্ত বিক্রিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অপর অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে মেশালে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার মাধ্যমে সহজেই অ্যামাইড বন্ধনী সৃষ্টি হয়।



- (ii) প্রতিটি অ্যামিনো অ্যাসিডের অণুতে অন্তত একটি  $NH_2$  ও একটি  $COOH$  গ্রুপ থাকবেই। অ্যামাইড অর্থাৎ পেপটাইড বন্ধনী গঠনে একটি অণুর  $NH_2$  গ্রুপ ও অপরটির  $COOH$  গ্রুপ বিক্রিয়া ঘটিয়ে থাকে। এখন একটির  $COOH$  গ্রুপকে অধিকতর বিক্রিয়াশীল গ্রুপে পরিণত করে অপরটির সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাবার সময় বিশুদ্ধ একটি যৌগ তৈরি হবে না। যেমন ধরা যাক অণু দুটি :

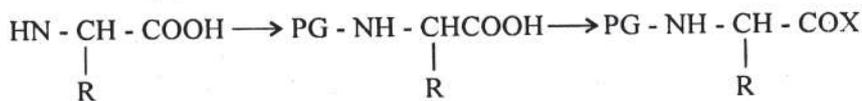


এই দুটির মধ্যে বিক্রিয়ায় শুধু মাত্র



ইত্যাদি যৌগসমূহ উৎপন্ন হবে।

এ রকম মিশ্রণ উৎপন্ন হলে তাদের পৃথকিকরণ অনেক সময় অসম্ভব হয়ে পড়ে, তা ছাড়া উৎপন্ন দ্রব্যের পরিমাণ অনেক কম হয়। এই সমস্যার সমাধান কল্পে প্রয়োজন অনুসারে অণু দুটির  $-NH_2$  ও  $-COOH$  গ্রুপকে সংরক্ষিত (protect) করা হয়। তারপর বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রয়োজনীয় পেপটাইড উৎপন্ন করে সংরক্ষিত গ্রুপকে আবার অসংরক্ষিত (deprotect) করা হয়। যেমন উপরোক্ত অ্যামিনো অ্যাসিড দুটি থেকে শুধুমাত্র প্রথমোক্ত ডাইপেপটাইড (C) উৎপন্ন করতে হয় তবে নিম্নলিখিত বাবে অগ্রসর হতে হবে।



PG = সংরক্ষণকারি (Protective) গ্রুপ; X = COOH গ্রুপকে সক্রিয়তর করার গ্রুপ (activating group)। এরপর অপর অণুটি অর্থাৎ  $H_2N - \underset{\substack{| \\ R}}{CH} - COOH$  এর COOH গ্রুপকে সংরক্ষিত করা হয়। অর্থাৎ  $H_2N - \underset{\substack{| \\ R'}}{CH} - COPG'$  তে পরিণত করা হয়। এখানে PG' আর একটি সংরক্ষণকারী গ্রুপ। এরপর অণু দুটির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটালে শুধুমাত্র একটি পেপটাইড উৎপন্ন হবে। সেটি হ'ল  $PG - NH - \underset{\substack{| \\ R}}{CH} - CO - NH - \underset{\substack{| \\ R'}}{CH} - COPG'$

এরপর একে একে সংরক্ষণকারী গ্রুপ দুটিকে উপযুক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সরান হয় এবং বিশুদ্ধ ডাইপেপটাইড  $H_2N - \underset{\substack{| \\ R}}{CH} - CO - NH - \underset{\substack{| \\ R'}}{CH} - COOH$  পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে উপযুক্ত রাসায়নিক ও প্রয়োজনীয় শর্তের অনুপস্থিতির দরুন ডাইপেপটাইডের  $H_2N$  ও COOH গ্রুপের মধ্যে বিক্রিয়া হবে না এবং ফলে কোন সমস্যার সৃষ্টি হবে না। এইভাবে ধাপে ধাপে এগোলে আরও বড় পেপটাইড সংশ্লেষণ করা যাবে।

- (iii) সংশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পেপটাইডে আলোক সক্রিয়তা বিশুদ্ধতা (Optical purity) বজায় থাকে না। অনেকক্ষেত্রেই রেসিমাইজেশন (Racemisation) হয় অর্থাৎ আলোক নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে। তাই সংশ্লেষণের সময় এমন বিক্রিয়া প্রয়োগ করা উচিত যাতে রেসিমাইজেশন এড়ান যায়। কারণ পেপটাইড শৃঙ্খল যত বড় হবে তত রেসিমিক মিশ্রণ থেকে পৃথকিকরণ দুঃসাধ্য হয়ে পড়বে।
- (iv) অ্যামিনো অ্যাসিডে বিক্রিয়ক গ্রুপ দুটি ( $NH_2$  ও COOH) ছাড়াও অন্য আরও বিক্রিয়াশীল (re-active) গ্রুপ থাকতে পারে, যেমন দ্বিতীয়  $NH_2$ , দ্বিতীয় COOH, OH ইত্যাদি গ্রুপ (তালিকা 1 দ্রষ্টব্য)। তাই পেপটাইড বন্ধনী গঠনের আগে ঐ গ্রুপগুলিকেও সংরক্ষিত করতে হবে।

### 6.7.2 সংরক্ষণ গ্রুপ ও সংরক্ষণ বিক্রিয়ক (Protecting groups and protecting agents) :

আগের আলোচনায় আমরা জেনেছি যে অবিমিশ্র পেপটাইড পেতে গেলে প্রয়োজন মত  $NH_2$  ও COOH গ্রুপের সংরক্ষণ প্রয়োজন। তাই প্রকৃত সংশ্লেষণের আগে আমরা কিছু জেনে নিই এই সংরক্ষণ গ্রুপ তথ্য বিক্রিয়ক সম্বন্ধে। ভাল বা আদর্শ সংরক্ষণ গ্রুপ আমরা কোনগুলিকে বলবো? সাধারণভাবে বলতে গেলে ভাল সংরক্ষণ গ্রুপ তাই, যা (i) সহজেই প্রয়োজনীয় গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাবে, (ii) পেপটাইড সংশ্লেষণ শেষ হলে ঐ গ্রুপগুলো একে একে বেছে বেছে (Selectively) খুব সহজেই সরানো অর্থাৎ কথিত গ্রুপকে পূর্বরূপে ফিরিয়ে আনা যাবে। (iii) সংরক্ষিত গ্রুপগুলোকে পূর্বাভাস ফিরিয়ে আনার সময় দেখতে হবে বিক্রিয়াটি যেন যথেষ্ট কোমল (mild) হয় যাতে পেপটাইড অণুর অন্যত্র কোন প্রভাব বিস্তার না করে। (iv) বিশেষ করে দেখতে হবে যে অ-সংরক্ষণের (Deprotection) সময় যেন রেসিমাইজেশন বা অণুর মধ্যে কোন পুনর্বির্ন্যাস না ঘটে।

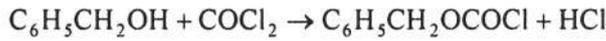
উপরোক্ত গুণাবলীর দিকে নজর রেখে কতকগুলি গ্রুপ তথা বিক্রিয়ককে চিহ্নিত করা গেছে। সেগুলির সম্বন্ধে আলোচনা করা হল।

#### 6.7.2.1 অ্যামিনো গ্রুপ সংরক্ষণ (Amino group protection)

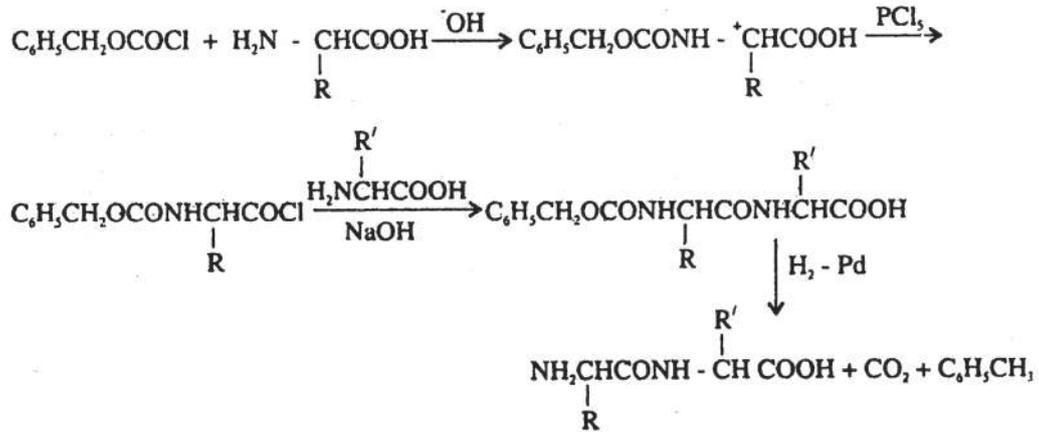
- (i) বেঞ্জাইলক্সি কার্বনিল (কার্বোবেঞ্জক্সি) গ্রুপ (Benzyloxycarbonyl or carbobenzyoxy) group।

পেপটাইড রসায়নে পথিকৃৎ দুই রসায়নবিদ, বের্গমান (Bergmann) ও জেরভাস (Zervas) প্রথম এই পদ্ধতিটি প্রয়োগ করেন। অল্প কিছু ক্রটি বাদ দিলে এটি একটি আদর্শ বিক্রিয়া হিসাবে গণ্য করা যায় বিশেষত এটিকে সমগ্র বিক্রিয়ার পরে, খুব সহজেই অপসারিত করা যায় নানান পদ্ধতিতে। যেমন (a) হাইড্রোনোলিসিস; (b) সোডিয়াম ও তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বিজারণ; (c) জলীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড; (d) অ্যালকোহলীয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা ক্লোরোফর্মিয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড; (e) অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবীভূত ফসফোনিয়াম আয়োডাইড, (f) হাইড্রোক্লোরিক বা হাইড্রোব্রোমিক বা হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড-অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত অবস্থায় (g) তরল সালফার ডাই অক্সাইডে দ্রবীভূত হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (i) প্যারাটলুইন সালফোনিক অ্যাসিড (j) ট্রাইফ্লুরো অ্যাসেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি। এই গ্রুপটি ব্যবহারের আরও সুবিধা এই যে এটি অবাঞ্ছিত অ্যাসিলেশন বিক্রিয়া রোধ করে, রেসিমাইজেশন রোধে সাহায্য করে। এটির আরও সুবিধা এই যে এই গ্রুপের এন্টার বন্ধনী ক্ষারের উপস্থিতিতে অত্যন্ত সুস্থিত। কাজেই অণুতে অন্যত্র কোন এন্টার বন্ধনীর অপসারণ প্রয়োজন হলে, যেমন C প্রান্তে কার্বক্সিল এন্টার, নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষারের সাহায্যে তা সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষণ করে অপসারণ করা যায়। তবে পেপটাইড শৃঙ্খলে যদি দ্বিতীয় অণুটি (বেঞ্জাইলক্সি কার্বনিল গ্রুপের পরিপ্রেক্ষিতে) গ্লাইসিন হয়, তাহলে এন্টার অপসারণের এই পদ্ধতি ব্যবহার করা যায় না।

বেঞ্জাইল অ্যালকোহল ও কার্বনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় সহজেই কার্ববেঞ্জিক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



এরপর নিম্নলিখিত পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায়।

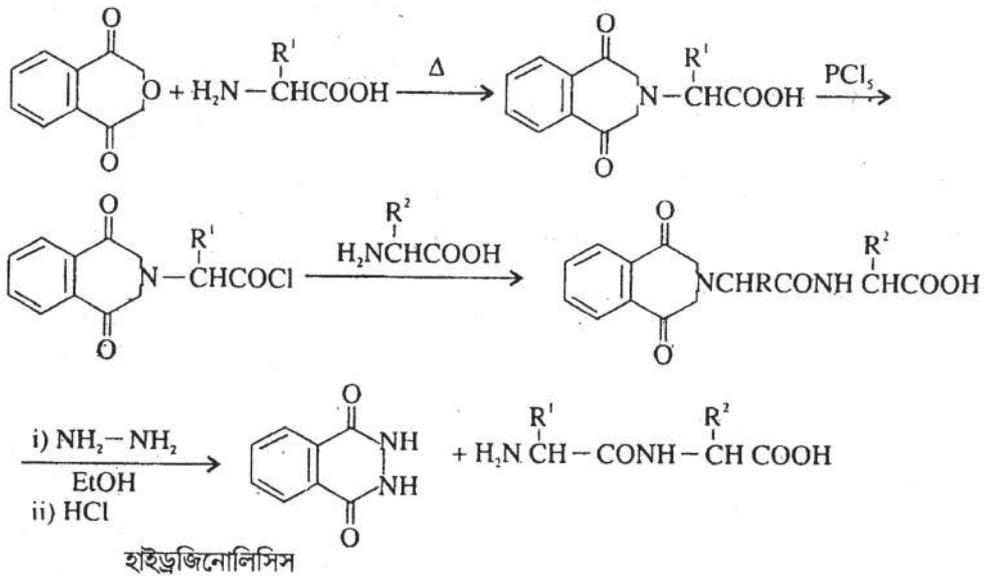


প্রশ্ন: উৎপন্ন পেপটাইডে দ্বিতীয় অণুটি যদি গ্লাইসিন হয় তবে C প্রান্ত এন্টার গ্রুপ অপসারণে ক্ষার ব্যবহার করা যায় না কেন?

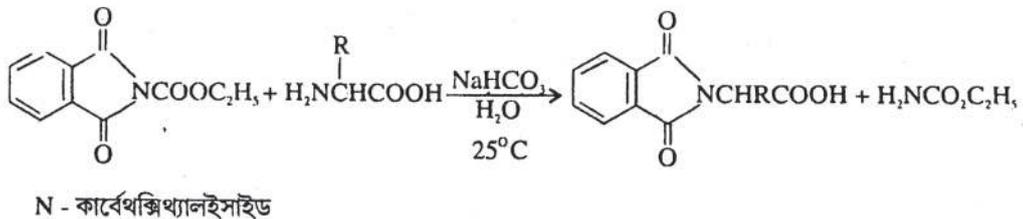
উ: এক্ষেত্রে ক্ষার ব্যবহার করা যায় না কারণ ইহা একটি পার্শ্ব বিক্রিয়া ঘটায় ও হাইড্রানটয়েন জাতীয় যৌগ গঠন করে।





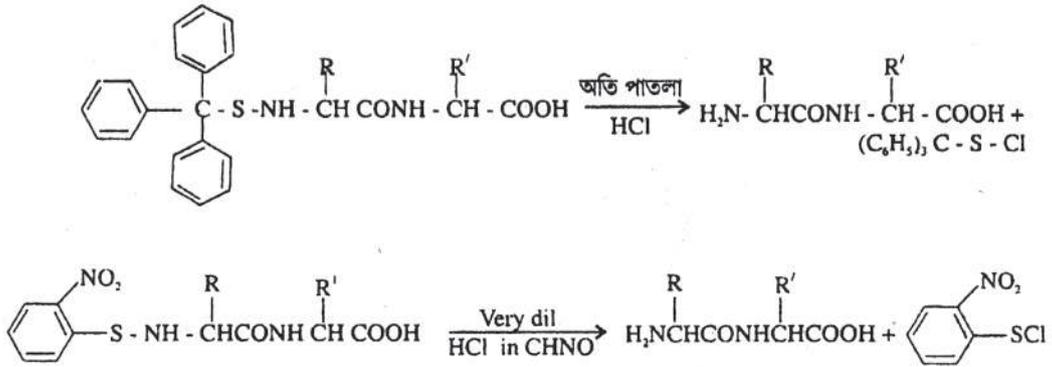


থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডের পরিবর্তে N-কার্বোথিম্ব্যালিসাইড ব্যবহার করলে আরও মৃদু (mild) বিক্রিয়ার মাধ্যমে NH<sub>2</sub> গ্রুপের সংরক্ষণ করা যায়।



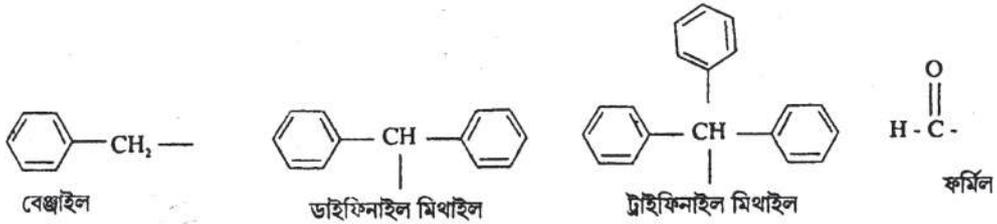
(v) ট্রাইটিলসালফিনাইল এবং অ্যারিলসালফিনাইল গ্রুপ (Tritylsulfonyl and Arylsulfonyl group) :

ঐ গ্রুপের ব্যবহার প্রথম হয় এল. জেরভাস (L. Zervas) এর গবেষণাগারে। ট্রাইটিল (অর্থাৎ, ট্রাইফিনাইল মিথাইল) সালফিনাইল গ্রুপ বা I-গ্রুপ বিশিষ্ট অ্যারিলসালফিনাইল গ্রুপ সংরক্ষক গ্রুপ হিসাবে ব্যবহারের সুবিধা এই যে পেপটাইড গঠনের পর এইসব গ্রুপের অপসারণ খুব সহজেই অতি মৃদু বিক্রিয়ার সাহায্যে করা যায়— যেমন ইথার বা ইথাইল অ্যাসিটেট দ্রবণে অতি পাতলা (dilute) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহারে উহাদের অপসারণ করা যায়।



এই গ্রুপগুলি ব্যবহারের আর একটি সুবিধা হল পেপটাইড বন্ধনী গঠনের জন্য মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড বা নাইট্রোফিনাইল এস্টার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় তখন কোন স্টেরিক বাধা (Steric hindrance) ব্যাঘাত ঘটায় না যেমনটি হয় যদি ট্রাইফিনাইলমিথাইল (ট্রাইটিল) গ্রুপ সংরক্ষক গ্রুপ হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(iii) উপরোক্ত গ্রুপগুলি ছাড়াও বিভিন্ন সময়ে রসায়নবিদরা নিম্নলিখিত গ্রুপগুলি সংরক্ষক হিসেবে ব্যবহার করেছেন। প্রত্যেকটির ব্যবহারেই কিছু কিছু সুবিধা তথা অসুবিধা লক্ষ্য করা গেছে।

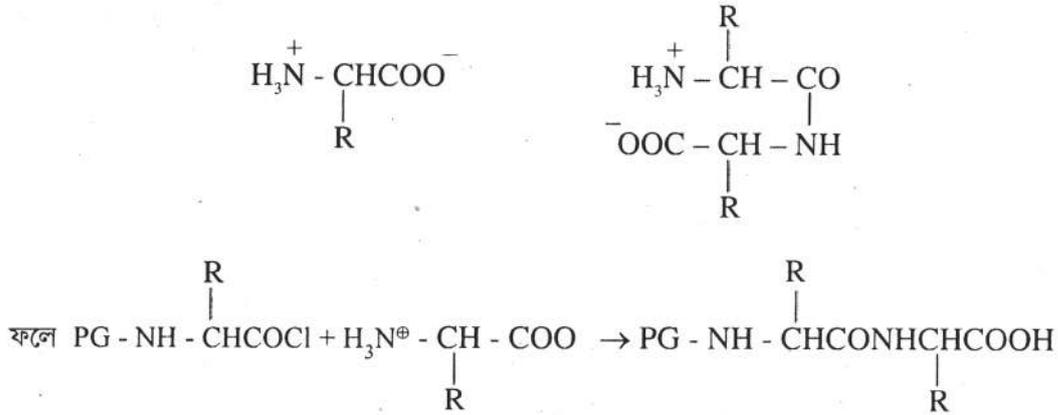


শিফ্ফার, ইনাসিন, বেঞ্জাইল সালফোনিল ইত্যাদি

### 6.7.2.2 কার্বক্সিল গ্রুপ সংরক্ষণ (Carboxyl group protection)

#### (i) লবণ গঠন (Salt formation)

পেপটাইড বন্ধনী গঠনের সময় অ্যামিনো অ্যাসিডের মুক্ত (free) কার্বক্সিল গ্রুপ তেমন একটা বিঘ্ন ঘটায় না। তবুও ক্ষেত্র বিশেষে COOH গ্রুপকে সংরক্ষিত করলে অনেক ভাল ফল পাওয়া যায়। কারণ অ্যামিনো অ্যাসিড বা পেপটাইডের অ্যামিনো গ্রুপ ও কার্বক্সিল গ্রুপ নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে ডিমেরু (Zwitterion) বিশিষ্ট অবস্থায় থাকে।



PG = Protecting Group

বিক্রিয়াটি মসৃণভাবে নাও হতে পারে। কিন্তু COOH গ্রুপকে ক্ষারের সাহায্যে লবণে পরিণত করে নিলে এই অসুবিধা থাকে না। কারণ তখন অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপটি মুক্ত অবস্থায় থাকে।

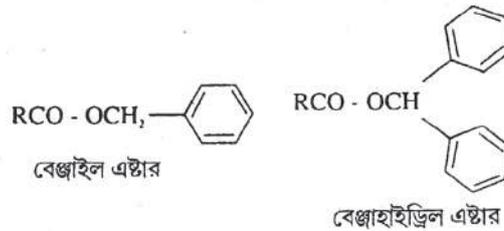


এই লবণ গঠনের জন্য নানারকম ক্ষার ব্যবহার করা হয়, যেমন—NaOH, KOH, Mg(OH)<sub>2</sub>, LiOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> ইত্যাদি, বা জৈব ক্ষার, যেমন—ট্রাই ইথাইল অ্যামিন, ট্রাই বিউটাইল অ্যামিন, N-ইথাইল-পাইপেরিডিন ইত্যাদি। জৈব ক্ষার ব্যবহারে একটি সুবিধা হল এগুলি থেকে উৎপন্ন জৈব দ্রাবকে অনেক ভাল দ্রবণীয় এবং যেহেতু জৈব দ্রাবকে পেপটাইড গঠন বিক্রিয়া অনেক ভাল হয় তাই জৈব ক্ষার লবণ ব্যবহার সুবিধা জনক। জলীয় দ্রবণে পেপটাইড গঠন সঙ্গে অবাঞ্ছিত আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis) হতে পারে।

(ii) এস্টার গঠন (Ester formation) :

এস্টার গঠন হল কার্বক্সিল গ্রুপ সংরক্ষণের সর্বাধিক ব্যবহৃত উপায়। বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন গবেষক বিভিন্ন ধরনের এস্টার গঠনের সাহায্যে কার্বক্সিল গ্রুপ সংরক্ষণ করে পেপটাইড সংশ্লেষণ করেছেন। প্রত্যেকটি পদ্ধতি ব্যবহারের পেছনে কোন না কোন কারণ আছে।

(a) বেঞ্জাইল এবং বেঞ্জাইলড্রিল এস্টার (Benzyl and Benzylidryl Esters)



এই এস্টার ব্যবহারের সুবিধা হল এদেরকে সহজেই হাইড্রোজিনোলিসিসের সাহায্যে অপসারণ করা যায়। এই এস্টার তৈরির অনেক পদ্ধতি আছে। তারমধ্যে একটি ভাল পদ্ধতি হল বিক্রিয়ক মিশ্রণ (অ্যামিনো অ্যাসিড ও বেঞ্জাইল অ্যালকোহল) কে শুষ্ক বেঞ্জেন দ্রবণে নিয়ে তাতে p-টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড অনুঘটক হিসেবে দিয়ে উত্তপ্ত (Reflux) করলে ভাল পরিমাণে এস্টার পাওয়া যায়।

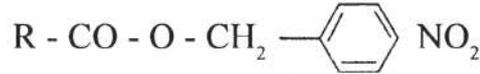
(b) টারসিয়ারি বিউটাইল এস্টার (Tertiary Buryl Esters)



এই গ্রুপ ব্যবহারের সুবিধা একে সহজেই আলিক বিক্রিয়কের সাহায্যে অপসারণ করা যায়। এই এস্টার যথেষ্ট স্থায়ী যা মিথাইল, ইথাইল বা বেঞ্জাইল এস্টার নয়। একে পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করা যায় ও অনেকদিন পর্যন্ত রেখে দিলেও নষ্ট হয় না। এই এস্টার তৈরির অনেক পদ্ধতি আছে। তার মধ্যে একটি হল—মেথিলিন ক্লোরাইড বা ডায়ক্সেন দ্রাবকে আইসোবিউটিলিন ও সালফিউরিক অ্যাসিড নিয়ে তার মধ্যে অ্যামিনো অ্যাসিড মেশালে টারসিয়ারি বিউটাইলক্সি কার্বনিল এস্টার উৎপন্ন হয়।

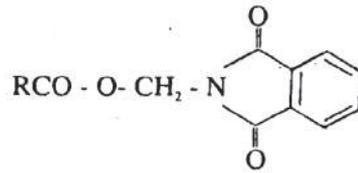
পেপটাইড উৎপন্ন হওয়ার পর এটিকে সহজে অপসারণের একটি ভাল পদ্ধতি হল—কোন দ্রাবকে পেপটাইড নিয়ে শুষ্ক (anhydrous) ট্রাইক্লোরো অ্যাসেটিক অ্যাসিড মেশালেই টারসিয়ারি বিউটাইল গ্রুপ অপসারিত হয়ে মুক্ত কার্বক্সিল গ্রুপ ফিরে আসে। এই পদ্ধতিতে কোন রেসিমাইজেশন হয় না।

(c) p-নাইট্রোবেঞ্জাইল এস্টার (p-Nitro benzyl Esters)



এই গ্রুপকে সহজেই হাইড্রোজিনোলিসিসের সাহায্যে অপসারণ করা যায়। এই এস্টার তৈরির সহজ উপায় হল অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপকে সংরক্ষিত করে তার কোন লবণ (Salt) গঠন করা হয়। তারপর এই অ্যামিনো অ্যাসিড লবণের সঙ্গে p-নাইট্রোবেঞ্জাইল ক্লোরাইড বা p-নাইট্রোবেঞ্জাইল টসিলেটের বিক্রিয়া ঘটালে উপরোক্ত এস্টার গঠন হয়।

(d) থ্যালইমিডোমিথাইল এস্টার (Phthalimidomethyl Esters)



থ্যালইমিডোমিথাইল ক্লোরাইড (N-ক্লোরোমিথাইল থ্যালইমাইড) ও অ্যামিনো অ্যাসিডের লবণের বিক্রিয়ায় এই এস্টার উৎপন্ন হয়। এই গ্রুপকে অপসারণের জন্য নানারকম বিক্রিয়ক ব্যবহার করা যেতে পারে। যেমন, জৈব দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড; ইথাইল অ্যালকোহলিয় ডাইইথাইল অ্যামিন; হাইড্রাজিন; লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ।

ওপরে আলোচিত গ্রুপগুলি ছাড়াও আরও অনেক গ্রুপ সংরক্ষক গ্রুপ হিসেবে ব্যবহৃত হয়েছে, যেমন—

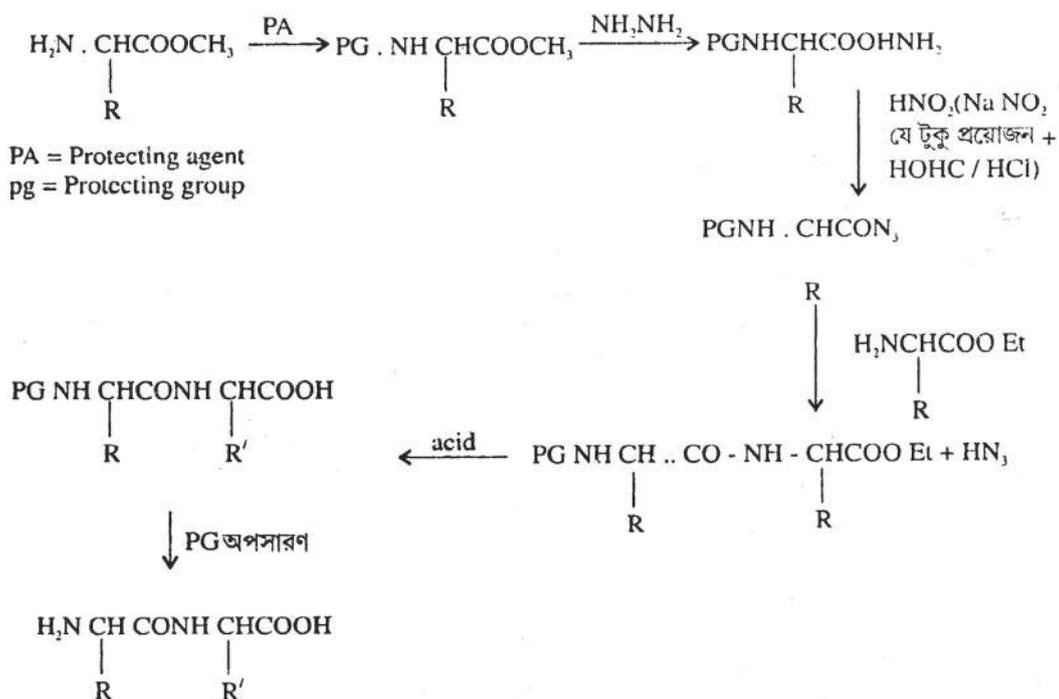
মিথাইল বা ইথাইল এস্টার, p-মেথক্সি বেঞ্জাইল এস্টার, সাইক্লো পেন্টাইল এস্টার, মিথাইল থায়োইথাইল এস্টার, জৈব দ্রবণে অদ্রবণীয় এস্টার, হাইড্রাজাইড ইত্যাদি। এছাড়া অ্যামিনো অ্যাসিড অণুতে যদি দুটি কার্বক্সিল গ্রুপ থাকে তবে প্রয়োজন অনুসারে একটি সংরক্ষণ করার উপায়, অ্যামিনো অ্যাসিডে যদি আবার হাইড্রক্সি বা সালফহাইড্রিল গ্রুপ থাকে তাদের সংরক্ষণ করার অনেক পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়েছে। এছাড়া কিছু অ্যামিনো অ্যাসিড আছে যেগুলিতে এমন অংশ থাকে যা পেপটাইড বন্ধনী গঠনে ব্যাঘাত ঘটায়। যেমন হিস্টিডিনে ইসিডাজোল নাইট্রোজেন, মেথায়োনিনে থায়োইথার বন্ধনী, আরজিনিনে গুয়াসিডিন গ্রুপ ইত্যাদি গ্রুপ সমূহকে সংরক্ষণের মাধ্যমে পেপটাইড সংশ্লেষ মসৃণ করা হয়েছে।

### 6.7.3 পেপটাইড সংশ্লেষ (Peptide synthesis/Peptide bond formation) :

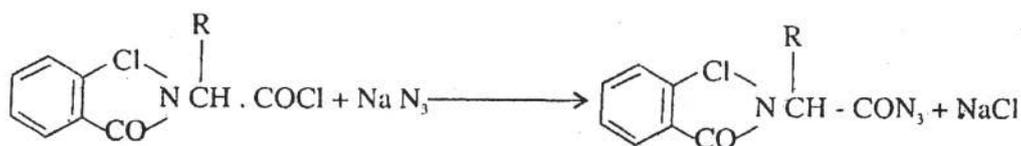
পেপটাইড সংশ্লেষ করার সময় অনেক অসুবিধা তথা বাধা দেখা দেয়। সেগুলিকে এড়ানোর উপায়ে ওপরে আলোচনা করা হয়েছে। এগুলি অবলম্বন করার পর পেপটাইড সংশ্লেষের কয়েকটি পদ্ধতি প্রয়োগ করা যেতে পারে। সেগুলি নীচে আলোচনা করা হল।

#### 6.7.3.1 পেপটাইড সংশ্লেষের অ্যাজাইড পদ্ধতি (Azide method of peptide bond formation) :

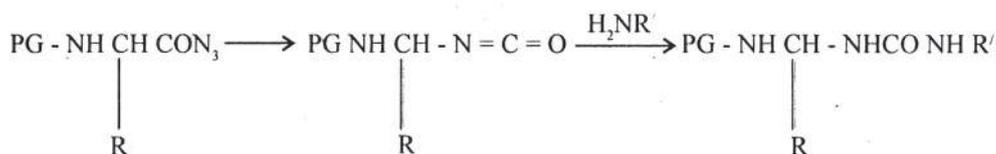
এই পদ্ধতিতে অ্যামিনো অ্যাসিডকে এস্টারে পরিণত করে ওর অ্যামিনো গ্রুপকে সংরক্ষণ করা হয়। তারপর এতে হাইড্রাজিন ও পরে নাইট্রাস অ্যাসিড দিলে অ্যাজাইড উৎপন্ন হয়। পরে উৎপন্ন অ্যাজাইডের সঙ্গে অ্যামিনো অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পেপটাইড বন্ধনী সৃষ্টি হয়।



এই পদ্ধতির একটি সুবিধা হল এতে কোনো রেসিমাইজেশন হয় না। অ্যাজাইড উৎপন্ন হবার পর তখন তখনই অ্যামিনো অ্যাসিড এস্টারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পেপটাইড তৈরি করা হয়। যেহেতু অ্যাজাইড তৈরির জন্য হাইড্রাজিন ব্যবহার করা হয় তাই সংরক্ষক গ্রুপ হিসেবে থ্যালাইল গ্রুপ ব্যবহার করা যাবে না। সেক্ষেত্রে অ্যাজাইড তৈরির জন্য অ্যাসিড ক্লোরাইড তৈরি করে সোডিয়াম অ্যাজাইড এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

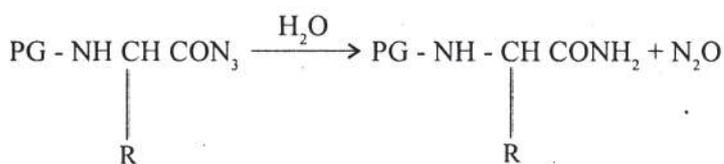


অ্যাজাইড পদ্ধতির অসুবিধা হল এতে কিছু পার্শ্ব বিক্রিয়া হয় যার ফলে ইউরিয়া জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয়।



ইউরিয়াজাতক (Urea Derivative)

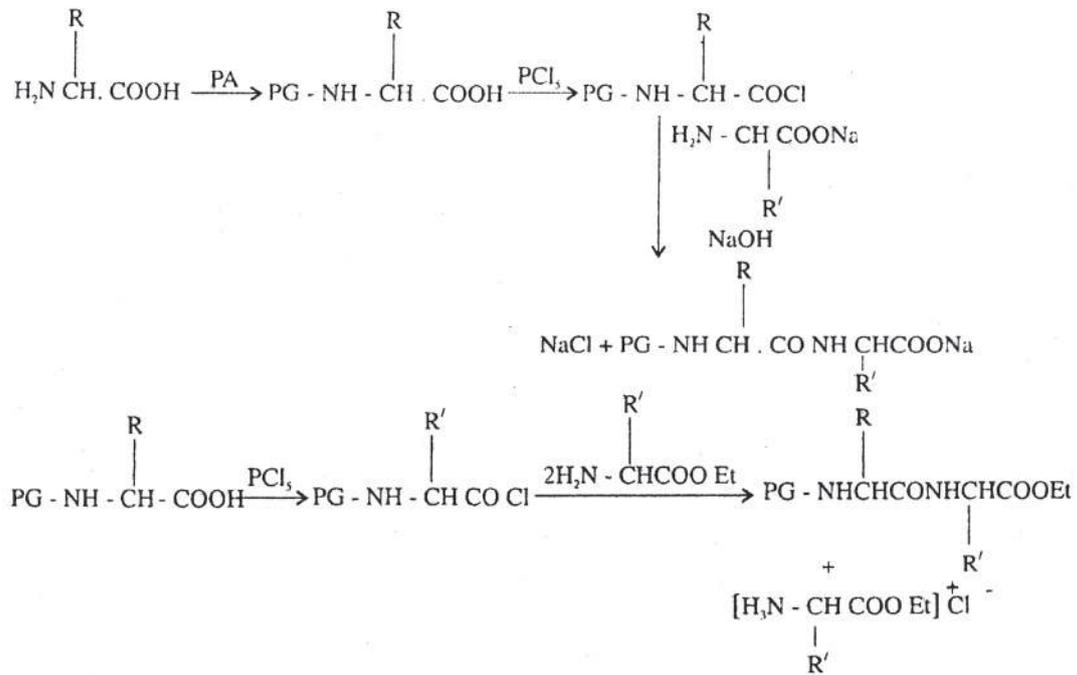
এছাড়া অ্যামাইড উৎপন্ন হতে পারে।



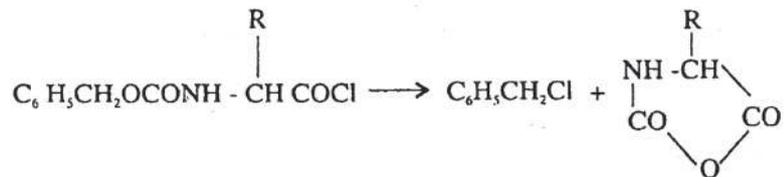
অ্যাজাইড পদ্ধতিটি অনেক পুরানো এবং এর অনেক অসুবিধা তথা পার্শ্ব বিক্রিয়া হয়। তা সত্ত্বেও আজও এর ব্যবহার হয় কারণ এই পদ্ধতিতে পেপটাইড বন্ধনী উৎপন্নের সময় কোনো রেসিমাইজেশন হয় না।

### 6.7.3.2 অ্যাসিড ক্লোরাইড পদ্ধতি (Acid Chloride method)

এই পদ্ধতিতে অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপকে সংরক্ষণের পর উহাকে অ্যাসিড ক্লোরাইডে পরিণত করা হয়। তারপর পেপটাইড গঠনের জন্য দুইটি শর্ত প্রয়োগ করা যায়। একটি হল শটেন বাউমান্ন (Schotten Baumann) বিক্রিয়ার অনুরূপ আর একটি শর্ত হল বিক্রিয়া মাধ্যমে জল থাকবে না। এই দ্বিতীয় ক্ষেত্রে দুই অণু অ্যামিনো অ্যাসিড এস্টার লাগে।



অ্যাসিড ক্লোরাইড তৈরির জন্য  $\text{PCl}_5$  ছাড়াও  $\text{PCl}_3$  বা  $\text{SOCl}_2$  ব্যবহার করা যেতে পারে। কিন্তু  $\text{SOCl}_2$  ব্যবহারে অসুবিধা হল যদি PG হিসাবে অ্যাসিলক্সি কার্বনিল গ্রুপ ব্যবহার করা হয় তবে  $\text{SOCl}_2$  দিয়ে অ্যাসিড ক্লোরাইড তৈরির সময় উত্তপ্ত করলে পার্শ্ব বিক্রিয়া হিসেবে N-কার্বক্সিঅ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়।

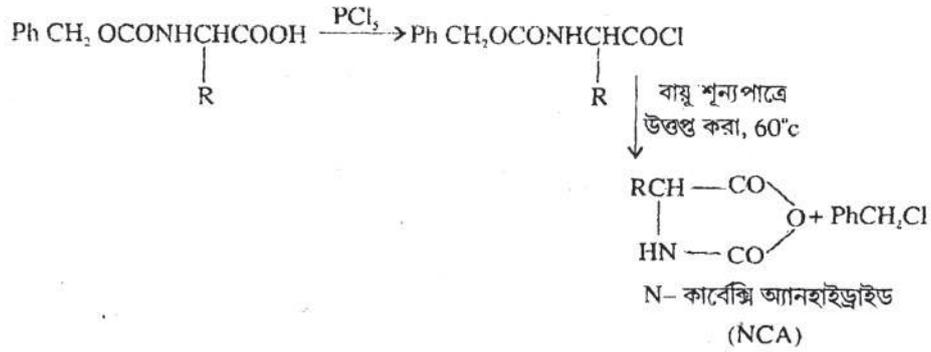


এই অসুবিধা এড়াতে হলে টসিল বা ফ্যালাইল গ্রুপ PG হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে।

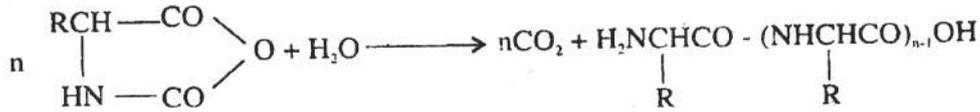
#### 6.7.3.4 মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড পদ্ধতি (Mixed anhydride method) :

এই পদ্ধতি প্রয়োগের বহু উদাহরণের মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি উল্লেখযোগ্য।

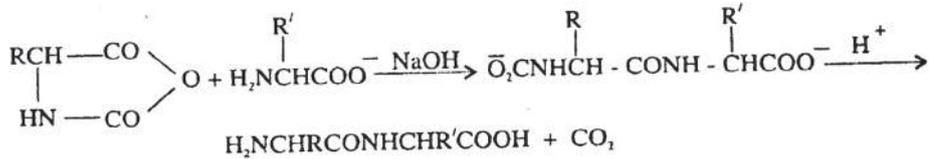
বেঞ্জাইলক্সি কার্বনিল অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে N-কার্বক্সিঅ্যানহাইড্রাইড তৈরি করা হয়।



এরপর জল বা অ্যাসিড ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে কোন জৈব দ্রবণে (যেমন—ডাইমিথাইলফর্ম অ্যামাইড, ডায়ফ্লোস ইত্যাদি) উত্তপ্ত করলে পলিমার গঠনের মাধ্যমে পলিপেপটাইড গঠন করে।



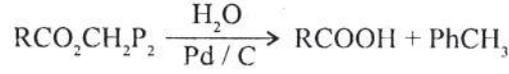
একটি অ্যানহাইড্রাইডের বদলে একাধিক অ্যানহাইড্রাইড মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে পলিপেপটাইড উৎপন্ন হয় যাতে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলির বিন্যাস কোন নিয়ম মেনে থাকে না। আবার এই NCA কে কোন অ্যামিনো অ্যাসিড এর সঙ্গে মিশিয়ে pH মান 10 এ বিক্রিয়া ঘটাবার পর আম্লিকরণ (acidification) করলে একটি ডাইপেপটাইড উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন ডাইপেপটাইডের সঙ্গে আরও একবার NCA' র বিক্রিয়া ঘটালে ট্রাইপেপটাইড এবং এইরূপে টেট্রাপেপটাইড, পেন্টাপেপটাইড ইত্যাদি প্রয়োজন মত তৈরি করা যায়।



আবার NH<sub>2</sub> গ্রুপ সংরক্ষিত (amino group protected) অ্যামিনো অ্যাসিডের ইথাইল ক্লোরোফর্মের বিক্রিয়ায় একটি মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে তার সঙ্গে আর একটি অ্যামিনো অ্যাসিড এস্টারের বিক্রিয়া ঘটালে পেপটাইড উৎপন্ন হয়।

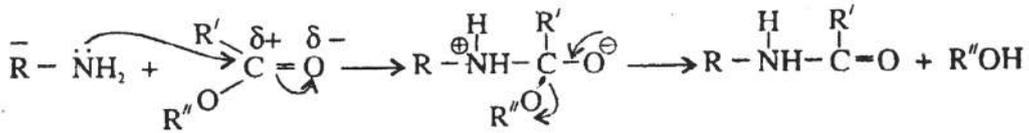


উপরোক্ত পেপটাইড এস্টারকে ক্ষারের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে মুক্ত পেপটাইড উৎপন্নের সময় রেসিমাইজেশন হয়। এই ত্রুটি এড়ান যায় মিথাইল এস্টারের বদলে বেঞ্জাইল এস্টার ব্যবহার করলে। কারণ বেঞ্জাইল এস্টারকে হাইড্রোজিনোলিসিসের সাহায্যে সহজেই বিশ্লেষিত করে মুক্ত পেপটাইড গঠন করা যায় এবং কোন রেসিমাইজেশন হয় না।

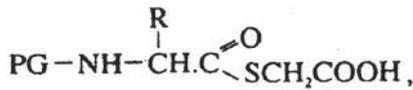


#### 6.7.3.4 সক্রিয় এস্টার পদ্ধতি (Active Ester method)

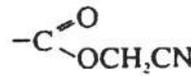
আমরা আগের আলোচনায় দেখেছি পেপটাইড বন্ধনী গঠনের জন্য এক অণু অ্যামিনো অ্যাসিডের  $\text{NH}_2$  গ্রুপকে সংরক্ষণের পর তার  $\text{COOH}$  গ্রুপকে অধিকতর বিক্রিয়াশীল করা হয়। তারপর এটিকে অপর অ্যামিনো অ্যাসিডের  $\text{NH}_2$  গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করা হয়।  $\text{COOH}$  গ্রুপকে অধিকতর বিক্রিয়াশীল করার কতগুলি পদ্ধতি হল অ্যাজাইড গ্রুপে বা অ্যাসিড ক্লোরাইড গ্রুপে পরিণত করা। এইরকম ভাবে  $\text{COOH}$  গ্রুপকে এস্টার গ্রুপে পরিণত করে পেপটাইড বন্ধনী গঠনে কাজে লাগানো হয়েছে। কিন্তু এখানে দেখতে হবে যে ঐ এস্টার যেন এমন হয় যে তা অত্যন্ত দ্রুততার সঙ্গে অ্যামিনো গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় যাতে সম্ভাব্য পার্শ্ব বিক্রিয়া ঘটানোর সুযোগ না পায় এবং বিক্রিয়ার পর উহাকে অতি সহজেই অপসারণ করা যায়। এটি করার উপায় হল ঐ এস্টার গ্রুপের অ্যালকোহলিক অংশটি এমন হবে যাতে ইলেকট্রন টানার প্রবণতা খুব বেশি থাকে, ফলে  $\text{COOH}$  গ্রুপের  $\text{C}=\text{O}$  কার্বনের ইলেকট্রোফিলিসিটি (Electrophilicity) অর্থাৎ ইলেকট্রন আসক্তি অনেকগুলি বর্ধিত হয়।



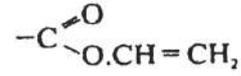
বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন গবেষকের গবেষণায় এমন বেশ কিছু এস্টার আবিষ্কৃত হয়েছে। তারমধ্যে কিছু উল্লেখযোগ্য হল—



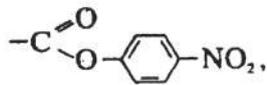
থায়োগ্লাইকোলি অ্যাসিড  
S-এস্টার



সায়ানোমিথাইল এস্টার



ভিনাইল এস্টার



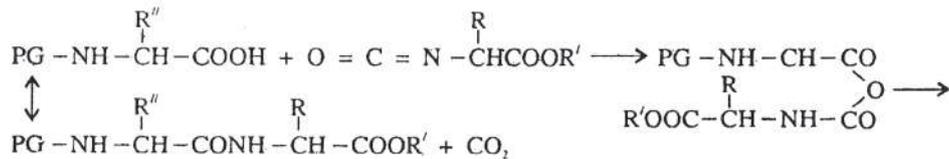
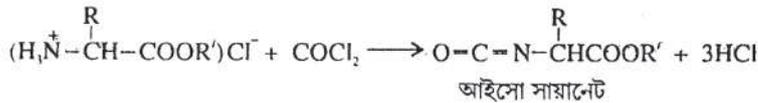
p-নাইট্রোফিনাইল এস্টার

ইত্যাদি

ঐ অধিকতর বিক্রিয়াশীল এস্টার তৈরির পর অপর একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পেপটাইড গঠন খুবই সোজা। এমন একটি পদ্ধতি হলো যে অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে ঐ এস্টারের বিক্রিয়া ঘটানো হবে সেটিকে কোনো জৈব দ্রবণে (ইথাইল অ্যাসিটেট, ডাইমিথাইলফর্মঅ্যামাইড) নিয়ে তাতে এস্টারটিকে সবটা একেবারে মিশিয়ে দিতে হবে। তারপর ঘরের তাপমাত্রায় রেখে দিতে হবে। বিক্রিয়া শুরু হয় এবং অধঃক্ষেপ পড়তে শুরু করে। 0.1 – 0.5 মোলার দ্রবণ নিলে কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। তারপর ছেঁকে নিয়ে (Filtered) বিশুদ্ধীকরণের মাধ্যমে পেপটাইড সংগ্রহ করা হয়।

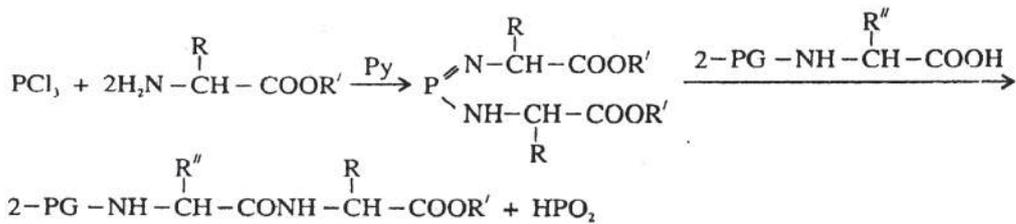
#### 6.7.4 অ্যামিনো অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপকে সক্রিয়তরকরণ (Activation of the Amino group of amino acids) :

পেপটাইড বন্ধনী গঠনের আগে অ্যামিনো অ্যাসিডের NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সংরক্ষণের পর যেমন উহার COOH গ্রুপকে সক্রিয়তর করা হয় যাতে অপর অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর সঙ্গে সহজেই বিক্রিয়া ঘটাতে পারে, তেমনই একই প্রয়োজনে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর COOH গ্রুপকে সংরক্ষণের পর উহার NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সক্রিয়তর করলে তা অপর অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর COOH গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে সহজেই পেপটাইড বন্ধনী গঠন করতে পারে। তবে প্রথমটির ব্যবহার যেমন বহুল প্রচলিত দ্বিতীয়টি তেমন নয়। NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সক্রিয়তর করে তুলতে যে ধরনের বিক্রিয়ক ব্যবহার করা হয় তাতে NH<sub>2</sub> গ্রুপের Nucleophilicity বর্ধক গ্রুপ থাকতে হবে। তবে NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সরাসরি সক্রিয়তর গ্রুপে পরিণত করতে পারে তেমন কোন পদ্ধতি জানা নেই। তবে পরোক্ষ পদ্ধতিতে এর প্রয়োগ প্রথম করেন 1950 সালে গোল্ডসেলিমিট্ (Goldselimidt)।



বস্তুতপক্ষে দেখা যাচ্ছে যে পদ্ধতিটি মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড পদ্ধতির মত। ফলে ঐ পদ্ধতিতে যে অসুবিধা দেখা দেয় এখানেও সেগুলি থাকবে ধরে নেওয়া যায়।

আরও একটি পদ্ধতি নিম্নরূপ—



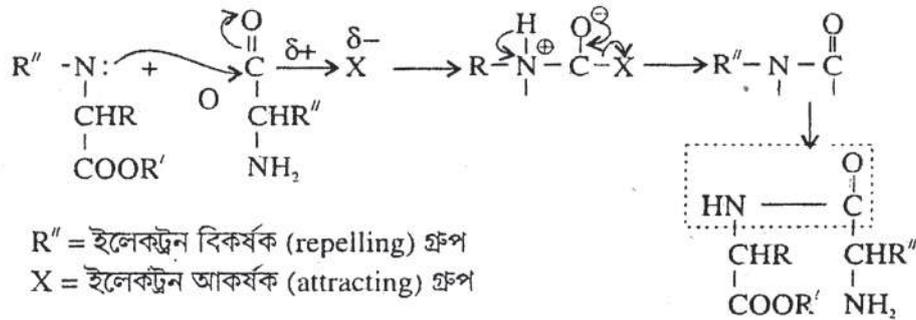
এই পদ্ধতির নাম ফসফাজো (Phosphazo) পদ্ধতি।

**প্রশ্নঃ** পেপটাইড সংশ্লেষের জন্য অ্যামিনো অ্যাসিডের NH<sub>2</sub> গ্রুপ ও COOH গ্রুপকে সক্রিয় করার মধ্যে মূল পার্থক্য কী ও কেন?

**উঃ** COOH গ্রুপকে সক্রিয় করার জন্য এমন বিক্রিয়ক দরকার যাতে ইলেকট্রন টানার প্রবণতা থাকবে। অপর পক্ষে NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সক্রিয় করতে এমন বিক্রিয়ক নিতে হবে যাতে ইলেকট্রন ঠেলে দেবার প্রবণতা থাকবে। এর কারণ পেপটাইড গঠনের সময় যখন NH<sub>2</sub> ও COOH গ্রুপ বিক্রিয়া ঘটায় তখন NH<sub>2</sub> গ্রুপ

নিউক্লিওফাইল ও COOH গ্রুপ ইলেকট্রোফাইল রূপে ব্যবহার করে। কাজেই NH<sub>2</sub> গ্রুপের সঙ্গে ইলেকট্রন ঠেলে দিতে পারে (+1 প্রভাব) এমন কোন গ্রুপ জুড়লে N পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (Long pair of electrons) প্রাপ্যতা (availability) বেড়ে যাবে। ফলে তার নিউক্লিওফিলিক প্রভাব (Nucleophilicity) অনেক বেড়ে যাবে।

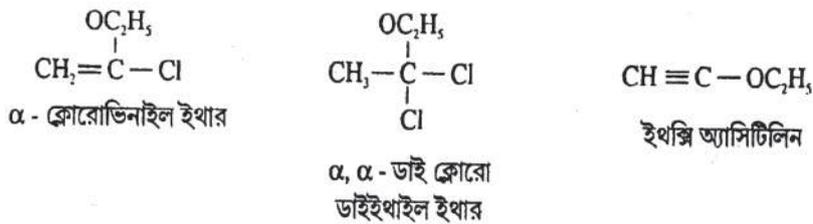
অপরপক্ষে COOH গ্রুপের C=O কার্বন পরমাণু যা NH<sub>2</sub> গ্রুপের সঙ্গে জুড়ে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করবে, ইলেকট্রোফাইল হিসেবে ব্যবহার করে। পলে এর মধ্যে ধনাত্মক আধান (Positive charge) সৃষ্টি তথা বর্ধিত করতে পারে এমন কোন গ্রুপ বা পরমাণু জোড়া যায় তবে এর ইলেকট্রোফিলিক প্রভাব (Electrophilicity) বেড়ে যাবে।



অ্যামিনো অ্যাসিডে NH<sub>2</sub> ও COOH গ্রুপদ্বয় ছাড়া আরও অতিরিক্ত NH<sub>2</sub> বা COOH গ্রুপ অথবা অন্য কোন গ্রুপ যেমন—OH, SH ইত্যাদি থাকতে পারে। পেপটাইড বন্ধনী গঠনের আগে সেগুলিকে ও যথাযথভাবে সংরক্ষণ করা প্রয়োজন।

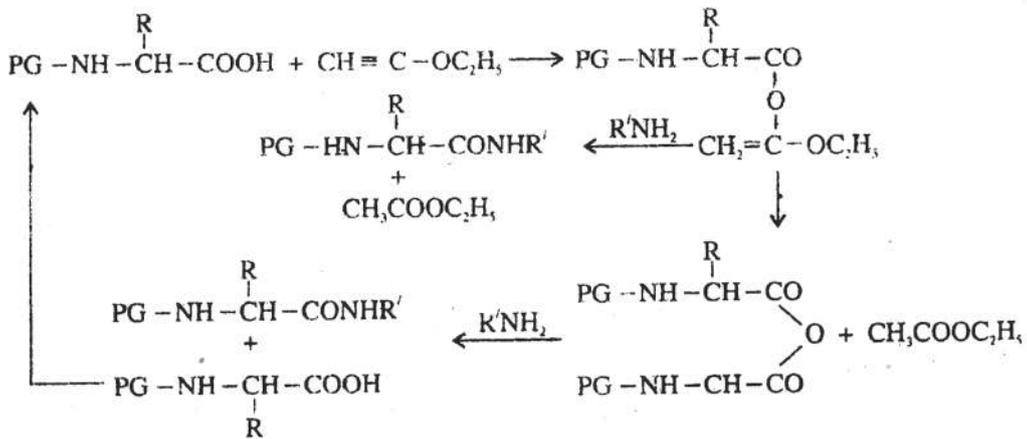
### 6.7.5 সংযোগকারী বিক্রিয়ক (Coupling Reagents) :

আমরা আগের আলোচনায় দেখেছি পেপটাইড সংশ্লেষের জন্য অ্যামিনো অ্যাসিডের NH<sub>2</sub> গ্রুপকে সংরক্ষণের COOH গ্রুপকে অধিকতর বিক্রিয়াশীল কোন গ্রুপে পরিণত করা হয়। তারপর একে অপর এক অণু অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে সংযোগ ঘটিয়ে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করা হয়। কিন্তু অনেক সময় এর দরকার হয় না। অর্থাৎ COOH গ্রুপকে আলাদা করে আগে অধিকতর বিক্রিয়াশীল গ্রুপে পরিণত না করে সংযোগকারী বিক্রিয়কের উপস্থিতিতে (in presence of coupling reagent) NH<sub>2</sub>-সংরক্ষিত অ্যামিনো অ্যাসিড মেশালে অন্তর্বর্তী (Intermediate) একটি যৌগ গঠিত হয় যা এরপর অণু অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে, যা আগে থেকেই মাধ্যমের ভেতর আছে, বিক্রিয়া ঘটিয়ে পেপটাইড গঠন করে। এরূপ কয়েকটি বিক্রিয়ক হল—



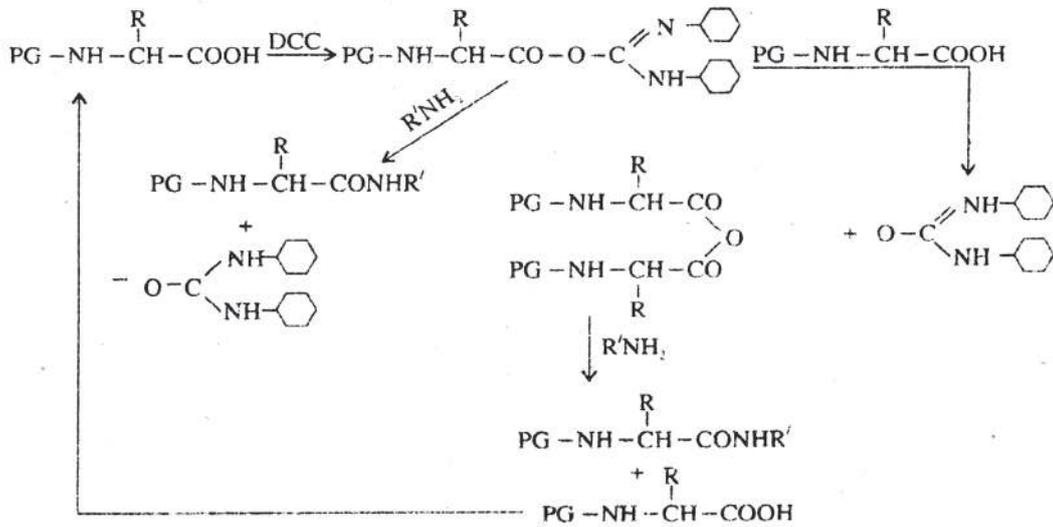
এর মধ্যে তৃতীয়টির প্রয়োগ সব থেকে বেশি; প্রথম দুটিকে সাধারণত ছোট ছোট পেপটাইড সংশ্লেষে ব্যবহার

করা হয়। ইথক্সিঅ্যাসিটিলিন ব্যবহারে সুবিধা হল এটি নিজে এবং বিক্রিয়া শেষে প্রাপ্ত উপজাত দ্রব্য উদ্বায়ী পদার্থ। ফলে উৎপন্ন পেপটাইড বিশুদ্ধিকরণে খুব সুবিধা হয়। বিক্রিয়াটি দুইটি পথে হয়। তাহা নিম্নরূপ—



এই পদ্ধতির একটি অসুবিধা হল—বিক্রিয়াটি দ্রুত নয়, বেশ কয়েক ঘণ্টা লাগে সম্পন্ন হতে। অতিরিক্ত পরিমাণ ইথক্সিঅ্যাসিটিলিন ব্যবহার করলে বিক্রিয়ার গতি বেশ কিছুটা বাড়ান যায়। লক্ষণীয় বিক্রিয়াটি দুইটি ভিন্ন পথে চালিত হয়। কিন্তু শেষে একই পেপটাইড গঠন করে।

ডাইসাইক্লোহেক্সাইল কার্বোডাই ইমাইড (Dicyclohexylcarbodiimide, DCC) পেপটাইড বন্ধনী গঠনে সংযোগ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত একটি অতি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়ক। এটি বিজ্ঞানী মহলের খুব পছন্দের রাসায়নিক। কারণ এটির ব্যবহার খুবই সোজা, সহজেই অল্পদামে বাজারে পাওয়া যায়। এর সাহায্যে বিক্রিয়া খুব তাড়াতাড়ি সম্পন্ন হয়। আর অসুবিধার মধ্যে এটি ব্যবহারের সময় সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন কারণ এর স্পর্শে অ্যালার্জি হতে পারে; আর কিছু পার্শ্ববিক্রিয়া হয়। প্রকৃত পেপটাইড গঠনের বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ। এক্ষেত্রেও বিক্রিয়াটি দুটি ভিন্ন পথে চালিত হয়ে একই পেপটাইড গঠন করে।



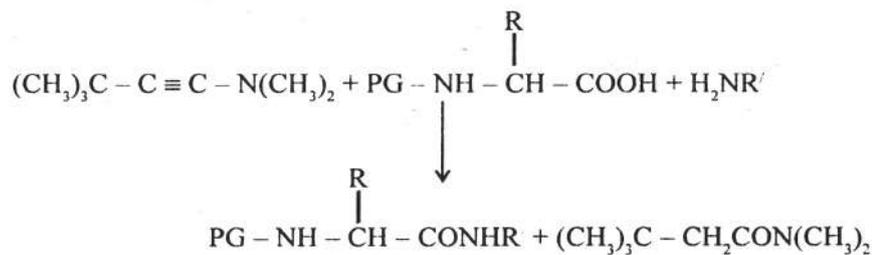
জে. সি. শীহান (J.C. Sheehan) ও জি. ডব্লিও হেস্ (G.W. Hess) DCC ব্যবহারে পথিকৃৎ বলা যায়।

DCC'র পরিবর্তে N-ইথাইল N'-(γ-ডাইমিথাইল অ্যামিনো প্রপাইল) কার্বোডাইমাইড (Et-N=C=N-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ডাই ফিনাইলকিটিন p-টললইলইসিন [(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>-C=C=N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>(p)] ব্যবহারেও ভাল ফল পাওয়া গেছে।

সংযোগ বিক্রিয়া ঘটাবার পক্ষে উপযুক্ত এক নতুন শ্রেণীর বিক্রিয়ক আবিষ্কৃত হয়েছে-যেমন, ডাইমিথাইল অ্যামিনো-টারসিয়ারিবিউটাইল অ্যাসিটিলিন, ডাইমিথাইল অ্যামিনোফিনাইল অ্যাসিটিলিন ইত্যাদি।



এদের উপস্থিতিতে পেপটাইড গঠনের বিক্রিয়া নিম্নরূপ



### 6.7.6 পেপটাইড সংশ্লেষের কৌশল তথা পরিকল্পনা (Strategy & Tactics of Peptide synthesis)

প্রকৃতিতে যে সমস্ত পেপটাইড পাওয়া যায় বা যে সমস্ত পেপটাইড প্রাণী শরীর নিয়ন্ত্রণে অংশগ্রহণ তথা প্রভাব বিস্তার করতে পারে (Biologically active) সেগুলি সবই বেশ বড় মাপের হয়। আর একটি ব্যাপার

হল এই সব পেপটাইডে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলো নির্দিষ্ট অনুক্রমে (Sequence) সাজানো অর্থাৎ বন্ধনী যুক্তভাবে থাকে। তাই এই সমস্ত পেপটাইড গবেষণাগারে সংশ্লেষ করতে হলে উপরে বর্ণিত পদ্ধতিগুলো প্রয়োগ করা ছাড়া ও আরও কিছু ব্যাপারে গুরুত্ব দেওয়ার প্রয়োজন থাকে। অ্যামিনো গ্রুপ সংরক্ষণ, কার্বক্সিল গ্রুপ সংরক্ষণ, কার্বক্সিল গ্রুপ অধিক বিক্রিয়াশীলকরণ ইত্যাদি ব্যাপারগুলোকে সংশ্লেষের কৌশল (Tactics) বলা যেতে পারে। এগুলো ঠিক করার পর পেপটাইডে অবস্থিত অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলোকে এক এক করে N-প্রান্ত থেকে না C-প্রান্ত থেকে জুড়তে হবে, অথবা টুকরো টুকরো কয়েকটা পেপটাইড তৈরি করে নিয়ে সেগুলিকে জুড়তে হবে যাতে পুরো অণুটা তৈরি হয়—এইসব ব্যাপারগুলো আগে চিন্তাভাবনা করে ঠিক করাকে পরিকল্পনা (Strategy) বলা যেতে পারে। কাজেই আমাদের আলোচনা দুই ভাগে ভাগ করে নেওয়া যাক (১) পরিকল্পনা (২) কৌশল।

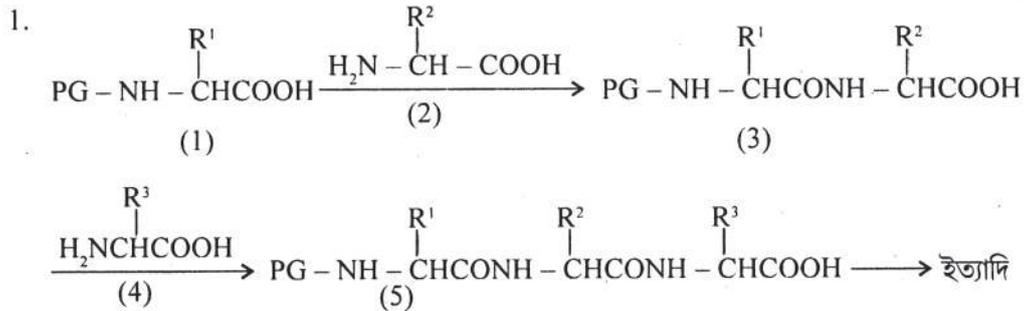
### 6.7.6.1 পরিকল্পনা (Strategy)

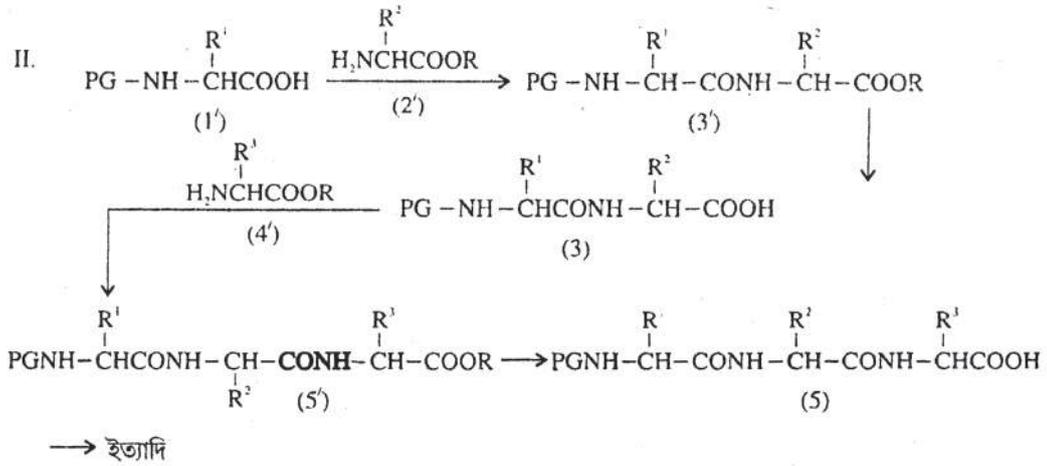
এটিকে তিনভাগে ভাগ করে নেওয়া যেতে পারে

- অ্যামিনো অ্যাসিডের N-প্রান্ত থেকে শুরু এক এক করে (Stepwise) পেপটাইড বন্ধনী গড়ে তোলা।
- অনুরূপে C-প্রান্ত থেকে পেপটাইড বন্ধনী গড়ে তোলা।
- আগে কয়েকটি ছোট ছোট পেপটাইড অণু (প্রয়োজনীয় অনুক্রম বজায় রেখে) গঠন করে সেগুলিকে জোড়া যাতে পুরো অণুটা তৈরি হয়।

a) N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে ধাপে ধাপে এক এক করে পেপটাইড গঠন (Stepwise Elongation from the N-Terminal Amino Acid).

নিম্নে বর্ণিত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে পদ্ধতিটি সহজেই অনুধাবনযোগ্য।

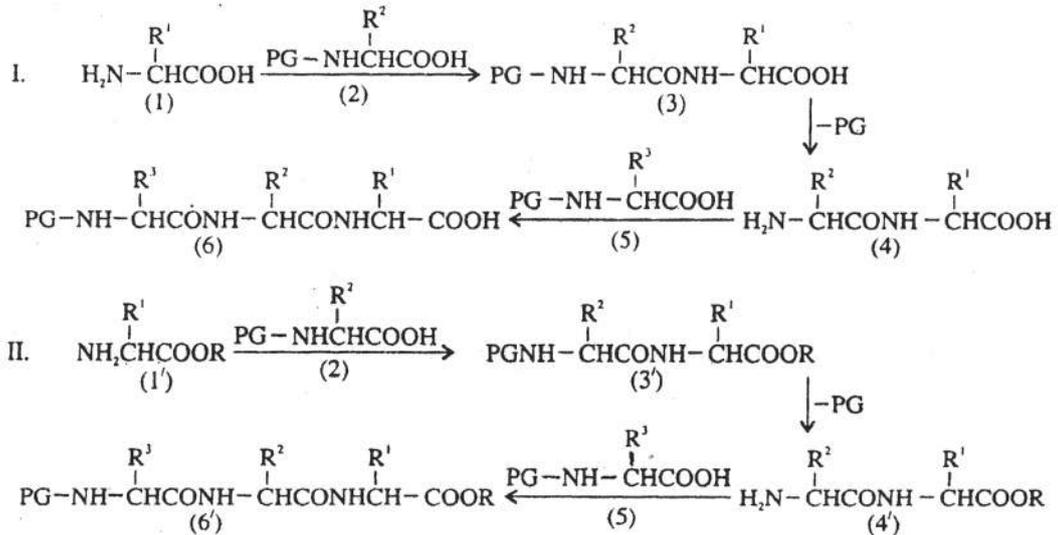




প্রথম পদ্ধতি (1) তে ধাপের (Steps) সংখ্যা কম কারণ এতে অ্যামিনো অ্যাসিড (2) এর -COOH গ্রুপ মুক্ত (Free) অবস্থায়। সেইদিকে এটি সুবিধাজনক হলেও এর থেকে প্রাপ্ত পেপটাইডের পরিমাণ (Yield) কম হয় আর উৎপন্ন পেপটাইড ও তার জন্য ব্যবহৃত অ্যামিনো অ্যাসিডে মুক্ত -COOH গ্রুপ থাকায় বিশুদ্ধীকরণে অসুবিধা দেখা দেয়। এছাড়া বিক্রিয়ার সময় রেসিমাইজেশনের সম্ভাবনা থাকে।

b) C-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে ধাপে ধাপে এক এক করে পেপটাইড গঠন (Stepwise Elongation From C-Terminal Amino Acid) :

আগেরটির মত এটিকেও দুইভাবে করা যায়

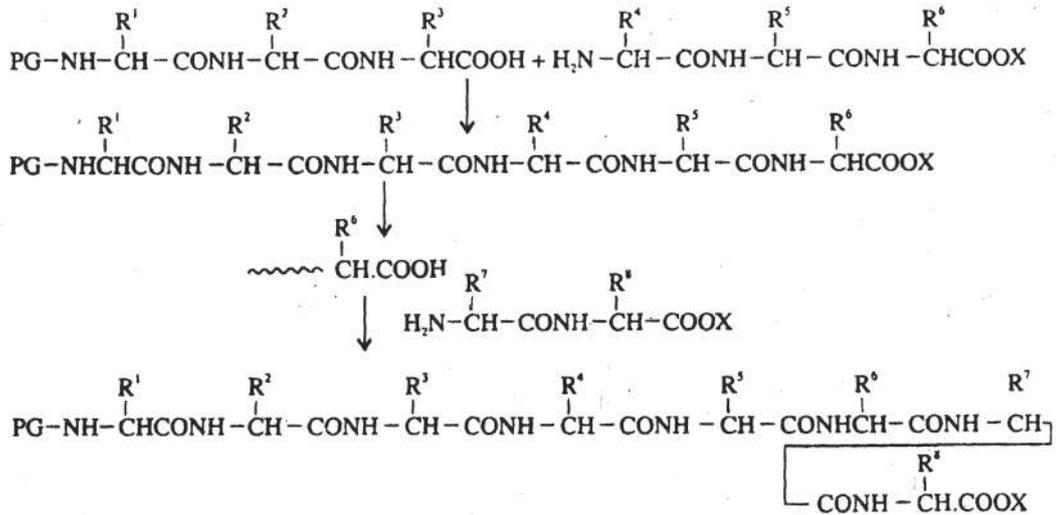


উপরোক্ত দুটি পদ্ধতিরই কিছু সুবিধা অসুবিধা আছে। তবে সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ সুবিধা হল সঠিক সংরক্ষক গ্রুপ ব্যবহার করলে রেসিমাইজেশন এর মাত্রা উল্লেখযোগ্যভাবে কমানো যায়। এছাড়া সংযোগ বিক্রিয়া ধাপে যদি (Coupling step) যদি সক্রিয় (Active) এন্টার ব্যবহার করা হয় তবে উৎপন্ন পেপটাইডের বিক্রিয়া মাধ্যম থেকে পৃথক (Isolate) করা এবং বিশুদ্ধিকরণ (Purification) খুব সুবিধাজনক হয় কারণ ব্যবহৃত বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পেপটাইডের দ্রাব্যতার অনেক তফাত হয়।

c) ছোট ছোট পেপটাইড অণু সংযোগ পদ্ধতি (Fragment Condensation) :

একটি বড় পেপটাইড তৈরি করতে গেলে ছোট ছোট পেপটাইডগুলো ঠিক কীভাবে নির্বাচন করলে সব থেকে ভাল ফল পাওয়া যাবে—এই ব্যাপারটা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এই প্রসঙ্গে প্রথমেই যে ব্যাপারটা মনে রাখা দরকার তাহল রেসিমাইজেশন। রেসিমাইজেশন যাতে না হয় বা যত কম হয় ততই ভাল। এই কারণেই ছোট পেপটাইড নির্বাচনে যদি C-প্রান্ত গ্লাইসিন হয় তবে সব থেকে ভাল কারণ গ্লাইসিনে কোন অপ্রতিসম (Chiral) কার্বন পরমাণু নেই। একই কারণে (অর্থাৎ, রেসিমাইজেশন এড়ান) প্রোলিন হবে দ্বিতীয় পছন্দের অ্যামিনো অ্যাসিড। দ্বিতীয় যে ব্যাপারটি লক্ষ রাখতে হবে তা হল সংযোগ পদ্ধতি (Coupling method) নির্বাচন। এই ব্যাপারে অ্যাডাইড পদ্ধতি সব থেকে পছন্দের। এছাড়া বিক্রিয়ার সময় শর্তাবলি যথাযথভাবে নিয়ন্ত্রণ করলে অনেকাংশে রেসিমাইজেশন কমান যায়।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে অনেক বড় পেপটাইড তৈরির জন্য এই পদ্ধতিই (Fragment condensation) সব থেকে ভাল উপায়। মাঝারি সাইজের পেপটাইড গঠনে পদ্ধতি (b) প্রয়োগ করা যেতে পারে, যেমন— অক্সিটোসিন (Oxytocin), ভাসোপ্রাসিন (Vasopressin) উভয়েই পিটুইটারি হরমোন (Pituitary Hormone), ব্র্যডিকিনি (Bradykinin) সংশ্লেষে ঐ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়েছে। বিক্রিয়া হিসেবে নীচের উদাহরণ প্রণিধানযোগ্য।



একটি অক্টাপেপটাইড

### 6.7.7 পেপটাইড সংশ্লেষে সংরক্ষক গ্রুপ ও সংযোগ বিক্রিয়া নির্বাচন কৌশল (Tactics in the selection of protecting groups and coupling methods) :

পেপটাইড সংশ্লেষে অনেক ব্যাপারের মধ্যে সঠিক সংরক্ষক গ্রুপ এবং সংযোগকারী বিক্রিয়া হিসাবে কোন পদ্ধতি সব চাইতে উপযুক্ত তা নির্বাচন অতি গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার। যে কোন একটি পদ্ধতি যে কোন একটি পেপটাইড সংশ্লেষে নির্বিচারে ব্যবহার করলে ভাল ফল বা আদৌ কোন ফল নাও পাওয়া যেতে পারে।

কোন একটি বড় পেপটাইড তৈরি করার জন্য নীচে বর্ণিত সংশ্লেষ পরিকল্পনা গ্রহণ করা যেতে পারে।

ধরা যাক এমন একটা পেপটাইড সংশ্লেষ করতে হবে যাতে 20টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু আছে। তাহলে প্রথমে 1.7.6.1 (a) ও (b) পদ্ধতি প্রয়োগ করে ধাপে ধাপে (Stepwise) দুটি মাঝারি আকৃতির পেপটাইড তৈরি করা হল। এখন এই মাঝারি আকৃতির পেপটাইড দুটিতে কটি করে অ্যামিনো অ্যাসিড অণু থাকবে সেটা ঠিক করা হবে প্রয়োগ পদ্ধতির ওপর। যেমন একটিতে 8টি ও অপরটিতে 10টি বা দুটিতেই 10টি করে এর এই দুটিকে যথাযথ ব্যবস্থায় জুড়ে (Couple) অভীষ্ট পেপটাইড সংশ্লেষ করা যেতে পারে। এখন এই দুটির একটিকে অপরটির C-প্রান্ত  $-COOH$  গ্রুপের সঙ্গে বা N-প্রান্ত  $-NH_2$  গ্রুপের সঙ্গে জোড়া যেতে পারে। যদি C-প্রান্ত  $-COOH$  এর মাধ্যমে অপরটিকে জোড়া হয় তবে কয়েকটি ব্যাপারে যত্নবান হতে হবে।

(a) যখন ধাপে ধাপে (Stepwise) ঐ অংশটিকে সংশ্লেষ করা হবে তখন ঐ  $-COOH$  গ্রুপটি এমন কোন কিছু দিয়ে সংরক্ষণ করে রাখতে হবে যাতে ঐটির  $NH_2$  সংরক্ষক গ্রুপকে অপসারণের সময় সুস্থিত (Stable) থাকে। এবং (b) সব কিছু করার পর এটিকে অপর অংশটির সঙ্গে সংযোগ (Couple) করার আগে পূর্বোক্ত  $COOH$  গ্রুপ সংরক্ষণকারী গ্রুপটিকে অপসারণের সময় ঐটির  $NH_2$  সংরক্ষক গ্রুপকে বা পার্শ্ব-শৃঙ্খল (Side chain) হিসেবে অবস্থানকারী কোন  $NH_2$  সংরক্ষক গ্রুপকে প্রভাবিত না করে। আর যদি ঐটির  $NH_2$  প্রান্তের মাধ্যমে অপরটিকে জোড়া হয় তবে ওপরে (a) বর্ণিত শর্তের প্রতি খেয়াল রাখতেই চলবে। এছাড়া খণ্ড (fragment) গুলির মধ্যে যদি বিশেষ কোন অ্যামিনো অ্যাসিড অণু থাকে যা সংশ্লেষে বিঘ্ন ঘটতে পারে, তখন সেই অনুযায়ী ব্যবস্থা নিতে হবে।

উপরোক্ত ব্যাপারগুলি ছাড়াও বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে বিশেষ ধরনের সমস্যা দেখা দেয়। সেগুলিকে যথাযথভাবে সমাধান করতে হয়। যেমন—পেপটাইড যদি ডাইসালফাইড (Disulfide) বন্ধনী থাকে, পেপটাইড যদি বন্ধশৃঙ্খল (Cyclic) হয় ইত্যাদি। এই পরিসরে এগুলি আলোচনার সুযোগ তথা প্রয়োজন নেই বলে উল্লেখ করা হল না।

### 6.7.8 পেপটাইড বিশুদ্ধিকরণ :

প্রায় প্রতিটি জৈব যৌগের অণুর ত্রিমাত্রিক গঠন (Stereostructure) এর সঙ্গে তার রাসায়নিক এবং জৈবিক (Biological) ধর্ম সম্পর্কযুক্ত। এই ধর্মগুলি ঠিকমত যাচাই করতে গেলে যৌগটি 100 শতাংশ বিশুদ্ধ হওয়া একান্ত বাঞ্ছনীয়। তাই পেপটাইড বিশুদ্ধিকরণের বিশেষ কিছু পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। এগুলির শুধু নাম নীচে উল্লেখ করা হল। বিস্তারিত তথ্য কোন Analytical Chemistry বা Instrumental Analysis পুস্তকে পাওয়া যাবে।

- (i) পার্টিশন ক্রোমাটোগ্রাফি (Partition Chromatography)

- (ii) আয়ন বিনিয়ন ক্রোমাটোগ্রাফি (Ion exchange Chromatography)
- (iii) ইলেকট্রোফোরেসিস (Electrophoresis)
- (iv) কাউন্টারকারেন্ট ক্রোমাটোগ্রাফি (Countercurrent Chromatography)
- (v) জেল পরিশ্রাবণ (Gel filtration)

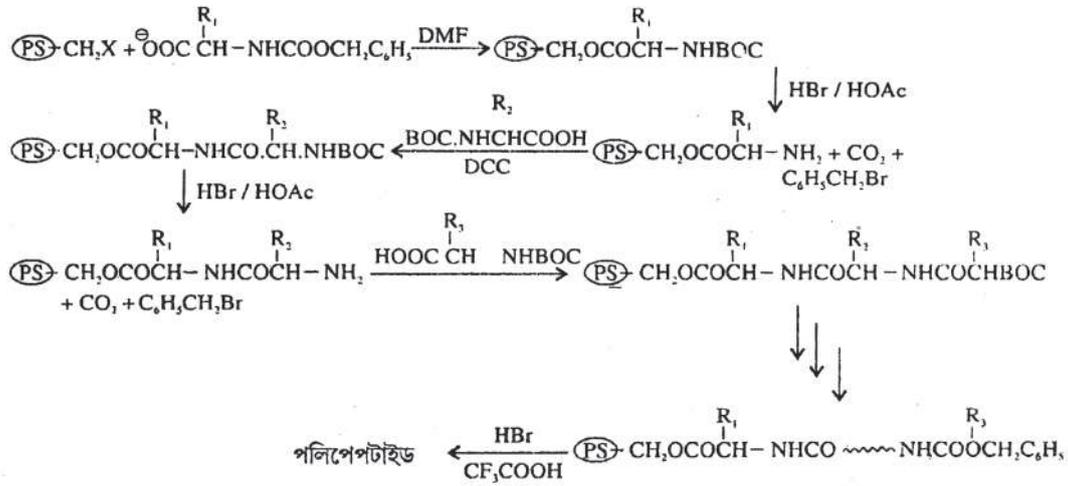
### 6.7.9 কঠিন বিক্রিয়া মাধ্যম পেপটাইড সংশ্লেষ (Solid Phase Peptide Synthesis) :

একটি একটি করে অ্যামিনো অ্যাসিড সংযোগে পেপটাইড সংশ্লেষ কেবল ছোট ছোট (10-12 অ্যামিনো অ্যাসিড অণু বিশিষ্ট) পলিপেপটাইডের ক্ষেত্রে কার্যকরীভাবে প্রয়োগ করা যায়। অনেক বড় পলিপেপটাইড এর ক্ষেত্রে দেখা গেছে ঐ পদ্ধতি প্রয়োগ প্রায় অবাস্তব হয়ে পড়ে। কারণ এতে যা সময় লাগে তা বাস্তবতার কারণে অনুপোযোগী; এতে প্রতি ধাপে প্রাপ্ত পেপটাইডের পরিমাণ ক্রমশ কমতে থাকে এবং শেষে এমন দাঁড়ায় যা খরচের দিক থেকে বাস্তবানুগ নয়।

1969 খ্রিস্টাব্দে R. B. Merrifield এক যুগান্তকারী পদ্ধতি আবিষ্কার করেন যার সাহায্যে যে কোন সংখ্যক অ্যামিনো অ্যাসিড অণু বিশিষ্ট পেপটাইড সংশ্লেষ সম্ভব, এবং খুব কম সময়ের মধ্যেই। তিনি নিজে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করে 124টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু বিশিষ্ট উৎসেচক (Enzyme) রাইবোনিউক্লিয়োজ (Ribonuclease) সংশ্লেষ করেন মাত্র দেড় মাসের মধ্যে। এই কাজের জন্য তাকে 1984 খ্রিস্টাব্দে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়। তাঁর আবিষ্কৃত এই পদ্ধতিকে এমন বলা হয় “প্রোটিন তৈরির যন্ত্র” (Protein making machine)।

পদ্ধতিটি সংক্ষিপ্তভাবে নিম্নরূপ—

পলিস্টাইরিন নামক রেজিনের হ্যালোমিথাইল জাতক (Derivative) তৈরি করা হয়। এগুলি অতি ক্ষুদ্র দানাদার (Bead) আকৃতির এবং অদ্রবণীয়। এগুলিকে ধারক (Support) হিসেবে ব্যবহার করে একটি অ্যামিনো অ্যাসিড বা পেপটাইড অণুকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে আটকে (Anchoring) দেওয়া হয়। আটকে দেবার আগে ঐ অ্যাসিড বা পেপটাইডের  $NH_2$  গ্রুপকে সংরক্ষণ (Protect) করা হয়। তার পর ঐ  $NH_2$  গ্রুপকে মুক্ত করে অপর এক অ্যামিনো সংরক্ষিত অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করা হয়। এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তির মাধ্যমে বাঞ্ছিত পেপটাইড উৎপন্নের পর হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড / ট্রাইফ্লুরো অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সাহায্যে পলিস্টাইরিন ধারকের থেকে মুক্ত করা হয়।



অ্যামিনো অ্যাসিড সংযোগের পর প্রতিটি ধাপে যে অপ্রয়োজনীয় পদার্থগুলো উৎপন্ন হয় সেগুলিকে সহজেই ধুয়ে বার করে দেওয়া হয় (Washed out)। ফলে যে উৎপন্ন পেপটাইড পড়ে থাকে তা পরবর্তী বিক্রিয়ার পক্ষে যথেষ্ট বিপুল। তাছাড়া সমগ্র প্রক্রিয়াটি স্বয়ংক্রিয় হওয়ায় বিজ্ঞানীর অনেক সময় ও পরিশ্রম বেঁচে যায়।

## 6.8 প্রোটিন (Protein)

আমরা আগের আলোচনায় জেনেছি যে পলিপেপটাইডের আণবিক ওজন 10,000 এর বেশি তাদেরকে বলে প্রোটিন, অর্থাৎ প্রোটিন ও নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ যার মধ্যে উপস্থিত মৌলগুলি মোটামুটি নিম্নলিখিত শতকরা মাত্রায় থাকে—

C, 46–55; H, 6–9; O, 12–30; N, 10–32; S, 0.2–0.3

কোন কোন ক্ষেত্রে ফসফরাস (P), লোহা (Fe) থাকে। প্রোটিনকে ভেঙে পরপর পলিপেপটাইড, পেপটাইড ও সবশেষে অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রোটিন → পলিপেপটাইড → পেপটাইড → অ্যামিনো অ্যাসিড

অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোর মত প্রোটিন ও উভধর্মী (Amphoteric), এদেরও নির্দিষ্ট একটি আইসো ইলেকট্রিক পয়েন্ট আছে। সব প্রোটিনই আলোক সক্রিয় (Optically active)। সমস্ত প্রোটিনই কতগুলি বিক্রিয়া দেয় যেগুলির রং দেখেই যৌগটি প্রোটিন কিনা সহজেই বোঝা যায়। যেমন—

(a) বাইউরেট বিক্রিয়া (Biuret reaction)

এই বিক্রিয়ার জন্য অন্তত দুটি -CO-NH- গ্রুপ, অর্থাৎ -CO-NH-CHR-CO-NH- টি থাকা দরকার। তাই ডাইপেপটাইড এই বিক্রিয়ায় প্রোটিনের ক্ষারীয় দ্রবণে অতি পাতলা কপার সালফেট দ্রবণ মেশালে লাল বা বেগুনি বর্ণ উৎপন্ন হয়।

(b) জ্যানথোপ্রোটিন বিক্রিয়া (Xanthoproteic reaction)

যেসব প্রোটিনে অ্যারোমেটিক রিং আছে সেগুলিকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে উত্তপ্ত করলে হলুদ বর্ণ হয় এবং এতে ক্ষার মেশালে কমলা রং হয়। অ্যারোমেটিক রিং এ নাইট্রেশন হওয়ার দরুন এরকম হয়।

(c) মিলন বিক্রিয়া (Millon's reaction)

নাইট্রিক অ্যাসিডে মারকিউরিক নাইট্রেট দ্রবীভূত করে অতি সামান্য পরিমাণ নাইট্রাস অ্যাসিড মেশালে উৎপন্ন দ্রবণকে বলে মিলন বিক্রিয়ক (Millon's Reagent)। প্রোটিন দ্রবণে এই মিলন বিক্রিয়ক মেশালে প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে যা উত্তপ্ত করলে লাল হয়ে যায়। যে প্রোটিনে ফেনল অংশ আছে কেবল সেগুলিই এই বিক্রিয়া দেয়।

(d) নিনহাইড্রিন বিক্রিয়া (Ninhydrin reaction)

অ্যামিনো অ্যাসিড প্রসঙ্গে এটি আলোচিত হয়েছে (পৃ. 21, 6.5.C.V)। প্রোটিনের ক্ষেত্রে রংগুলি আলাদা ধরনের হয়।

প্রোটিন রসায়নের মস্ত অসুবিধা হল এগুলিকে বিশুদ্ধিকরণ করা। এদের নির্দিষ্ট কোনো গলনাঙ্ক নেই। তাই এদের সমসত্ত্বতা নির্ধারণে (Homogeneity determination) অন্য কতগুলি ধর্মের সাহায্য নেওয়া হয়, যেমন ধ্রুবক দ্রবণীয়তা (Constant solubility), ক্রোমাটোগ্রাফিক (Chromatographic), ইলেকট্রোফোরেসিস (Electrophoresis) ইত্যাদি।

প্রোটিনের দ্রবণীয়তা pH বা অন্য কোনো লবণের উপস্থিতির ওপর নির্ভর করে। তাই এই ধর্মগুলোকে (দ্রবণের) নিয়ন্ত্রণ করে প্রোটিন মিশ্রণ থেকে উপাদানগুলোকে পৃথক করা যায়।

### 6.8.1 প্রোটিনের শ্রেণী বিভাজন (Classification of Proteins) :

প্রোটিনগুলোকে বিভিন্ন ভাবে শ্রেণী বিভাজনের চেষ্টা করা হয়েছে। যেমন একটি হল তাদের ভৌতধর্মের ওপর ভিত্তি করে—(i) তন্তুময় (Fibrous), (ii) দানাদার (Globular)

তন্তুময় প্রোটিনগুলো সাধারণত ব্যবহৃত দ্রবণে অদ্রবণীয়, কিন্তু ঘন অ্যাসিড বা ক্ষারে দ্রবণীয়। দানাদার প্রোটিনগুলো জলে, পাতলা অ্যাসিড ও ক্ষারে দ্রবণীয়।

আর একটি বহুল প্রচলিত শ্রেণী বিভাজনে প্রোটিনগুলোকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। প্রতিটি ভাগে আবার উপবিভাজন (Sub-classes) আছে। নীচের তালিকায় এই বিভাজন দেখানো হল।

প্রোটিন

<p>সরল প্রোটিন Simple Protein</p>	<p>অনুবন্ধী প্রোটিন Conjugated Protein</p>	<p>জাতক প্রোটিন Derived Protein</p>
<p>এই জাতীয় প্রোটিন আদ্রবিশ্লেষণ করলে কেবল অ্যালুমিনো অ্যাসিড বা তার জাতক (derivative) উৎপন্ন করে।</p> <p>(i) অ্যালবুমিন (Albumin)-এগুলি জলে, অম্ল, এবং ক্ষারে দ্রবণীয়। তাপ দিলে জমাট বেঁধে যায় (coagulate)। <math>(NH_4)_2SO_4</math> দিয়ে দ্রবণকে সম্পৃক্ত করলে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন—সেরাম অ্যালবুমিন, দুধের অ্যালবুমিন ইত্যাদি।</p> <p>(ii) গ্লোবুলিন (Globulins)-জলে অদ্রবণীয়; পাতলা লবণ জলে, অজৈব অম্ল ও ক্ষারে দ্রবণীয়। তাকে জমাট বাঁধে; অর্ধ সম্পৃক্ত <math>(NH_4)_2SO_4</math> দ্রবণ দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। সেরাম, টিসু ও সবজিতে থাকে।</p> <p>(iii) প্রোলোমিন (Prolamines)-জলে ও লবণ জলে অদ্রবণীয়; পাতলা অম্ল ও ক্ষারে দ্রবণীয়; 70-90% ইথানলে দ্রবণীয়। ভুট্টা, গম, বালি ইত্যাদিতে থাকে।</p> <p>(iv) গ্লুটেলিন (Glutelins)-জলে ও পাতলা লবণ জলে অদ্রবণীয়; তাপে জমাট বাঁধে। গম, চাল ইত্যাদিতে থাকে।</p> <p>(v) স্ক্লেটেরোপ্রোটিন (Scleroproteins)-জলে বা লবণ জলে অদ্রবণীয়; ঘন অম্ল বা ক্ষারে দ্রবণীয়।</p>	<p>এই প্রোটিনগুলির মধ্যে প্রোটিন নয়—অর্থাৎ পেপটাইড বন্ধনী নেই, এমন একটি অংশ থাকে। এই অংশটিকে বলে প্রসুথৈটিক গ্রুপ (Prosthetic group)। এই অংশটিকে যুব সাবধানে আদ্রবিশ্লেষণ করে আলাদা করা যায়।</p> <p>(i) নিউক্লিওপ্রোটিন (Nucleoproteins)-এর প্রসুথৈটিক অংশ একটি নিউক্লিক অ্যাসিড।</p> <p>(ii) ক্রোমোপ্রোটিন (Chromoproteins)-এগুলিতে এমন প্রসুথৈটিক গ্রুপ থাকে যাতে অণুটি রঙিন হয়। যেমন—ফ্লোরোফিল (সবুজ), হিমোগ্লোবিন (লাল), ক্যারোটিন ইত্যাদি।</p> <p>(iii) গ্লাইকোপ্রোটিন (Glycoproteins)-এগুলির প্রসুথৈটিক গ্রুপ একটি শর্করা (Carbohydrate) বা তার জাতক (derivative); এগুলোকে মিউকোপ্রোটিনও বলা হয় (mucoproteins)।</p> <p>(iv) ফসফোপ্রোটিন (Phosphoproteins)-নিউক্লিক অ্যাসিড বা লিঙ্গেপ্রোটিনের অংশ নয় এমন ফসফরিক অ্যাসিড গ্রুপ এদের প্রসুথৈটিক গ্রুপ।</p> <p>(v) লিপিপ্রোটিন (Lipoproteins)-লেসিথিন (Lecithin) কেফলিন ইত্যাদি এদের প্রসুথৈটিক গ্রুপ।</p>	<p>এগুলি অম্ল ক্ষার বা উৎসেচকের (Enzyme) সাহায্যে প্রোটিন থেকে অবনতিত (Degraded) যৌগ (প্রোটিন) যেমন—স্বাভাবিকত্ব হারানো (Denatured) প্রোটিন। তাপের সাহায্যে প্রোটিন থেকে উৎপন্ন হয়।</p> <p>(ii) প্রাইমারি প্রোটিনোজেন (Primary Proteases) বা মেটা প্রোটিন (metaproteins) এগুলি জলে বা লবণ জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু অম্ল বা ক্ষারে দ্রবণীয়, <math>(NH_4)_2SO_4</math> এর সাহায্যে অর্ধসম্পৃক্ত করলে অধঃক্ষিপ্ত হয়।</p> <p>(iii) সেকেন্ডারি প্রোটিনোজেন (Secondary Proteases)-জলে দ্রবণীয়, তাপে জমাট বাঁধে না, <math>(NH_4)_2SO_4</math> দিয়ে সম্পৃক্ত করলে অধঃক্ষিপ্ত হয়।</p> <p>(iv) পেপটোন (Peptone) → পলিপেপটাইড → সাধারণ পেপটাইড (Simple Peptide) পরপর উৎপন্ন এইসব পেপটাইড জলে দ্রবণীয়, তাপে জমাট বাঁধে না এবং <math>(NH_4)_2SO_4</math> দিয়ে সম্পৃক্ত করলে অধঃক্ষিপ্ত হয় না।</p>

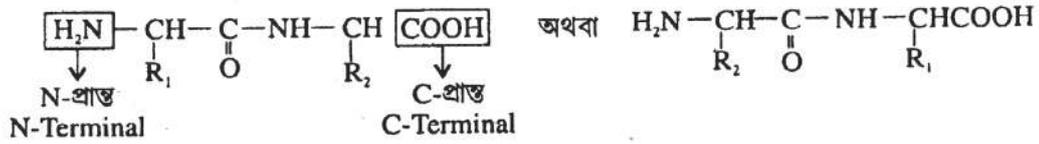
সরল প্রোটিন Simple Protein	অনুবন্ধী প্রোটিন Conjugated Protein	জাতক প্রোটিন Derived Protein
<p>উদাহরণ—কেব্রাটিন (চুলে), ফাইব্রয়েন (সিঙ্গে)।</p> <p>(a) কোলাজেন (Collagens) - চামড়া (skin), পেশীবন্ধ (tendous) ও হাড় (bones) এ থাকে।</p> <p>(b) ইলাসটিন (Elastins) - পেশীবন্ধ ও ধমনী (artery) তে থাকে।</p> <p>(vi) ক্ষারীয় প্রোটিন (Basic Proteins)-এগুলি শক্তিশালী ক্ষার ও দুই ভাগে বিভক্ত।</p> <p>(a) হিস্টোন (Histones) - জলে ও পাতলা অম্ল দ্রবণীয়; পাতলা অ্যামোনিয়াম অদ্রবণীয়; তাপে জমাট বাঁধে না; পেপসিন ও ট্রিপসিন দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। নিউক্লিক অ্যাসিড ও হিসমোগ্লোবিন প্রোটিন এগুলো।</p> <p>(b) প্রোটামিন (Protamines)-এগুলি হিস্টোনের থেকে বেশি ক্ষারধর্ম। জলে, পাতলা অম্ল ও অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবণীয়। তাপে জমাট বাঁধে না; দ্রবণে ইথানল দিলে অধঃক্ষিপ্ত হয়। উৎসেচকের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। বিভিন্ন নিউক্লিক অ্যাসিডে থাকে।</p>	<p>(vi) মেটালোপ্রোটিন (Metalloproteins)-এদের অণুতে অক্সিজেন অংশ হিসাবে একটি ধাতু থাকে। যেমন ক্লোরোফিল, হিসমোগ্লোবিন যাতে যথাক্রমে Mg ও Fe থাকে। এ দুটিকে আবার ক্রোমোপ্রোটিনের মধ্যে ধরা যায়। এ ছাড়া তামা, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি ধাতুও থাকে।</p>	

## 6.8.2 প্রোটিনের গঠন (Structure Proteins) :

প্রোটিন অণু বিশালাকৃতি ও সেই অনুরূপ জটীলাকৃতি। এদের গঠন নির্ণয় (Structure determination) অন্যান্য শ্রেণীভুক্ত যৌগের অণুর গঠন নির্ণয়ের মত সহজ নয়। আধুনিক বিজ্ঞান এর উন্নত নানান পদ্ধতি এদের গঠন নির্ণয় অনেকটাই সহজসাধ্য ও নির্ভরযোগ্য করেছে। এদের গঠন নির্ণয় প্রক্রিয়াকে মোটামুটি চার ভাগে ভাগ করা যায়।

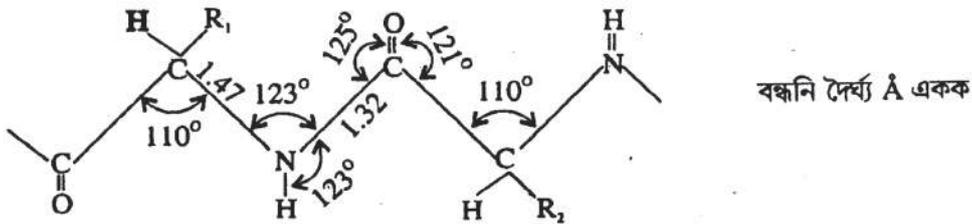
- (i) প্রাথমিক বা প্রথম স্তর (Primary) গঠন (Structure) নির্ণয়।
  - (ii) দ্বিতীয় স্তর (Secondary) গঠন নির্ণয়।
  - (iii) তৃতীয় স্তর (Tertiary) গঠন নির্ণয়।
  - (iv) চতুর্থ স্তর (Quaternary) গঠন নির্ণয়।
- (i) প্রাথমিক গঠন (Primary Structure) :

এই অংশে অণুতে যে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলো জুড়ে আছে তাদের অনুক্রম (Sequence) নির্ণয় করা হয়—অর্থাৎ অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলো কোনটির সঙ্গে কোনটি পর পর জুড়ে আছে তা নির্ণয় করা হয়। যেমন—একটি ডাইপেপটাইড এ যা কিনা প্রোটিনের একটি ক্ষুদ্র একক বলে ধরা যায়, দুটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু জুড়ে থাকে। এখন এই জুড়ে থাকা দুভাবে হতে পারে।



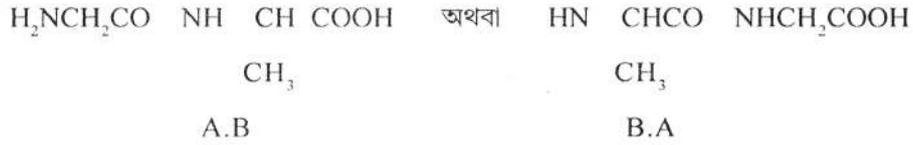
প্রচলিত রীতি অনুযায়ী  $-\text{NH}_2$  প্রান্ত বাম দিকেও  $-\text{COOH}$  প্রান্ত ডানদিকে লেখা হয়।

X-রশ্মি বিশ্লেষণের সাহায্যে একটি প্রাথমিক পেপটাইড একক এর বিভিন্ন বন্ধনী দৈর্ঘ্য (Bond length), বন্ধনী কোণ (Bond angle) ইত্যাদি নির্ণয় করা হয়েছে।



এটা সহজেই অনুমেয় যে দুটো অ্যামিনো অ্যাসিড অণু পেপটাইড বন্ধনী গঠনের জন্য দু'ভাবে জুড়তে পারে। যদি অণু দুটিকে A ও B মনে করা হয়। তবে A'র  $-\text{NH}_2$  গ্রুপ B'র  $-\text{COOH}$  গ্রুপের সাথে, অথবা B'র  $\text{NH}_2$  গ্রুপ A'র  $\text{COOH}$  গ্রুপের সাথে বিক্রিয়া করে পেপটাইড বন্ধনী  $-\text{CO}-\text{NH}-$  গঠন করতে পারে। অর্থাৎ ডাইপেপটাইডটি হতে পারে A.B অথবা B.A যেমন অণু দুটির একটি গ্লাইসিন  $\text{H}_2\text{N}.\text{CH}_2.\text{COOH}$  (A) এবং

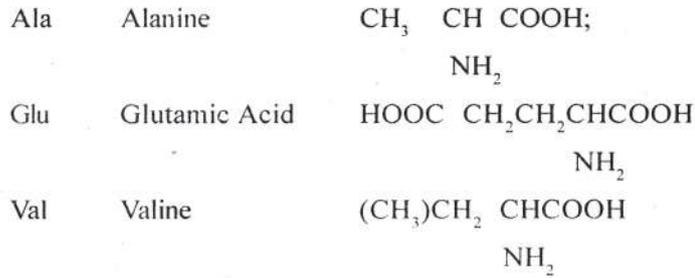
অপরটি অ্যালানিন  $\text{CH}_3 \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} \text{COOH(B)}$  হয় তবে যে দুটি পেপটাইড সম্ভব তা হল—



অনুরূপে তিনটি অ্যামিনো অ্যাসিড A, B ও C পরস্পরের সঙ্গে জুড়ে ছয়ভাবে পেপটাইড গঠন করতে পারে যেমন A.B.C, A.C.B, B.A.C, B.C.A, C.A.B এবং C.B.A অর্থাৎ  $\angle 3$  সংখ্যক পেপটাইড গঠন করবে। এভাবে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর সংখ্যা যত বাড়ে পেপটাইডের সংখ্যাও সেই অনুসারে অনেক বৃদ্ধি পাবে। n সংখ্যক অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে  $\angle 3$  সংখ্যক পেপটাইড উৎপন্ন হবে। এখানে মনে রাখা দরকার প্রকৃতিতে যে সব অ্যামিনো অ্যাসিড পাওয়া যায় তা সবই L-configuration বিশিষ্ট। তা না হলে পেপটাইডের সংখ্যা আরও বৃদ্ধি পাবে। প্রাথমিক গঠন (Primary Structure) লেখার সময় রীতি অনুসারে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুর প্রথম তিনটি অক্ষর নিয়ে নীচে দেখানো তিন রকমের কোন একভাবে লেখা হয়ে থাকে এবং তাতেই তার প্রাথমিক গঠন পরিষ্কার জানা যাবে।

Ala.gla.val; Ala → glu → val; Ala-glu-Val

অ্যালানিল গ্লুটানিল ভ্যালিন (Alanyl glutanyl valine)



ওপরে যে প্রাথমিক গঠন লেখা হয়েছে সেটি ছাড়া আরও পাঁচটি গঠন সম্ভব ঐ তিনটি অ্যামিনো অ্যাসিড দিয়ে। কাডেই ট্রাইপেপটাইডটি ছাঁটির মধ্যে প্রকৃতপক্ষে কোনটি তা নির্ণয় করা যায় নানারকম রাসায়নিক ও ভৌত (Physical) তথা বিশ্লেষণমূলক (Analytical) পদ্ধতির সাহায্যে।

#### 6.8.2.1 পেপটাইডের অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম নির্ণয় (Amino acid sequence determination of peptides) :

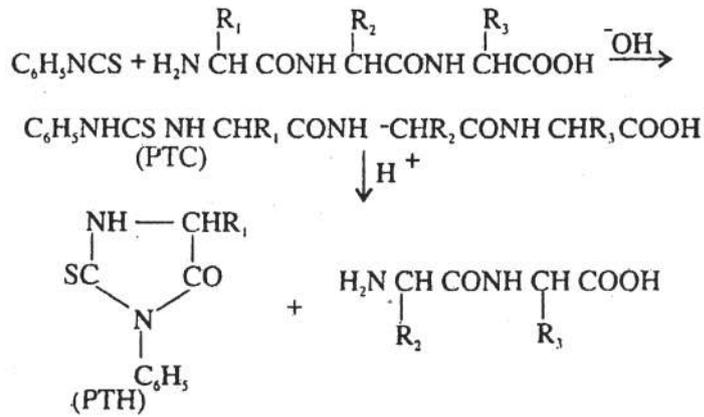
একটি পেপটাইডে অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলো পর পর কোনটির সঙ্গে কোনটি জুড়ে আছে তা রাসায়নিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করতে হলে দুটি পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায়। একটিকে বলে N-T-AA অর্থাৎ N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ণয় (N-Terminal Amino acid determination) ও অপরটি C-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ণয় C-T-AA (C-Terminal Amino Acid determination) যে কোন একটি পদ্ধতি প্রয়োগ করে পেপটাইডের বামদিক অথবা ডানদিক থেকে পরপর কোন অ্যামিনো অ্যাসিড জুড়ে আছে তা নির্ণয় করা যায়।



### 6.8.2.1.2 N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ণয় (N-Terminal Amino acid determination) :

(a) এডম্যান পদ্ধতি (Edman method) :

এই পদ্ধতিতে ক্ষারের উপস্থিতিতে পেপটাইড বা প্রোটিনের সঙ্গে ফিনাইল আইসোথায়োসায়ানেটের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। ফলে ফিনাইল থায়োক্যার্বামিল পেপটাইড (বা প্রোটিন) উৎপন্ন হয়। এরপর পাতলা HCl বা ClC.COOH মেশালে ফিনাইল থায়োক্যার্বামিল পেপটাইড (PTC) ফিনাইথায়োহাইডানটয়েন এ পরিণত হয় এবং আর একটি ঠিক অগ্রবর্তী ছোট পেপটাইড উৎপন্ন হয়। যে ফিনাইল থায়োহাইডানটয়েন (PTH) উৎপন্ন হয় তাকে উপযুক্ত পদ্ধতিতে চিহ্নিত করে পেপটাইড থেকে বিচ্ছিন্ন N-T-AA কী ছিল তা নির্ণয় করা যায়। এরপর উপরোক্ত উৎপন্ন ছোট পেপটাইডের ওপর একই পদ্ধতি পুনঃ পুনঃ প্রয়োগ করে পর পর কী কী অ্যামিনো অ্যাসিড যুক্ত ছিল তা নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিকে এখন স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের সাহায্যে সম্পন্ন করা যায়। ফলে অতি সহজেই অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম নির্ধারণ করা যায় এবং অতি অল্প সময়েই। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ—

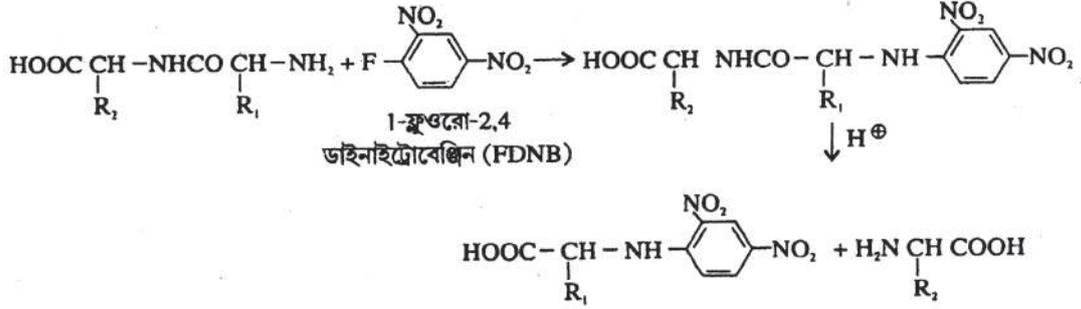


প্রশ্ন: উপরোক্ত বিক্রিয়ায় PTH উৎপন্নের সম্ভাব্য Mechanism কী হতে পারে?

উ: PTC থেকে PTH উৎপন্নের mechanism এখনও অনিশ্চিত। তবে সম্ভাব্য mechanism নিম্নরূপ হতে পারে।



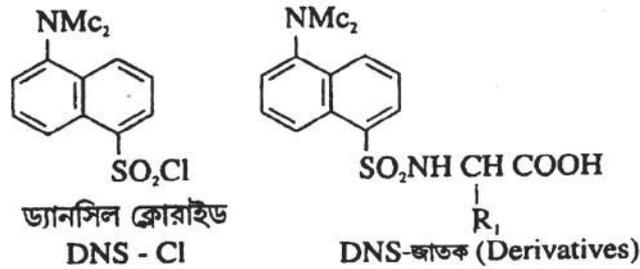
জাতককে অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে DNP অ্যামিনো অ্যাসিড ও কতগুলি অ্যামিনো অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে।



যদি পেপটাইড (বা প্রোটিনে) অন্য আরও মুক্ত  $\text{NH}_2$  গ্রুপ থাকে তবে সেগুলিও FDNB-র সাথে বিক্রিয়া ঘটবে। তাছাড়া হাইড্রক্সি, থায়াল, ইমিডাজোল গ্রুপ থাকলেও উপরোক্ত বিক্রিয়া ঘটবে। (তালিকা 1 দ্রষ্টব্য)। তা বিক্রিয়ার পর উপযুক্ত উপায়ে প্রত্যেকটিকে পৃথক করার পর চিহ্নিত করার মাধ্যমে প্রোটিনের N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ণয় করা হয়।

(c) 'ড্যানসিল' পদ্ধতি (Dansyl method) :

অধুনা FDNB-র পরিবর্তে 5-ডাইমিথাইল অ্যামিনো ন্যাপথালিন-1-সালফোনিল ক্লোরাইড বা 'ড্যানসিল' ক্লোরাইড (DNS-Cl) ব্যবহার করে আরও ভাল ফল পাওয়া গেছে। বিক্রিয়াটি একইরকম—



ড্যানসিল গ্রুপ থাকার দরুন উৎপন্ন জাতক অত্যন্ত প্রতিপ্রভ (Fluorescent) হয়। ফলে এগুলিকে অত্যন্ত নগণ্য পরিমাণ নিয়েও ফ্লুরিমেট্রিক (Fluorimetric) পদ্ধতির সাহায্যে চিহ্নিতকরণ (Detection) তথা পরিমাপণ (Estimation) করা যায়।

(d) উৎসেচক পদ্ধতি (Enzymatic method) :

N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ণয়ে উৎসেচক ব্যবহার খুব কার্যকরী। কিছু উৎসেচক আছে যা পেপটাইড (বা প্রোটিন) এর যে প্রান্তে মুক্ত  $\text{NH}_2$  গ্রুপ আছে সেই প্রান্তেই বিক্রিয়া ঘটায়। যেমন লয়সিন অ্যামিনো পেপটিডেজ (Leucine aminopeptidase)। এই উৎসেচকের উপস্থিতিতে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড এক এক করে পর পর বিচ্ছিন্ন হয়। সুতরাং কিছুক্ষণ পর আর্দ্র বিশ্লেষণ শেষ হলে উৎপন্ন অ্যামিনো অ্যাসিডগুলোর

পরিমাণ নির্ণয় করলে (Quantitative estimation) পেপটাইড বা প্রোটিন অণুতে অ্যামিনো অ্যাসিডের অনুক্রম নির্ধারণ করা যায়। (C-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম নির্ণয় (1.8.2.1.1 (c) দ্রষ্টব্য)

(e) আংশিক আর্দ্রবিচ্ছেষণ পদ্ধতি (Partial Hydrolysis method) :

এখানে 'overlapping' পদ্ধতি নীতির সাহায্য নেওয়া হয়। পেপটাইড বা প্রোটিনকে এমনভাবে আর্দ্রবিচ্ছেষণ করা হয় যাতে ছোট ছোট অনেকগুলি পেপটাইড উৎপন্ন হয়। ধরা যায় একটা হেক্সাপেপটাইড যার N-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিডকে B<sup>1</sup> তাহলে এটিকে B(A,C,E,D,F) হিসেবে লেখা যায়। এটিকে আংশিক আর্দ্রবিচ্ছেষণের ফলে যে ছোট ছোট পেপটাইডগুলো পাওয়া গেল সেগুলি B-A, (C,E), (C,D), B(A,E), (C,D,F) ও (C,D,E,F)। এদের প্রত্যেকটিকে পৃথক ও বিশুদ্ধিকরণের পর চিহ্নিত করা হল। এখন যেহেতু B-A ও B(A,E) পাওয়া গেছে সুতরাং B-A-E একটি অনুক্রম। এরপর যেহেতু (C,E) পাওয়া গেছে, তাই পরবর্তী অনুক্রমটি হবে B-A-E-C এরপর যেহেতু (C,D) পাওয়া গেছে সুতরাং পরবর্তী অনুক্রমে D অ্যামিনো অ্যাসিড থাকবে তাহলে পুরো অনুক্রমটি দাঁড়ালো B-A-E-C-D-F। এই অনুক্রম অনুসারে (C,D,F) ও (C,D,E,F) উৎপন্ন হওয়াকেও সহজেই ব্যাখ্যা করতে পারে।

পুরো ব্যাপারটিকে নীচের তালিকা অনুযায়ী লিখলে অনুক্রমটি খুব সহজেই ব্যাখ্যাত হবে।

N-T-AA	C-T-AA
B A	
B A E	
E	C
	C D
	D D F
E	C D F
B-A-E-C-D-F	

স্বভাবতই পেপটাইড তথা প্রোটিন অণু যত বড় হবে ততই এই পদ্ধতি প্রয়োগ শ্রমসাধ্য ও কঠিন হবে।

**6.8.2.1.3 মাইক্রোওয়েভ (Microwave) এর সাহায্যে C-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম নির্ণয় :**

আমরা আগের আলোচনায় (1.8.2.1.1) দেখেছি হাইড্রাজিনের সাহায্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে C-প্রান্ত অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম নির্ণয় করা যায়। এই বিক্রিয়াকে বলা হয় হাইড্রাজিনোলিসিস এবং এটি আবিষ্কার করেন আকাবেরি (Akaberi) অতি সম্প্রতি (মার্চ, 2003) অজয় বোস ও তাঁর সহযোগীবৃন্দ মাইক্রোওয়েভের সাহায্যে এই বিক্রিয়া ঘটিয়ে আরও ভালো ফল পেয়েছেন। এর একটি বিশেষত্ব হল যে এই পদ্ধতি বন্ধশৃঙ্খল (Closed ring) পেপটাইডের ক্ষেত্রেও প্রয়োগ করা যায় যা অন্য পদ্ধতিতে কার্যকরী হয় না কারণ ঐ ধরনের Ring পলিপেপটাইডে কোন C-প্রান্ত বা N-প্রান্ত থাকে না। দেখা গেছে যে গ্লাইসিন অংশ আছে এমন বন্ধশৃঙ্খল অলিগো পেপটাইডকে মাইক্রোওয়েভের সাহায্যে আকাবেরি হাইড্রাজিনোলিসিস ঘটালে 5-10 মিনিটের মধ্যে পেপটাইড যেখানে গ্লাইসিন অংশ আছে সেখানেই শৃঙ্খলটি উন্মুক্ত হয় এবং মুক্ত শৃঙ্খল হাইড্রাজাইড

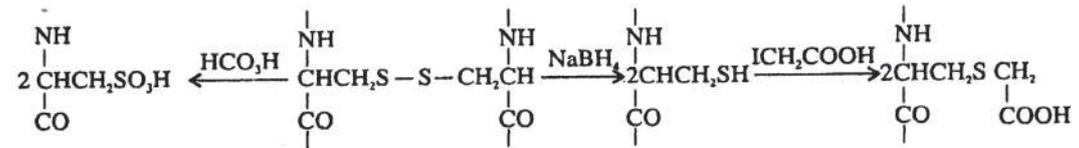
(Hydrazide) গঠন করে। তারপর এই মুক্ত শৃঙ্খল হাইড্রাজাইডকে Mass spectrometry-র সাহায্যে বিশ্লেষণ করলে সম্পূর্ণ অনুক্রমটি নির্ণয় করা যায়। এছাড়া মুক্ত শৃঙ্খল পলি পেপটাইডেও এই পদ্ধতি খুব সহজেই প্রয়োগ করা যায়। এই পদ্ধতিতে প্রথমে যে হাইড্রাজাইড উৎপন্ন হয় তাকে কতগুলো অত্যাধুনিক যান্ত্রিক পদ্ধতিতে (যেমন—ESI-MS/MS, FAB-MS, FAB-MS/MS) বিশ্লেষণ করলে সহজেই সম্পূর্ণ অনুক্রমটি নির্ণয় করা যায়।

[ESI : Electrospray Induced; FAB : Fast Atom Bombardment MS/MS : A technique of particle (ion) separation]

পরবর্তীকালে দেখা গেছে যে বিক্রিয়া মাধ্যমে মাইক্রোওয়েভ দিয়ে কিরণপাত (Irradiate) করার আগে লিথিয়াম ব্রোমাইড মিশিয়ে দিলে আরও অনেক ভালো ফল পাওয়া যায়। কারণ লিথিয়ামব্রোমাইড একটি অজৈব লবণ হওয়ায় আরো কার্যকারী ভাবে মাইক্রোওয়েভ শুষে নিতে পারে যা পবিত্র পেপটাইড থেকে উৎপন্ন টুকরো টুকরো পেপটাইডগুলো পারে না। এই বিক্রিয়া 10 মিনিট বা তারও কম সময়ে সম্পন্ন হয়।

একটা অতি গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার স্মরণ রাখা দরকার যে, প্রোটিনের প্রাথমিক গঠন নির্ণয়ে যে পদ্ধতিগুলো আলোচনা করা হল, সেগুলি সহজেই প্রয়োগ করা যায় যদি প্রোটিন তথা পেপটাইডে একটিমাত্র পেপটাইড শৃঙ্খল থাকে এবং সেক্ষেত্রে একটি N-T-AA ও একটি C-T-AA থাকবে। কিন্তু অনেকক্ষেত্রেই তা থাকে না। সেক্ষেত্রে একাধিক পেপটাইড শৃঙ্খল থাকলে সমসংখ্যক N- ও C- প্রান্ত থাকবে। আবার অনেক ক্ষেত্রে কোনো N-প্রান্ত এবং C-প্রান্ত থাকে না (অর্থাৎ কোন মুক্ত NH<sub>2</sub> ও COOH গ্রুপ)। সেক্ষেত্রে এটি একটি বদ্ধশৃঙ্খল (Cyclic) পেপটাইড হবে। সেটা আরও প্রমাণিত হবে ইলেকট্রোফোরেসিস প্রক্রিয়ায় কোন অবস্থান পরিবর্তন (Movement) না হওয়া এবং নিনহাইড্রিন পরীক্ষায় সাড়া না দেওয়া।

প্রোটিনের এই ধরনের উপ-একক (subunit) গুলি যদি অন্য কোন সমযোজী (Covalent) বন্ধনীর দ্বারা আবদ্ধ (Cross-linked) না থাকে, তাহলে ইউরিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত করলে শৃঙ্খলগুলি পরস্পরের থেকে আলাদা হয়ে যায়। তখন এগুলিকে পৃথক করে বিশুদ্ধিকরণ করার পর পূর্বে আলোচিত পদ্ধতিগুলি প্রয়োগ করে প্রত্যেকটির প্রাথমিক গঠন নির্ণয় করা যায়। আবার প্রোটিনে যদি সিস্টাইন (Cystine) থাকে, সেক্ষেত্রে উপ-এককগুলি ডাইসালফাইড (Disulphide) বন্ধনীর মাধ্যমে বাঁধা থাকতে পারে। প্রাথমিক গঠন নির্ণয়ের আগে এই বন্ধনী ভেঙে (split) নেওয়া হয়। তারজন্য পারফরমিক অ্যাসিড (Performic acid) এর সাহায্যে জারণ বা সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইডের সাহায্যে বিজারণ করা যায়।

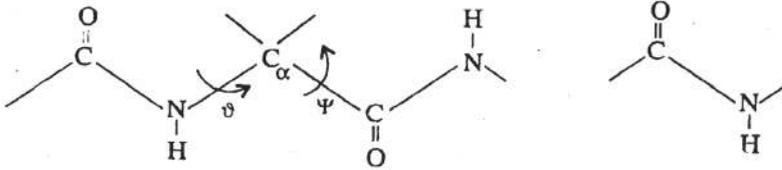


এরপর এই পদার্থগুলি গঠন নির্ণয় করা হয় সেই সঙ্গে উৎপন্ন সিস্টেইক অ্যাসিডের অবস্থান নির্ণয় করে ডাই সালফাইড বন্ধনীর অবস্থান নির্ধারণ করা হয়।

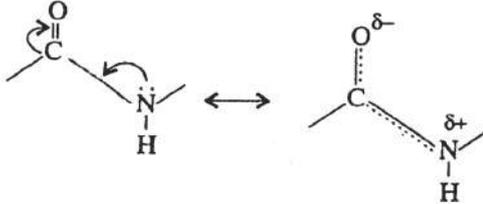
অধুনা Mass spectrometry-র সাহায্যে পেপটাইড ও প্রোটিনের প্রাথমিক গঠন নির্ণয় করা গেছে। তারজন্য Mc বা Et এস্টার ব্যবহার করা হয় কারণ এগুলি অধিকতর উদ্বায়ী।

(ii) দ্বিতীয় স্তর গঠন (Secondary structure)

প্রোটিনের প্রাথমিক গঠন নির্ণয়ে জানা গেল তাতে অ্যামিনো অ্যাসিড এককগুলি পর পর কি অনুক্রমে জুড়ে আছে। এরপর আমাদের জানতে হবে এই শৃঙ্খল (Chain)গুলি পরস্পরের পরিপ্রেক্ষিতে কীভাবে সাজানো আছে। দেখা গেছে যে এই সাজানো ব্যাপারটা একটা নির্দিষ্ট নিয়ম মেনে হয়। X-রশ্মি বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখা গেছে একটা নির্দিষ্ট গঠনাকৃতি একক (Structural unit) এর পুনরাবৃত্তির মাধ্যমে পুরো জিনিসটা নির্দিষ্ট আকৃতি (Conformation) নেয়। এই গঠনকেই বলে দ্বিতীয় স্তর গঠন বা Secondary structure। এই বিশেষ গঠনাকৃতি প্রধানত দু'রকমের হয়। (a)  $\alpha$ -হেলিক্স (a-Helix) (b) ভাঁজ করা চাদরের (Plated sheet) মত। এই ধরনের বিশেষ গঠন প্রথম উপস্থাপন করেন লিনাস পাওলিং ও (Linus Pauling) রবার্ট কোরে (Robert Corey) তাত্ত্বিক ব্যাখ্যার সাহায্যে (Theoretical grounds)। পরে পরীক্ষার সাহায্যে এর সত্যতা প্রমাণিত হয়েছে। (a)  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনে (i) পেপটাইড গ্রুপ সমতলিক (Planar)  $C_{\alpha}-C$  এবং  $N-C_{\alpha}$  বন্ধনী দ্বয়ের পরিপ্রেক্ষিতে মাপা ডাইহিড্রাল কোণ  $\psi$  &  $\phi$  (Dihedral angle taken about  $C_{\alpha}-C$  and  $N-C_{\alpha}$  bonds) এমন যাতে তার প্রচ্ছন্ন শক্তি (Potential energy) সব থেকে কম থাকে। (iii) H-বন্ধনী ঐ বিশেষ গঠনকে সুস্থিতি দেয় এবং ঐ H-বন্ধনী সব থেকে শক্তিশালী হয় যখন  $(C=O \dots H-N)$  এই অংশের পরমাণুগুলো একই সরল রেখায় (Collinear) থাকে; অথবা তাদের মধ্যে কৌণিক দূরত্ব  $30^\circ$  বেশি ছাড়িয়ে না যায়। (iv) গঠনে সবথেকে বেশি সংখ্যক H-বন্ধনী থাকে।



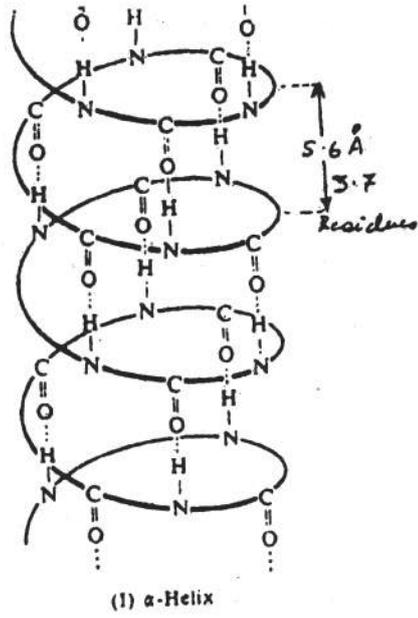
$C=O$  এবং  $N-H$  বন্ধনীদ্বয় trans জ্যামিতি বিশিষ্ট



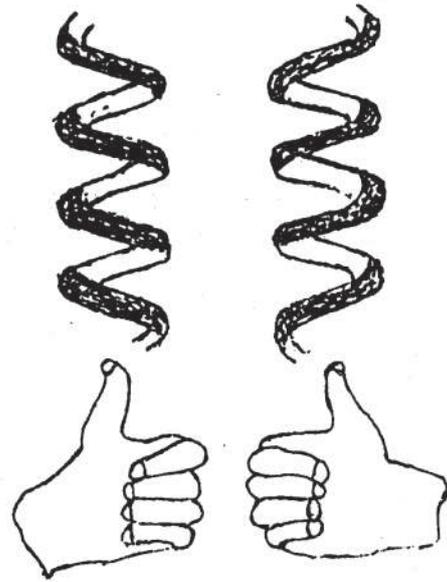
Resonance এর দরুন  $C-N$  বন্ধনী-দৈর্ঘ্য স্বাভাবিক  $C-N$  বন্ধনী-দৈর্ঘ্যের চাইতে কিছুটা ছোট হয়

$\alpha$ -হেলিক্স গঠন (Conformation) উপরোক্ত ব্যাপারগুলোর সঙ্গে মানানসই। পাওলিং এর মতানুসারে হেলিক্সের প্রতিটি অংশে (turn) 3.7 অথবা 5.1 টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ থাকবে। কিন্তু ত্রৈমাত্রিক গঠনের (Stereo structure) কথা মাথায় রাখতে গেলে 3.7 টি অণু অংশই বেশি গ্রহণযোগ্য কারণ তাতেই হেলিক্স সব চাইতে সুস্থিত হবে। নীচের 1 নং চিত্র  $\alpha$ -হেলিক্সের একটি আদর্শ প্রতিক্রম (Representative Model)। এমত দেখা যাচ্ছে যে কোন একটি অণু অংশের NH গ্রুপের সঙ্গে H-বন্ধনী গঠন করেছে। এইসব H-বন্ধনীর কারণে হেলিক্স সুদৃঢ় হয় কারণ ইচ্ছা মত কোন অণু অংশের বন্ধনীর পরিপ্রেক্ষিতে ঘূর্ণন সম্ভব হয় না (Free rotation is prevented) এই হেলিক্স আবার দু'রকম হতে পারে (i) বামাবর্তী (Left-handed)

ও (ii) দক্ষিণাবর্তী (Right-handed)। মফিট্ (Moffitt) তাত্ত্বিক উপায়ে (Theoretically) দেখান যে দক্ষিণাবর্তী হেলিক্স ই (L-অ্যামিনো অ্যাসিডের জন্য) বেশি সুস্থিত এবং তাই ধরে নেওয়া যায় এগুলিই প্রকৃতিতে স্বাভাবিক অবস্থায় পাওয়া যাবে।



চিত্র নং 1

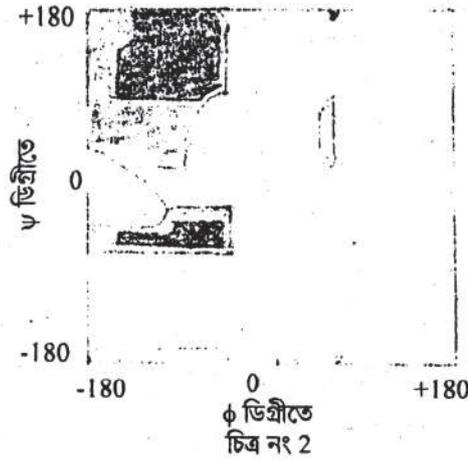


Left handed Helix

Right handed Helix

চিত্র নং 1 ক

একটি প্রোটিনের সম্পূর্ণ দ্বিতীয় স্তর গঠন নির্ধারিত হয় প্রতিটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশের Dihedral কোণ  $\phi$  (phi) ও  $\psi$  (psi) মানের এর সাহায্যে এবং তার ওপর অণুর সুস্থিতি নির্ভর করবে। এই কোণ  $\phi$  ও  $\psi$  এর অনুমোদিত (Allowed) মান নিম্ন প্রদর্শিত চিত্রের সাহায্যে দেখানো যায়। এটিকে রামচন্দ্রন নক্সা বলা হয়। চিত্র নং 2।



L - Ala অবশেষের ক্ষেত্রে রামচন্দ্রন উপস্থাপন

প্রশ্ন: 10 প্রোটিনের  $\alpha$ -হেলিক্স গঠন (Conformation) অন্য কোন গঠনের তুলনায় অনেক বেশি দেখা যায় কেন?

উ: এর প্রধান কারণ এই গঠনেই প্রোটিন অণু সব থেকে বেশি সুস্থিতি প্রাপ্ত হয়। শৃঙ্খলে প্রতিটি পেপটাইড বন্ধনী H-বন্ধনী গঠনে অংশগ্রহণ করে এবং হেলিক্সের প্রতিটি পাক তার পরিবর্তী পাকের (Coil) সঙ্গে কয়েকটি H-বন্ধনীর সাহায্যে আবদ্ধ। এইসব H-বন্ধনীর জন্য পুরো গঠন বেশি মাত্রায় সুস্থিতিলাভ করে। এটি বিশেষ করে সম্ভব কারণ পলিপেপটাইড শৃঙ্খলে সব কটি অ্যামিনো অ্যাসিড L-configuration বিশিষ্ট। L- এবং D-দু'রকম অ্যামিনো অ্যাসিড থাকলে হেলিক্স গঠন সম্ভব হত না।

পেপটাইড এর বিশেষ গঠন যা নির্ধারণ করা হয়েছে তত্ত্ব অনুমোদিত  $\phi$  ও  $\psi$  এর মান এর সাহায্যে। সব থেকে বেশি কালো অংশ সেইসব conformations যা সব অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্ষেত্রে হতে পারে। অল্প কালো অংশও একইরকম শুধু ভ্যালিন ও আইসোলয়সিন বাদে। আর সব থেকে কম কালো অংশ সেইসব গঠন (conformation) যারা কিছুটা কম সুস্থিত, কিন্তু কিছু প্রোটিনে দেখা যায়।

প্রশ্ন: 11 সব পলি পেপটাইডই কি সুস্থিত  $\alpha$ -হেলিক্স গঠন করতে পারে?

উ: না। হাইড্রোজেন বন্ধনী ছাড়াও অ্যামিনো অ্যাসিডের পার্শ্বভাগে (Side chain) এমন কোন অংশ থাকতে পারে যা পুরো পেপটাইড গঠনের সুস্থিতির পক্ষেও যেতে পারে আবার বিপক্ষেও যেতে পারে। যেমন পলিপেপটাইডে কতকগুলি গ্লুটামিক অ্যাসিড (Glu,  $\text{HOOC CH}_2\text{CH}_2\text{CH COOH}$ ) অংশ হিসাবে থাকে, শৃঙ্খলের অনেকখানি  $\text{NH}_2$

অংশ ধরে, তবে পুরো অণুর সেই অংশ 7.0 pH ও  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনে সক্ষম হবে না। পর পর অবস্থিত এই অণুর যে মুক্ত অপরা তড়িৎধর্মী কার্বক্সিল গ্রুপ থাকবে তাদের মধ্যে এত বেশি বিকর্ষণ হবে যে হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠনের দরুণ যে সুস্থিতি তাকে নষ্ট করে দেবে। একইরকম কারণে অণুতে যদি অনেকগুলি লাইসিন (Lys,  $\text{H}_2\text{N}$

(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH(NH)<sub>2</sub>COOH) এবং অথবা আরজিনিন  $\left( \text{Arg, } \begin{array}{c} \text{HN} \\ | \\ \text{C} - \text{NH} \text{ CH}_2 \text{ CH}_2 \text{ CH}_2 \text{ CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ | \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} \right)$

থাকে এরা পরা তড়িৎধর্মী মুক্ত অ্যামিনো গ্রুপ থাকার জন্য পরস্পরপ বিকর্ষণে একই ব্যাপার ঘটাবে। আবার কোন কোন অণুর আয়তন তথা আকৃতি (Bulk and shape) এমন যে  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনের স্থিতিশীলতা নষ্ট করে দেবে বা গঠনেই বাধা দেবে, যেমন অ্যাসপারাজিন সেরিন (Ser, HOCH<sub>2</sub>CHCOOH) থ্রিওনিন এবং লয়সিন

(Leu, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH - CH<sub>2</sub>CHCOOH)।

প্রশ্ন: 12 প্রোটিনের  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনে প্রোলিন অ্যামিনো অ্যাসিডটিকে প্রায় দেখাই যায় না কেন?

উ: প্রোলিনে পেপটাইড গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন পরমাণুটি একটি সুদৃঢ় (Rigid) বন্ধশৃঙ্খলাবদ্ধ। ফলে পেপটাইড গঠনের পর স্থিতি লাভের প্রয়াসে N-C<sub>α</sub> বন্ধনীর যে ঘূর্ণন প্রয়োজন তা সম্ভব হয় না। আবার পেপটাইড গঠনের পর H-বন্ধনী গঠনের জন্য দ্বিতীয় কোন H-পরমাণু থাকে না। এই সব কারণে  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনে প্রোলিন প্রায় দেখাই যায় না।

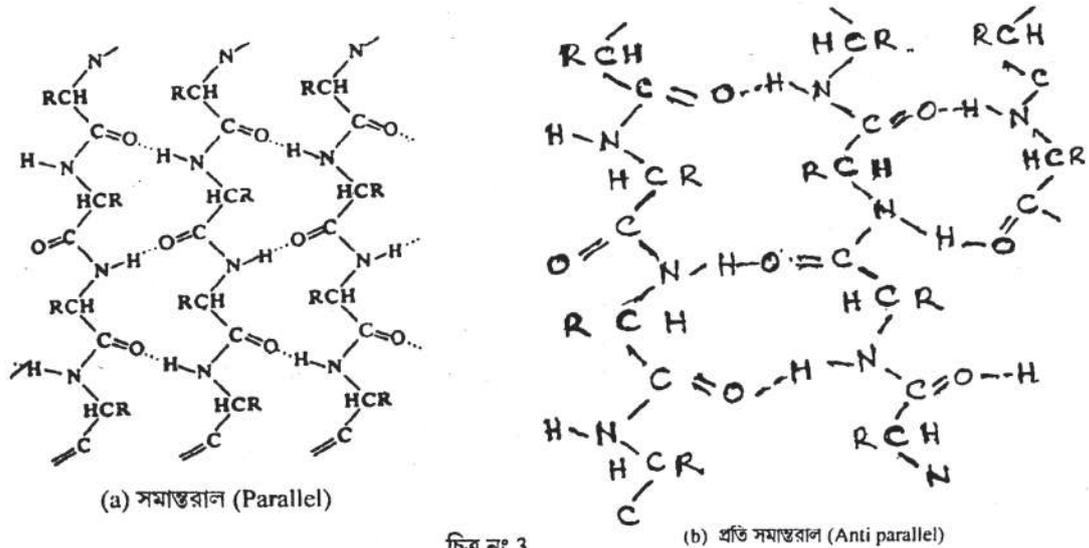
প্রশ্ন: 13 কী কী কারণে  $\alpha$ -হেলিক্স গঠন এর স্থিতি (Stability) প্রভাবিত হয়?

উ: পাঁচটি বিভিন্ন  $\alpha$ -হেলিক্স গঠনের স্থিতি প্রভাবিত হতে পারে। যেমন—

- স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ (Electro-static attraction or repulsion) মেরুধর্মী বিশিষ্ট দুটি গ্রুপ COO<sup>-</sup> and NH<sub>3</sub><sup>+</sup> এর মধ্যে যদি দুটি বিপরীতধর্মী বিশিষ্ট গ্রুপ কাছাকাছি থাকে তবে তারা  $\alpha$ -হেলিক্সকে স্থিতি দেবে। সমধর্মী বিশিষ্ট দুটি গ্রুপ (দুটি COO<sup>-</sup> বা দুটি NH<sub>3</sub><sup>+</sup> কাছাকাছি থাকলে স্থিতি নষ্ট করবে।
  - অ্যামিনো অ্যাসিডে দুটি R গ্রুপ কাছাকাছি থাকলে স্থিতি নষ্ট করবে। R এর আয়তন যত বেশি হবে স্থিতি তত কম হবে।
  - তিনটি বা চারটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ (Amino acid residues) অন্তর যদি ঐ অংশে পার্শ্ব শৃঙ্খল (Side chain) হিসাবে কোন অংশ থাকে তবে তাদের মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়ায় (Interaction) স্থিতি নষ্ট হবে।
  - $\alpha$ -হেলিক্সে প্রোলিন অংশ থাকলে স্থিতি নষ্ট হবে।
  - হেলিক্সের দুটি প্রান্ত দেশের অ্যামিনো অ্যাসিড অংশে যদি পার্শ্ব শৃঙ্খল থাকে এবং এই গঠনে সহজাত (Inherent) বিদ্যুৎ দ্বিমেরুতা (Electric dipole) স্থিতি প্রভাবিত করে।
- (b) ভাঁজ করা চাদরের মত (Pleated sheet) গঠন

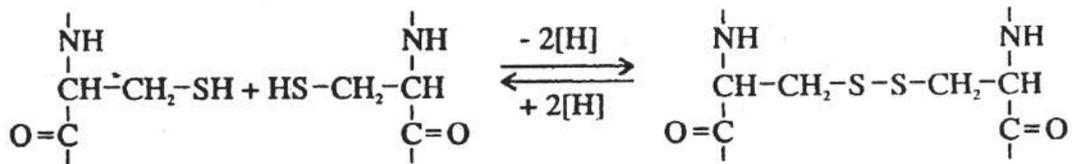
পাওলিং এবং কোরে (Pauling & Corey) প্রোটিনের আর এক ধরনের বিশেষ গঠন উপস্থাপন করেন যাকে বলা হয়  $\beta$ -Pleated conformation এতে দেখা যায় পুরো অণুটির গঠনের মধ্যে কিছু অংশ পুনঃ পুনঃ অবস্থান করেছে। এটি এক ধরনের বিস্তৃত গঠন (Conformation) X-রশ্মি বিশ্লেষণের সাহায্যে এটা প্রমাণ করা

হয়েছে। পলিপেপটাইডে অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশগুলি আঁকাবাঁকাভাবে সাজানো (চিত্র নং 3)। যেমন— ফাইব্রয়েনে (Fibroin) এই আঁকাবাঁকা পলিপেপটাইড শৃঙ্খলগুলি পাশাপাশি এমনভাবে থাকে যে মনে হয় ভাঁজ করা কতগুলি চাদর। এই ধরনের গঠনকেই বলা হয়  $\beta$ -Pleated sheet. এতে H-বন্ধনী কোন একটি শৃঙ্খলের মধ্যে (Intra chain) থাকতে পারে। আবার পাশাপাশি দুটি শৃঙ্খলের মধ্যে (Inter chain) থাকতে পারে। একটি পেপটাইড শৃঙ্খলে পরপর দুটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশের R অংশটি পরস্পরের থেকে বিপরীত দিকে বেরিয়ে থাকে। পর পর দুটি এই ভাঁজ করা পেপটাইড শৃঙ্খল সমান্তরাল (Parallel) ভাবে অবস্থান করতে আবার প্রতি সমান্তরাল (Anti Parallel) ভাবেও থাকতে পারে। কোন একটি শৃঙ্খলে একইদিকে অবস্থিত পর পর দুটি CHR গ্রুপের মধ্যে দূরত্ব মেপে দেখা গেছে 7.0Å. এই দৈর্ঘ্য প্রকৃতপক্ষে যা হওয়া উচিত অর্থাৎ হিসেব করে বার করা মান 7.0Å<sup>০</sup> চাইতে কম। এর কারণ হিসেব মনে করা হয় শৃঙ্খলের মধ্যে R গ্রুপগুলো পরস্পরের কাছে ভীড় করে থাকাকে, যার ফলে শৃঙ্খলগুলি পুরোপুরি বিস্তৃত (Extended) হতে পারে না।



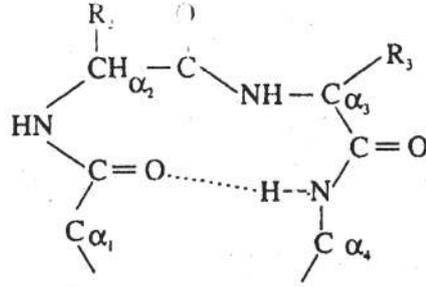
চিত্র নং 3

দ্বিতীয় স্তর গঠনের আরও কিছু বৈশিষ্ট্য আছে যেমন— (a) ডাইসালফাইড বন্ধনী (Disulfide bond)-এটি প্রোটিন গঠনে একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার। এর কারণে শৃঙ্খলের মধ্যে অনেক দূরে অবস্থিত দুটি অংশ কাছাকাছি এসে জুড়ে যায়। এটি হয় শৃঙ্খলে যদি দুটি সিসটিন থায়ল গ্রুপ থাকে, তাদের জারণ সংযোগের ফলে (Oxidative coupling)। এই বন্ধনীকে ডাই সালফাইড সেতুও বলা হয় (Disulfide bridge)।



ডিমের সাদা অংশে যে লাইসোসোজাইস থাকে তাকে এইরকম চারটি অন্তঃশৃঙ্খল (Intra chain) ডাইসালফাইড সেতু আছে। ইনসুলিনে দুটো আন্তঃশৃঙ্খল (Inter chain) ডাইসালফাইড সেতু আছে।

দ্বিতীয় স্তর গঠনে আর একটি বৈশিষ্ট্য হল  $\beta$ -বাঁক ( $\beta$ -bend) বা  $\beta$ -আবর্তন ( $\beta$ -turn) এর অর্থ হল পলিপেপটাইড শৃঙ্খল হঠাৎ তার দিক পরিবর্তন করে। নীচের ছবিটি ডানদিকে বাঁক নেওয়া পলি পেপটাইড যাতে চারটি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ আছে এতে  $180^\circ$  ডিগ্রী বাঁক দেখানো হয়েছে।



$\beta$ -বাঁক বা  $\beta$ -আবর্তন

পেপটাইড গ্লাইসিন ও প্রোলিন থাকলে প্রায়শই এমন হয়। গ্লাইসিনের কারণে হয় যেহেতু এই অণুটি ছোট ও নমনীয় (flexible)। আর প্রোলিনের কারণে হয় যেহেতু পেপটাইড গঠনকারী N-পরমাণুটি একটি রিং-এর অংশ যার ফলে অণুর ঐ অংশটি সিস (Cis-) কাঠামো বিশিষ্ট হয় এবং সেই জন্যই ঐখান থেকে সহজেই ডানদিকে বাঁক নিতে পারে। এই রকম  $\beta$ - বাঁক প্রায়শই প্রোটিনের অণুর উপরিতলে দেখা যায়।

ওপরের সমস্ত বিষয়গুলোর সমন্বয়ে যে গঠন হতে পারে, যা অনেক প্রোটিনে দেখা যায় তা চিত্র নং ৪এ দেখানো হয়েছে।

(iii) তৃতীয় স্তর গঠন (Tertiary structure) : চিত্র নং ৫গ

এই স্তরে পুরো অণুটি ভাঁজ হয়ে যায়। সাধারণ তাপমাত্রায় ও pH এ অণুটি ভাঁজ হয়ে যে আকৃতিবিশিষ্ট হয় সেটিই সব থেকে সুস্থিত। এরকম হওয়ার কতগুলি কারণ (a) H-বন্ধনী (b) আয়নীয় বন্ধনী (c) রাসায়নিক (Chemical) বন্ধনী (d) হাইড্রোফোবিক বন্ধনী।

এই গঠনের ফলে পুরো অণুটি একটি ত্রৈমাত্রিক রূপ পায় যাতে পরমাণুগুলি পরস্পরের পরিপ্রেক্ষিতে কোনটি কোথায় শূন্যে অবস্থান করেছে তা বোঝা যায়। এটি হল ঐ প্রোটিন অণুর মৌখিক গঠন (Native conformation)।

(a) H-বন্ধনী- $\alpha$ - হেলিক্স বা  $\beta$ - গঠনে আগেই আলোচিত হয়েছে; (b) আয়নীয় বন্ধনী বা বল (Ionic bond or force) এটি আকর্ষণ বল বা বিকর্ষণ বল দুটিই হতে পারে। প্রোটিন অণুতে দুটি মেরুধর্মী (Polar) গ্রুপ,  $\text{CO}_2^-$  ও  $\text{NH}_3^+$  থাকে। এখন ভাঁজের ফলে দুটি একই ধরনের গ্রুপ কাছাকাছি এসে পড়ে তার প্রোটিনের সুস্থিতি কমে যাবে। আর দুটি বিপরীত ধর্মী গ্রুপ কাছাকাছি এসে গেলে আকর্ষণের দরুন সুস্থিতি বৃদ্ধি পাবে। এই তড়িৎ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল গ্রুপ দুটি কোন দিকে মুখ করে আছে তার ওপর নির্ভর করে না অর্থাৎ Orientation নির্ভর নয় যেমনটি দরকার H-বন্ধনীর বেলায়। জলের মধ্যে এই মেরুধর্মী গ্রুপগুলিকে আকর্ষণ বলের ফলে জলের অণু পরিবেষ্টন করে (Hydrated); ফলত ঐ গ্রুপগুলির তড়িৎ ধর্ম হ্রাস পায়। এছাড়া গ্রুপগুলির তড়িৎ আধানের (Charge) পরিমাণ দ্রবণের pH-এর ওপর নির্ভরশীল।

(c) রাসায়নিক বন্ধন (Chemical bond)

এটি প্রধানত ডাইসালফাইড বন্ধনী যা আগে আলোচিত হয়েছে।

(d) হাইড্রোফোবিক (Hydrophobic) বন্ধনী—কথাটা অনেকটা ধাঁধার মত ও বিভ্রান্তিকর কারণ প্রকৃত অর্থে এই ধরনের কোন বন্ধনীর অস্তিত্ব নেই। প্রোটিনে অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশগুলির মধ্যে অবস্থিত R গ্রুপগুলি মেরুধর্মী (Polar) না হওয়ায় জলের প্রতি আকর্ষণ বোধ করে না। জলের অণুগুলি H-বন্ধনীর সাহায্যে এক একটি জল অণুর পুঞ্জ (Three discriminable cluster) গঠন করে অর্থাৎ বেশি সংগঠিত (Ordered) হয়, ফলত এনট্রপি (Entropy) কমে যায়। এখন উপরোক্ত (R) গ্রুপগুলি এই জলের অণুর পুঞ্জের মধ্যে ঢুকে যায় ফলে পুরো জিনিসটার এনট্রপি আরও কমে যায় অর্থাৎ আরও সংগঠিত (Ordered) হয়। এর ফলশ্রুতি হল সুস্থিতি বৃদ্ধি। প্রোটিন অণু ভাঁজ হওয়ার ফলে অণুর পার্শ্ব শৃঙ্খল (Side chain) গুলি ভেতরের দিকে থাকে তবে অণুর সুস্থিতি বৃদ্ধি পায়। অপরপক্ষে মেরুধর্মী গ্রুপগুলি যাদের জলের প্রতি আকর্ষণ খুব বেশি, বাইরের দিকে থাকে অর্থাৎ উপরিতলে (Surface) থাকে তা হলেও প্রোটিনের সুস্থিতি বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন: 14 তৃতীয় স্তর গঠনে প্রোটিনের অ্যামিনো অ্যাসিড অণুগুলির যে অ্যালকিল পার্শ্ব শৃঙ্খল গ্রুপ গুলি ভেতরের দিকে ও মেরুধর্মী  $\text{COO}^-$  ও  $\text{NH}_3^+$  গ্রুপগুলি বাইরের দিকে থাকে কেন?

উ: ওপরের (d) অংশের ব্যাখ্যা দ্রষ্টব্য

মায়োগ্লোবিন, যা পেশীতে অক্সিজেন ধরে রাখতে সাহায্য করে, প্রোটিনের তৃতীয় স্তর গঠন বৈশিষ্ট্যের একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ। এতে একটি মাত্র জটিলভাবে ভাঁজ করা পলিপেপটাইড শৃঙ্খল থাকে যার মধ্যে 151টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ আছে। এই শৃঙ্খলে প্রোটিন নয় এমন একটি অংশ (nonproteinacious unit) লেগে থাকে।

এটি হল হিম (Heme ও Haeme)। পলিপেপটাইড শৃঙ্খলের আটটি অংশ আছে (A-H) যার মাঝে মাঝে হেলিক্স গঠন নয় এমন অংশগুলি থাকে এবং এগুলিই Tertiary structure গঠনে প্রধান ভূমিকা নেয়। ছবিতে D অংশটি এই কাগজের তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থান করে।

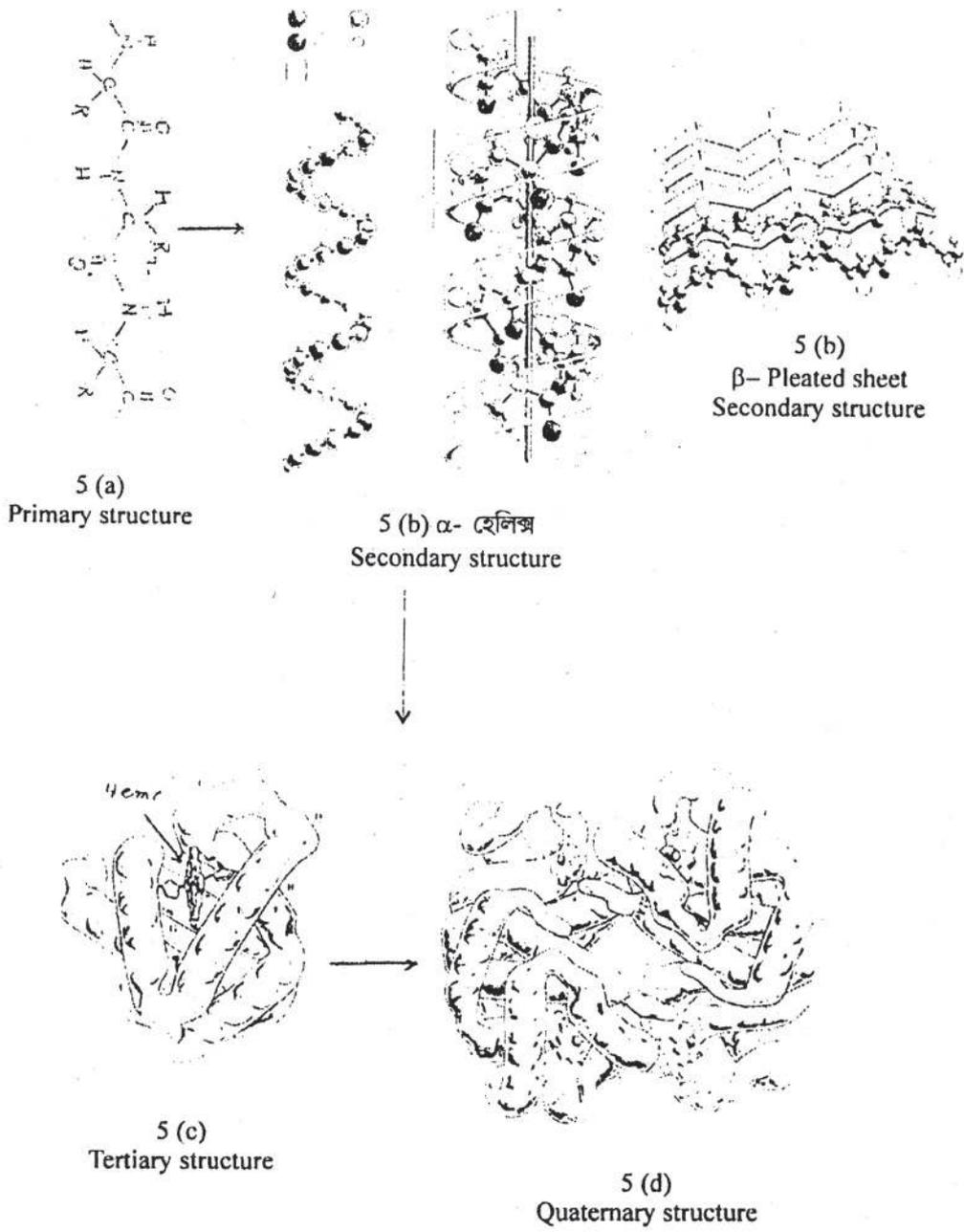
(iv) চতুর্থ স্তর গঠন (Quaternary structure) : চিত্র নং 5(b)

কোনো প্রোটিন দুই বা ততোধিক স্বনির্ভরভাবে ভাঁজ হওয়া (Independently folded) পলি পেপটাইড শৃঙ্খলের সাহায্যে উৎপন্ন হয়। এই শৃঙ্খলগুলি পরস্পরের সঙ্গে দুর্বল বন্ধনীর সাহায্যে আলগাভাবে লেগে থাকে। ভাঁজ হওয়া পেপটাইড শৃঙ্খলগুলি পরস্পরের সঙ্গে জুড়ে যে আকৃতি নেয় তাকে বলা হয় Quaternary structure। সাধারণত দানাদানা (globular) প্রোটিনে এই গঠন দেখা যায়। Quaternary structure এর আদর্শ-প্রতিক্রম হিসাবে হিমোগ্লোবিন (Hemoglobin) কে উল্লেখ করা যায়। পেরুৎজ ও কেনড্রু (Perutz & Kendrew) X-রশ্মি বিশ্লেষণের সাহায্যে এর প্রকৃত ছবি নির্ণয় করেন। এর অণুতে N-প্রান্ত থেকে 16টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ পর্যন্ত  $\alpha$ -হেলিক্স গঠন বিশিষ্ট। তারপর শৃঙ্খলটি সমকোণে ঘুরে যায় তার কারণ

এখানে একটি অ্যাসপারটিক অ্যাসিড (Asp,  $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CO}_2\text{H})\text{NH}_2$ ) অণু অংশ আছে যেটি  $\alpha$ -হেলিক্স গঠন

আরও বিস্তৃত করার জন্য প্রয়োজনীয় H-বন্ধনী গঠনে ব্যাঘাত সৃষ্টি করে। হিমোগ্লোবিনে চারটি ভাঁজ করা পলি পেপটাইড শৃঙ্খল আছে। এগুলি পরস্পরের সঙ্গে এমনভাবে আলগা তথা দুর্বল বন্ধনীর সাহায্যে জায়গা করে নেয় যে তার ফলে একটি গোলাকার (Spherical) অণুর সৃষ্টি হয় যার মাপ  $64\text{\AA} \times 55\text{\AA} \times 50\text{\AA}$ । এই গোলাকার গঠনের মধ্যে চারটির ফাঁকা জায়গায় (Pocket) চারটে চ্যাপটা মত হিম (Heme) গ্রুপ আটকে থাকে। প্রতিটি হিম গ্রুপে একটি করে লোহা পরমাণু থাকে এবং এই লোহার পরমাণুটিই অক্সিজেন অণুকে ধরে রাখতে পারে। অক্সিজেন ধরে রাখার সময় শৃঙ্খলগুলি সরে গিয়ে ফাঁকা জায়গাগুলোকে একটু ছোট করে দেয় যাতে অক্সিজেন ধরে রাখতে সুবিধা হয়। হিমোগ্লোবিনকে শ্বাসপ্রশ্বাস সহায়ক অণু (Breathing molecule) বলা হয়। এই “পকেট” (ফাঁকা জায়গা)গুলির চারপাশে অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশের হাইড্রোকার্বন অংশ ঘিরে থাকে। এগুলি পোলার (Polar) না হওয়ায় অক্সিজেন ও ফেরাস আয়নের মধ্যে ইলেকট্রন আদানপ্রদান সম্ভব হয় না। যার ফলে অক্সিজেন ও  $\text{Fe}^{2+}$  মধ্যে Complexing সম্ভব হয় এবং শ্বাস প্রশ্বাস চলতে থাকে। হিমোগ্লোবিনের চারটে শৃঙ্খলকে দু’ভাগে ভাগ করা হয়েছে। দুটো শৃঙ্খলের প্রোটিন অংশটিকে বলে  $\alpha$ -শৃঙ্খল যার মধ্যে 141টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ থাকে। অন্য দুটোকে বলে  $\beta$ -শৃঙ্খল। যার মধ্যে 146টি অ্যামিনো অ্যাসিড অণু অংশ থাকে। এখানে  $\alpha$ - ও  $\beta$ -র secondary structure এবং  $\alpha$ - ও  $\beta$ -র সঙ্গে কোন সম্পর্ক নেই।

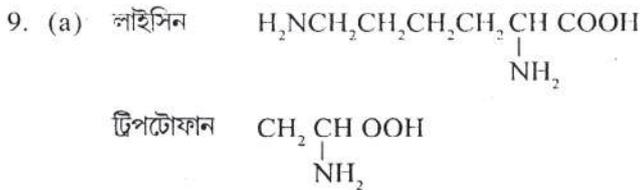
পরিশেষে সব ধরনের গঠনকে পরপর সাজালে সম্পূর্ণ চিত্রটা হবে 5 নং চিত্রের মত।



## 6.9 প্রশ্নাবলি

1. পেপটাইড বন্ধনী বলতে কী বোঝায়? একটি পেপটাইড অণুর জ্যামিতিক গঠন (বন্ধনী কোণ ও দৈর্ঘ্য সহ) কী প্রকার?
2. পেপটাইড সংশ্লেষে কী কী অসুবিধা তথা বাধা দেখা দেয়? সেগুলোকে কিভাবে সমাধান করা হয়েছে?
3. পেপটাইড সংশ্লেষে কী কী রাসায়নিক  $\text{NH}_2$  ও  $\text{COOH}$  গ্রুপ সংরক্ষণে বিকারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়?
4. কঠিন বিক্রিয়া মাধ্যম-পেপটাইড সংশ্লেষ (Solid phase peptide synthesis) কী? এতে কী কী সুবিধা?
5. একটি পলিপেপটাইড অণুর সম্পূর্ণ ত্রৈমাত্রিক গঠন কেমন? পুরো গঠনটিকে ক'টি পর্যায়ে ভাগ করা হয়েছে?
6. একটি পেপটাইড শৃঙ্খলে অ্যামিনো অ্যাসিড অনুক্রম (sequence) কীভাবে নির্ণয় করা হয়?
7. হিমোগ্লোবিন অণুর গঠন বৈশিষ্ট্য ও প্রাণীজগতে এর গুরুত্ব কী?
8. নিম্নলিখিত অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি কিভাবে সংশ্লেষ করা যায়?  
(a) ভ্যালিন, (b) সেরিন, (c) অ্যাসপারটিক অ্যাসিড, (d) অ্যালানিন
9. নিম্নলিখিত পর্যবেক্ষণগুলির ব্যাখ্যা কী?  
(a) লাইসিনের আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট 9.74 কিন্তু ট্রিপটোফানের 5.89  
(b) হিসটিডিনের আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট 7.5 কিন্তু লাইসিনের 9.74
10. নিম্নলিখিত তিনটি অ্যামিনো অ্যাসিডের সাহায্যে কয়টি পেপটাইড সম্ভব ও তারা কী কী?  
অ্যালানিন (Alanine), লয়সিন (Leucine), ভ্যালিন (Valine)

## 6.10 উত্তরমালা



লাইসিনের একটি অতিরিক্ত  $\text{NH}_2$  গ্রুপ আছে যার জন্য এটি একটি ক্ষারধর্মী (Basic) অ্যামিনো অ্যাসিড। ট্রিপটোফান এর দ্বিতীয় নাইট্রোজেন পরমাণুটি একটি পিরোলিং এ থাকায় এ N এর নিঃসঙ্গ (Lone) ইলেকট্রন দ্বয় ক্ষারধর্ম সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করতে পারে না। পলে ট্রিপটোফান একটি নিরপেক্ষ অ্যামিনো অ্যাসিড। তাই

লাইসিনের আইসোইলেকট্রিক পয়েন্ট (9.74) ট্রিপটোফানের আইসোইলেকট্রিক পয়েন্টে (5.89) এর চাইতে বেশি।

#### 9. (b) হিসিটিডিন

হিসিটিডিনে রিং এর মধ্যে দুটি নাইট্রোজেন একটির নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণ করায় ক্ষার ধর্ম সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে না। অপরটি  $sp^2$  হাইব্রিডাইজডর্মী বন্ধনীর অংশ হওয়ায় ক্ষার ধর্ম অনেকটা হ্রাস পাই। তাই হিসিটিডিনের ক্ষার ধর্ম লাইসিনের থেকে অল্প কম। তাই তাদের আইসোলেকট্রিক পয়েন্ট কাছাকাছি যেমনটি প্রশ্নে দেখানো হয়েছে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : বাকি প্রশ্নগুলোর উত্তর পাঠ্যাংশের সংশ্লিষ্ট অংশ থেকে সংগ্রহ করে নিন।

---

## 6.11 অতিরিক্ত সাহায্যকারী গ্রন্থসমূহ

---

1. Biochemistry by : Cohn and Stump
2. Biochemistry by : Leninger
3. Biochemistry by : Debajyoti Das

---

## একক 7 □ বর্ণালিবিদ্যা (Spectroscopy)

---

গঠন

- 7.1 প্রস্তাবনা
- উদ্দেশ্য
- 7.2 IR বর্ণালিবিদ্যা (IR Spectroscopy)
  - 7.2.1 অণুর স্পন্দনের প্রকারভেদ
  - 7.2.2 দ্বিপরিমাণিক অণুর স্পন্দন এবং কম্পাঙ্কের উৎপত্তি নির্ণয়
  - 7.2.3 IR শোষণের তড়িচ্চুম্বকীয় ব্যাখ্যা
  - 7.2.4 শোষণ কম্পাঙ্ক
- 7.3 IR বর্ণালিচিত্র
  - 7.3.1 IR বর্ণালিচিত্রের বিশ্লেষণ
- 7.4 UV-Vis বর্ণালিবিদ্যা (UV-Vis Spectroscopy)
- 7.5 বিয়ার-ল্যামবার্ট সূত্র এবং UV-Vis বর্ণালিচিত্র
  - 7.5.1 শোষিত আলোকরশ্মির দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_{max}$
  - 7.5.2 শোষণ মাত্রা,  $\epsilon$
- 7.6 যৌগের প্রকৃতি ও UV-Vis আলোক রশ্মির শোষণ
  - 7.6.1 অনুবন্ধ পলিইনের ক্ষেত্রে  $\lambda_{max}$  গণনার জন্য উডওয়ার্ড-ফাইজার নিয়ম
  - 7.6.2 অনুবন্ধ যৌগের UV রশ্মির শোষণ
  - 7.6.3 ইলোনের  $\lambda_{max}$  গণনার ক্ষেত্রে উডওয়ার্ডের নিয়ম
  - 7.6.4  $\beta$  – ডাইকিটোন ( $\beta$  – Diketones)
- 7.7 NMR বর্ণালিবিদ্যা (NMR Spectroscopy)
  - 7.7.1 রাসায়নিক সরণ (Chemical Shift)
  - 7.7.2 সমতুল্য এবং অসমতুল্য প্রোটন (Equivalent and non-equivalent proton)
  - 7.7.3 ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন (Spin-Spin Coupling)
- 7.8 পাস্কাল ত্রিভুজ (Pascal's triangle)
- 7.9  $I_{H}$  NMR বর্ণালিচিত্র বিশ্লেষণ
- 7.10 সারাংশ
- 7.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি
- 7.12 উত্তরমালা
- 7.13 অতিরিক্ত সাহায্যকারী গ্রন্থসমূহ

## 7.1 প্রস্তাবনা

যে প্রযুক্তির সাহায্যে বস্তু কর্তৃক বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরিত রশ্মির শোষণের পরিমাণ মাপা হয় তাকে বর্ণালিবিদ্যা বা স্পেকট্রোস্কোপি বলে। বর্ণালিবিদ্যা (Spectroscopy)-এর সাহায্যে অজ্ঞাত জৈব যৌগের গঠন সম্পর্কে অনেক তথ্য জানা যায়। জৈব অণুর গঠন শনাক্তকরণের ক্ষেত্রে বিভিন্ন ভৌতধর্ম যেমন—গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, প্রতিসরাঙ্ক প্রভৃতির দ্বারা প্রাথমিক শনাক্তকরণের কাজ সম্পন্ন করা হয়। কিন্তু প্রত্যক্ষভাবে অণুর গঠন শনাক্তকরণের কাজে যে বিশেষ উপযোগী ভৌতধর্মের সাহায্য নেওয়া হয় তা হল বর্ণালিবিদ্যা (Spectroscopy)। আজকের দিনে বর্ণালিবিদ্যা একটি বিশেষ উপযোগী প্রযুক্তি যার সাহায্যে অণুর গঠন সরাসরি করা যায়। এই উপযোগী প্রযুক্তির সাহায্যে আমরা অণু কর্তৃক শোষিত বিভিন্ন তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মির পরিমাণ মাপতে পারি এবং এর সাহায্যে বর্ণালিচিত্র গঠন করতে পারি। বর্ণালিচিত্র থেকে অণুর গঠন সম্পর্কে প্রয়োজনীয় তথ্য পাওয়া যায়। প্রাপ্তিসাধ্য বিভিন্ন প্রকার বর্ণালি প্রযুক্তিগুলি (Spectroscopic technique) হল—

অবলোহিত বর্ণালি (Infrared Spectroscopy), অতিবেগুনি বর্ণালি (uv spectroscopy), পরমাণুকেন্দ্রক চৌম্বকীয় রেজোন্যান্স (nuclear magnetic resonance) ইত্যাদি। যদিও বা uv এবং n.m.r অঞ্চলে বর্ণালিবিদ্যার শক্তি শোষণের কৌশল ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির হয় তবুও মূলগত পদ্ধতি হল যে প্রত্যেক ক্ষেত্রে কিছু পরিমাণ শক্তি শোষিত হয়। অণু কর্তৃক শোষিত শক্তি (E) ও আলোকতরঙ্গ জনিত কম্পাঙ্কের সম্পর্ক হল  $E = h \gamma$  যেমন  $h =$  প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক ( $h = 6.624 \times 10^{-27}$  আর্গ.সে)  $\gamma =$  আলোক তরঙ্গের কম্পাঙ্ক (সাইকল প্রতি সে.) বা  $E = h \frac{C}{\lambda}$ ; যেখানে  $C =$  আলোর গতিবেগ ( $C = 3 \times 10^{10}$  সেমি প্রতি সে.),  $\lambda =$  আলোকরশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (সেমি)

বিভিন্ন প্রকার আলোকরশ্মির (radiation) তরঙ্গদৈর্ঘ্যগুলি হল—

বর্ণালি অঞ্চল	far / uv	uv	Visible	IR
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য	150-200 nm	200-400 nm	400-800	2.5-15 $\mu$
$\lambda$				

অণুর গঠন শনাক্তকরণে রাসায়নিক পদ্ধতি অপেক্ষা বর্ণালিবিদ্যা পদ্ধতি অনেক বেশি সুবিধাজনক।

বর্ণালিবিদ্যা পদ্ধতিতে সময় কম লাগে। পরীক্ষাগারে যৌগের নমুনার পরিমাণ কম প্রয়োজন হয়। বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই মূল্যবান যৌগের নমুনা শনাক্তকরণ শেষে পুনরুদ্ধার করা হয়। সর্বোপরি পদ্ধতিটি খুবই বিশ্বাসযোগ্য।

## উদ্দেশ্য

এই এককটি পড়ে আপনি—

জৈব অণুর i.r.u.v এবং  $I_H$ NMR সম্পর্কে স্বচ্ছ ধারণা গড়ে তুলতে সক্ষম হবেন।

বিভিন্ন অণুর i.r.u.v এবং  $I_H$ NMR গণনা করতে পারেন।

i.r দ্বারা জৈব যৌগের কার্যকরী গ্রুপ, যেমন -OH, -CHO, ইত্যাদি, u.v দ্বারা  $\alpha \beta$  --- অসম্পৃক্ত কার্বোনিল যৌগ, হোমেনা বা হেটারো অ্যানুলার ডাইইন এবং  $I_{11}$ NMR দ্বারা অণু মধ্যে উপস্থিত বিভিন্ন পরিবেশে হাইড্রোজেনের পরমাণুর অস্তিত্ব জানতে পারবেন।

এই এককটির পাঠ দ্বারা অজ্ঞাত জৈব অণুর গঠন রচনা করতে সক্ষম হবেন।

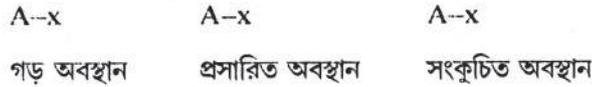
## 7.2 IR বর্ণালিবিদ্যা (IR Spectroscopy)

অণুর বন্ধনের স্পন্দন জনিত শক্তি হল স্পন্দনশক্তি (vibrational energy)। এই শক্তিস্তরগুলি নির্দিষ্ট শক্তির স্তর (quantised)। এক স্পন্দন শক্তিস্তর থেকে অপর স্পন্দন শক্তিস্তরে অণুর পরিবর্তি (transition) ঘটাতে 10 থেকে 40 কি. জু/মোল শক্তি প্রয়োজন। এই মান থেকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda$  গণনা করলে গলনাক্ষ মান প্রায়  $3\mu$  থেকে  $12\mu$  এর কাছাকাছি হয়। এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য IR তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অন্তর্ভুক্ত।

**7.2.1 অণুর স্পন্দনের প্রকারভেদ :** স্পন্দনের দিক অনুসারে স্পন্দনের প্রকৃতিকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়।

প্রসারণ স্পন্দন (Stretching vibration) :

এক বন্ধন দ্বারা যুক্ত দুটি পরমাণু কেবলমাত্র বন্ধন অক্ষ বরাবর প্রসারণ ও সংকোচন স্পন্দন প্রদর্শন করে। অর্থাৎ, এক্রপ স্পন্দনকালে বন্ধন দৈর্ঘ্যের পর্যায়বৃত্ত হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।



ত্রিপরমাণুক অণুর ( $AX_2$ ) ক্ষেত্রে,

একটি বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের সাপেক্ষে অপর একটি সমপ্রকৃতির বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের দিক অনুযায়ী প্রসারণ স্পন্দনকে দু'প্রকার প্রকাশ করা হয় :

প্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন (Symmetric stretching vibration) এবং অপ্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন (antisymmetric stretching vibration)। অণুর মধ্যে একাধিক বন্ধন যখন একই সময়ে এক সাথে প্রসারিত ও পরবর্তী সময়ে একসাথে সংকুচিত হয় তখন সেই স্পন্দনকে প্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন বলে। কিন্তু কোন একটি বন্ধনের প্রসারণের সময় যদি অন্য বন্ধনের সংকোচন ঘটে তবে এক্রপ স্পন্দনকে অপ্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন বলে।

প্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন (Symmetric stretching vibration) :



অপ্রতিসাম্য প্রসারণ স্পন্দন (antisymmetric stretching vibration) :



(2) নমন স্পন্দন (Bending vibration) :

বন্ধন অক্ষের লম্ব বরাবর স্পন্দনকে নমন স্পন্দন বলে। এরূপ স্পন্দনকালে পর্যায়ক্রমে বন্ধন কোণের হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে।

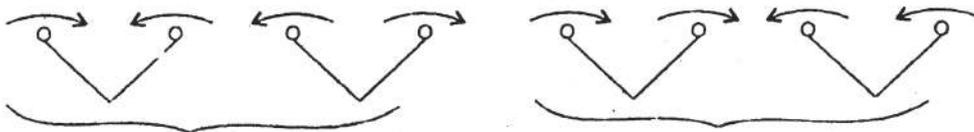


এখানে A হল কেন্দ্রীয় পরমাণু।

নমন স্পন্দনের সময় কেন্দ্রীয় পরমাণুর (A) সাথে দুটি সমপ্রকৃতির বন্ধনে যুক্ত একই মৌল X-এর দুটি পরমাণু যখন একই তলে অবস্থান করে তখন ঐরূপ স্পন্দনকে “একই তলে নমন স্পন্দন” (in-plane bending vibration) বলে।

কিন্তু নমন স্পন্দনের সময় পরমাণু দুটি যদি সাধারণ তলের লম্ব বরাবর স্পন্দিত হয় তবে ঐরূপ স্পন্দনকে “তলের বাইরে নমন স্পন্দন” (out-of-plane bending vibration) বলে।

একই তলে নমন স্পন্দন এবং তলের-বাইরে নমন স্পন্দন-দু’ধরনের হাতে পারে : (১) প্রতিসাম্য এবং (২) অপ্রতিসাম্য



একই-তলে নমন স্পন্দনের প্রতিসাম্য রূপ (Scissoring)

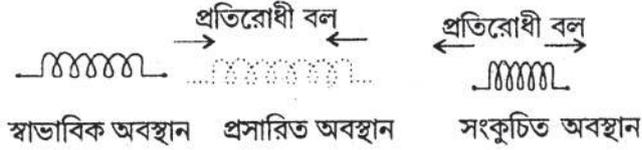
একই-তলে নমন স্পন্দনের অপ্রতিসাম্য রূপ (Rocking)

এরূপ স্পন্দনে বন্ধন কোণের পরিবর্তন হয় কিন্তু বন্ধন দৈর্ঘ্য একই থাকে।

### 7.2.2 অণুর স্পন্দন (Vibration of Molecules) :

দ্বিপারমাণবিক অণুর ক্ষেত্রে বন্ধনে যুক্ত পরমাণু দুটিকে পূর্ণস্থিতিস্থাপক স্প্রিং (elastic spring) দ্বারা যুক্ত  $m_1$  ও  $m_2$  ভরবিশিষ্ট দুটি কণা হিসাবে কল্পনা করা যেতে পারে। কণা দুটি হল পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের এবং স্প্রিং হল বন্ধনের প্রতিকরূপ।

স্বাভাবিক অবস্থানে কণা দুটির স্বাভাবিক দূরত্ব থেকে প্রসারিত বা সংকুচিত করলে স্থিতিস্থাপকতার কারণে প্রসারণ বা সংকোচনের বিপরীতমুখী প্রতিরোধী বলের উদ্ভব হয়।



স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে এই প্রতিরোধী বলের মান দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচনের সাথে সমানুপাতিক।

অর্থাৎ কণা দুটির স্পন্দন হল একটি সরল দোলগতি (simple harmonic motion) প্রকৃতির।

এখন, স্বাভাবিক অবস্থানে কণা দুটির দূরত্ব  $r_0$  এবং যে কোন অবস্থানে দূরত্ব পরিবর্তিত হয়ে  $r$  হলে, সরণ,

$$\Delta r = (r_0 - r) \text{ এবং প্রতিরোধী হল, } -f \propto \Delta r$$

$$\text{বা, } -f = k \cdot \Delta r, \text{ বা, } f = -k \cdot \Delta r$$

যেখানে  $k$  = গ্রুবক। ইহা বন্ধনের স্থিতিস্থাপকতা বর্ণনা করে।

আবার এই প্রতিরোধী বলের বিরুদ্ধে দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচন জন্য কৃতকার্য

$$= \text{বল} \times \text{সরণ}$$

$$= f \times \Delta r$$

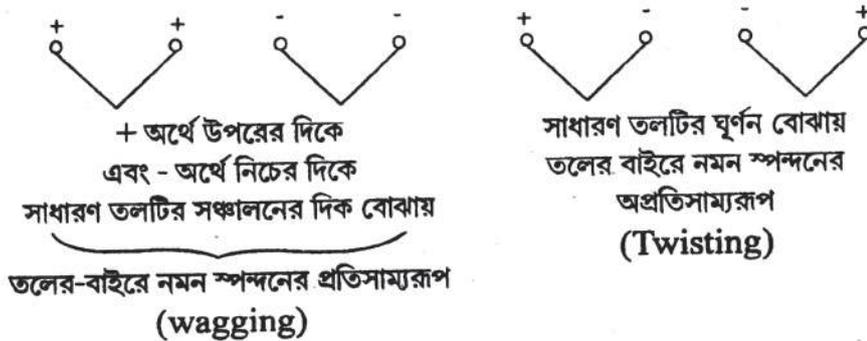
$$= -k \cdot \Delta r \cdot \Delta r$$

$$= -k (\Delta r)^2$$

$$= -k (r_0 - r)^2$$

অর্থাৎ স্পন্দনজনিত শক্তি,

$$E_v = -k (r_0 - r)^2$$



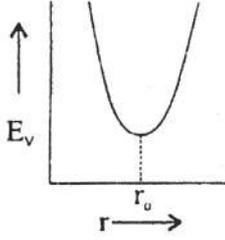
এরূপ স্পন্দনের উভয় ক্ষেত্রে বন্ধন কোণ ও বন্ধন দৈর্ঘ্য একই থাকে।

$$\text{স্পন্দনজনিত শক্তি, } E_v = K (r_0 - r)^2$$

এখানে,  $K$  এবং  $r_0$  ধ্রুবক বলে এই সমীকরণটি হল একটি অধিবৃত্তের (parabola) সমীকরণ।

প্রতিটি  $E_v$  মানের জন্য  $r$  এর দুটি মান সম্ভব—একটি প্রসারিত অবস্থায় এবং অপরটি সংকুচিত অবস্থায়।

$E_v$  বনাম  $r$  এর লেখচিত্রটি নিম্নরূপ—



স্প্রিং স্পন্দনের ক্ষেত্রে  $r$  এর পরিবর্তনের সাথে  $E_v$  এর পরিবর্তন নিরবিচ্ছিন্ন (continuous)। তাই, আন্তঃপারমাণবিক স্পন্দনের ক্ষেত্রে কোয়ান্টাম তত্ত্বের (Quantum theory) প্রয়োগ জরুরি।

অর্থাৎ, শ্রোডিঙ্গারের সমীকরণ (Schrodinger equation) থেকে স্পন্দনজনিত শক্তি,  $E_v$  বের করা হয়।

যেখানে  $E_v = (v + \frac{1}{2})h\nu$  স্পন্দনজনিত কোয়ান্টাম সংখ্যা (Vibrational quantum number) এবং  $v = 0, 1, 2, 3, \dots$

$\omega$  = স্পন্দনজনিত প্রাচীন কম্পাঙ্ক (Classical frequency)

এখানে প্রতিটি স্পন্দনজনিত শক্তিস্তর,  $E_v$  এক একটি কোয়ান্টাম সংখ্যা দ্বারা প্রকাশিত। অর্থাৎ  $E_v$  এর মান সম্পন্ন শক্তিস্তরগুলির হল এক একটি নির্দিষ্ট (quantised) স্পন্দনজনিত শক্তিস্তর (Vibrational energy state)।

$$\text{যখন } v = 0 \text{ (শূন্য) তখন } E_0 = \left(0 + \frac{1}{2}\right) h\nu$$

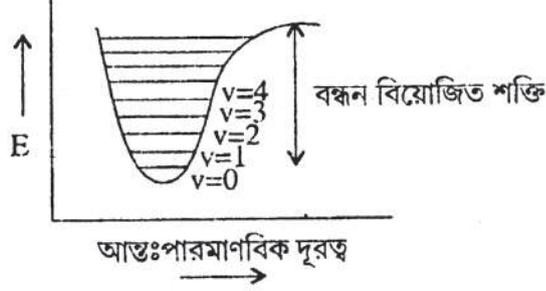
$$E_0 = \frac{1}{2} h\nu$$

এই শক্তিস্তরকে শূন্যসূচক শক্তিস্তর (Zero point energy level) বলে।

স্প্রিং এর স্পন্দনজনিত শক্তির,  $E_v = (r_0 - r)^2$  ক্ষেত্রে যখন  $r = r_0$  তখন  $E_v = 0$  (শূন্য)। অর্থাৎ স্প্রিং-এর ক্ষেত্রে শূন্য শক্তিবিশিষ্ট একটি স্থিতিশীল স্থির অবস্থান সম্ভব কিন্তু আন্তঃপারমাণবিক স্পন্দনের ক্ষেত্রে এই স্থির অবস্থান কখনই সম্ভব নয়।

অর্থাৎ, বন্ধনে যুক্ত পরমাণুগুলি সর্বদাই আন্দোলিত অবস্থায় থাকে যার স্পন্দন কম্পাঙ্ক =  $\omega$  এবং ন্যূনতম

শক্তির মান  $= \frac{1}{2} h\omega$  ।  $E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) h\omega$  সমীকরণ ব্যবহার করলে  $E_v$  বনাম আন্তঃপারমাণবিক দূরত্বের লেখাচিত্র হয় নিম্নরূপ :



শূন্য সূচক শক্তিস্তর ( $E_0$ ) থেকে সর্বোচ্চ স্পন্দন শক্তিস্তর পর্যন্ত শক্তি মানের তফাত হল প্রতিটি বন্ধনের বন্ধন বিয়োজন শক্তি (bond dissociation energy)। আন্তঃপারমাণবিক স্পন্দনের ক্ষেত্রে বন্ধন সঙ্কোচনের সময় একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াস ও অণুঃস্থ ইলেকট্রন কক্ষক অপর পরমাণুর নিউক্লিয়াস ও অণুঃস্থ ইলেকট্রন দ্বারা বিকর্ষিত হয়। আবার বন্ধন প্রসারণের সময় নিউক্লিয়াস দ্বারা বন্ধন ইলেকট্রন জোড়ের প্রতি পরস্পরের আকর্ষণের ফলে পরস্পর আকর্ষিত হয়। অর্থাৎ বন্ধনের স্পন্দন স্প্রিং এর স্পন্দনের মতই সরল দোলগতি (Simple harmonic motion) প্রকৃতির। অবশ্য বন্ধন বিয়োজনের কাছাকাছি উচ্চতর শক্তিস্তর বন্ধনের এই স্পন্দন সরল দোলগতি হয় না, কিন্তু নিম্নতর শক্তিস্তরে একে সম্পূর্ণ রূপে সরল দোলগতি ধরা হয়।

প্রাচীন যান্ত্রিক সূত্র (Classical mechanical law) প্রয়োগ করেও আন্তঃপারমাণবিক স্পন্দনের স্পন্দন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।  $m_1$  এবং  $m_2$  ভরবিশিষ্ট দুটি কণা একটি পূর্ণস্থিতিস্থাপক স্প্রিং দ্বারা যুক্ত অবস্থায় সংযোগ অক্ষ বরাবর স্পন্দিত হলে হুকের সূত্র (Hooke's law) অনুযায়ী,

$$\text{স্পন্দন কম্পাঙ্ক (Classical frequency), } \omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$k$  = স্প্রিং এর স্থিতিস্থাপক ধর্মের উপর নির্ভরশীল একটি ধ্রুবক অর্থাৎ এক একক দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও সংকোচনের সময় স্থিতিস্থাপকতা ধর্মের প্রভাবে উদ্ভূত বিরোধী বলকে বোঝায়।

$$\mu = \text{হ্রস্বীকৃত ভর (reduced mass)} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

হুকের সূত্রটি আন্তঃপারমাণবিক স্পন্দনের ক্ষেত্রেও প্রয়োগ করা যায়। ধরুন, একটি দ্বিপারমাণবিক অণুর বিকিরিত রশ্মি শোষণের ফলে শূন্য সূচক শক্তিস্তর ( $E_0$ ) থেকে ঠিক তার উপরের শক্তিস্তরে ( $v_1$ ) পরিবর্তিত (transition) ঘটেছে।

$$\begin{aligned} \text{এর ফলে স্পন্দন শক্তির পরিবর্তন, } \Delta E_v &= \left(1 + \frac{1}{2}\right) h\omega - \frac{1}{2} h\omega \\ &= h\omega \end{aligned}$$

$$\omega \text{ এর মান বসিয়ে আমরা পাই, } \Delta E_v = h \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\text{আবার, } \Delta E_v = h\nu$$

$$\therefore h\nu = h \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\text{অথবা, দ্বিপারমাণবিক অণুর কম্পাঙ্ক, } \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

$$\text{কম্পাঙ্ক সংখ্যা, } \bar{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{K}{\mu}} \text{ Cm}^{-1} \quad \left[ \because \bar{\nu} = \frac{\nu}{c} \right]$$

### 7.2.3 IR শোষণের তড়িচ্চুম্বকীয় ব্যাখ্যা :

তড়িচ্চুম্বকীয় তত্ত্ব অনুসারে একবর্ণী বিকিরিত রশ্মির (monochromatic radiation) গমন পথে তরঙ্গ আকারে একটি তড়িৎ ক্ষেত্র এবং এর লম্বতলে অনুযঙ্গী একটি চৌম্বক ক্ষেত্র আন্দোলিত হতে হতে অগ্রসর হয়।

অণুর কোন বন্ধনের স্পন্দনের সময় অণুর দ্বিমেরু ভ্রামকের (dipole moment) অবস্থান ক্রমাগত পরিবর্তন হওয়ার জন্য অণুর মধ্যে একটি পরিবর্তনশীল তড়িৎক্ষেত্র (fluctuating electric field) সৃষ্টি হয়।

তড়িচ্চুম্বকীয় রশ্মি তরঙ্গের আন্দোলিত তড়িৎক্ষেত্রের দশা (phase) ও অণুর স্পন্দনজনিত পরিবর্তনশীল তড়িৎক্ষেত্রের দশা যদি সমন্বিত হয় তাহলে পরবশ কম্পনের ((resonance vibration) উদ্ভব ঘটে এবং তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের শক্তি অণুর স্পন্দনশক্তিতে স্থানান্তরিত হয় অর্থাৎ অণুর স্পন্দন শক্তিস্তরে বিকিরিত রশ্মি (radiation) শোষিত হয়।

উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে যে, ধরণ 75, 100 এবং 150 ট্রিলিয়ন সাইকেল প্রতি সেকেন্ড (TCPS) কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট ইনফ্রারেড ফোটোন (Photon) 100 TCPS কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট HCl অণুর মধ্য দিয়ে পাঠালে পরবশ/কম্পানের মাধ্যমে 100 TCPS ফোটোনটি HCl দ্বারা শোষিত হয়ে এর স্পন্দন শক্তির বৃদ্ধি ঘটে। স্পেকট্রোমিটারের সাহায্যে যে কম্পাঙ্কটি শোষিতক হচ্ছে সেটা জেনে নিয়ে অণুর স্পন্দন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

### 7.2.4 শোষণ কম্পাঙ্ক (Absorption frequency)

$$\text{আমরা দেখেছি, কম্পাঙ্ক সংখ্যা, } \bar{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \cdot \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

একেবারে সঠিক না হলেও কম্পাঙ্ক সংখ্যা,  $\bar{\nu}$  কে প্রায়ই কম্পাঙ্ক,  $\nu$  হিসেবে ধরা হয়।

$$\text{অর্থাৎ কম্পাঙ্ক, } \nu = \frac{1}{2\pi c} \cdot \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

এই সমীকরণ প্রয়োগ করে গণনা করলে  $\nu$  এর মানের সাথে পরীক্ষালব্ধ মান মিলিয়ে নেওয়া যায়।

C-H বন্ধনের প্রসারণ (stretching) কম্পাঙ্ক 2800–3000 সেমি<sup>-1</sup> এ IR বর্ণালি চিত্রে দেখা যায়।

গণনালব্ধ মান,  $\gamma = \frac{1}{2 \times 3.142 \times 3 \times 10^{10}} \sqrt{\frac{5 \times 10^6}{13N}} \text{ ডাইন সেমি}^{-1}$

$\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$  যেখানে  $m_1 =$  একটি কার্বন পরমাণুর ওজন  $= \frac{12}{N}$  গ্রাম

এবং  $m_2 =$  একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন  $= \frac{1}{N}$  গ্রাম

$$\therefore \mu = \frac{\frac{12}{N} \cdot \frac{1}{N}}{\frac{12}{N} + \frac{1}{N}} = \frac{\frac{12}{N \times N}}{\frac{13}{N}} = \frac{12}{13N} = \frac{12}{13 \times 6.023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

$$\therefore \gamma = \frac{1}{2 \times 3.142 \times 3 \times 10^{10} \text{ সেমি. সে}^{-1}} \sqrt{\frac{5 \times 10^5 \times 13 \times 6.023 \times 10^{23}}{12} \text{ ডাইন সেমি}^{-1} \text{ গ্রাম}}$$

$$= \frac{1 \times 10^{14}}{18.852 \times 10^{10} \text{ সেমি. সে}^{-1}} \sqrt{\frac{5 \times 13 \times 6.023}{12} \frac{\text{গ্রাম. সেমি. সেমি}^{-1}}{\text{সে}^2 \cdot \text{গ্রাম}}}$$

$$= \frac{10^4}{18.852 \text{ সেমি. সে}^{-1}} \times \frac{5.71}{\text{সে}}$$

$$= \frac{57100}{18.852} \text{ সেমি}^{-1}$$

$$= 3028 \text{ সেমি}^{-1}$$

C = O গ্রুপের প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের গণনা :

সমীকরণ,  $\gamma = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}}$

এখানো  $\mu = \frac{\frac{12}{N} \cdot \frac{16}{N}}{\frac{12}{N} + \frac{16}{N}} = \frac{192}{N^2} \times \frac{N}{28} \text{ গ্রাম}$

$K = 2 \times 5 \times 10^5 \text{ ডাইন/সেমি}$

$$\therefore \gamma = \frac{1}{2 \times 3.142 \times 3 \times 10^{10}} \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 10^5}{28N}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2 \times 3.142 \times 3 \times 10^{10} \text{ সেমি/সে}} \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 10^5 \times 6.023 \times 10^{23} \times 28}{192} \text{ ডাইন}} \\
&= \frac{10^{14}}{18.852 \times 10^{10} \text{ সেমি/সে}} \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 6.023 \times 28}{192} \text{ গ্রাম} \times \frac{\text{সেমি}}{\text{সে}^2}} \\
&= \frac{10^4 \times 2.96 \text{ সে}}{18.852 \text{ সেমি/সে}} \\
&= 1570 \text{ সেমি}^{-1} \\
&\text{পরীক্ষালব্ধ মান 1800-1650 সেমি}^{-1}
\end{aligned}$$

## অনুশীলনী 1

IR বর্ণালি বিশ্লেষণ করে টলুইন এবং ট্রাইডয়টেরিওমিথাইল বেঞ্জিনকে কীভাবে শনাক্ত করবেন—ব্যাখ্যা করুন।

যৌগের শোষণ কম্পাঙ্ক (absorption frequency) যে সকল বিষয়ের উপর নির্ভর করে সেগুলি হল :

(i) বন্ধনে যুক্ত পরমাণু দুটির ভর :

পরমাণু দুটির ভর বৃদ্ধি পেলে  $\mu$  এর মান বৃদ্ধি পায়। ফলে শোষণ কম্পাঙ্কের মান কমে যায়।

(ii) স্পন্দনের প্রকৃতি :

কোন বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের তুলনায় নমন স্পন্দনের ক্ষেত্রে K এর মান কম বলে  $\gamma$  প্রসারণ  $>$   $\gamma$  নমন (অর্থাৎ  $\gamma_{\text{str}} > \gamma_{\text{def}}$  ; def = deformation, নমন)।

(iii) বন্ধনের প্রকৃতি :

বন্ধনের দৃঢ়তা যত বাড়ে K এর মানও তত বাড়ে। ফলে স্পন্দন কম্পাঙ্কের  $\gamma$  মানও বাড়ে।

বন্ধনের দৃঢ়তা যার উপর নির্ভর করে সেগুলি হল :

(a) বন্ধন দৈর্ঘ্য : বন্ধন দৈর্ঘ্য যত ছোট হয় বন্ধন ততই দৃঢ় হয়। ফলে  $\gamma$  এর মান বাড়ে।

(b) বন্ধনের যোজন চরিত্র : এক বন্ধন অপেক্ষা দ্বিবন্ধন দৈর্ঘ্যে ছোট। আবার ত্রিবন্ধন দ্বিবন্ধন অপেক্ষা দৈর্ঘ্যে ছোট। অর্থাৎ একবন্ধন অপেক্ষা দ্বিবন্ধন দৃঢ়তর। অনুরূপভাবে, ত্রিবন্ধন দ্বিবন্ধন অপেক্ষা দৃঢ়।

অর্থাৎ  $\gamma_{\text{ত্রিবন্ধন}} > \gamma_{\text{দ্বিবন্ধন}} > \gamma_{\text{একবন্ধন}}$

(c) বন্ধনের দ্বিমেরুকতা :

বন্ধনে যুক্ত পরমাণুর দুটি বিপরীত আধানযুক্ত হলে পরস্পর স্থির তড়িতাকর্ষণ বল দ্বারা সংবদ্ধ থাকে। এর ফলে বন্ধনের দৃঢ়তা বেড়ে যায় এবং  $\gamma$  এর মানও বাড়ে।

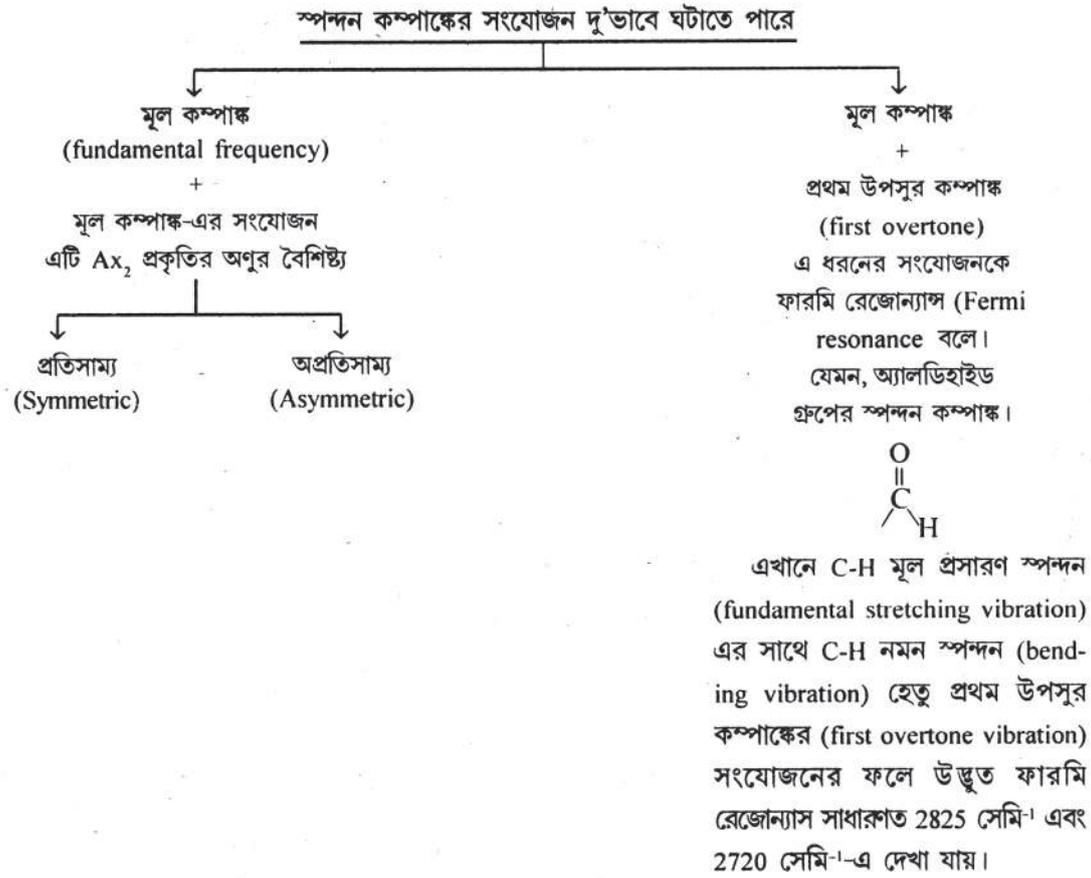
আধান বৈষম্যের প্রভাব অধিকতর গুরুত্বপূর্ণ।

(d) S-অরবিটালের বৈশিষ্ট্যের শতকরা মাত্রা :

বন্ধনে S-অরবিটালের শতকরা মাত্রা বৈশি হয় বন্ধন দৈর্ঘ্য তত ছোট হয় এবং কম্পাঙ্ক  $\gamma$  এর মান তত বাড়ে।

(iv) স্পন্দন কম্পাঙ্কের সংযোজন (Vibrational coupling) :

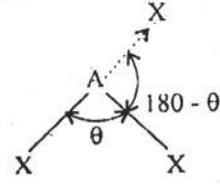
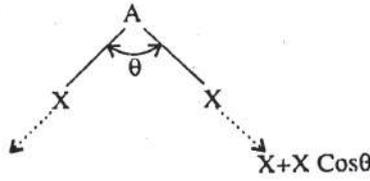
প্রায় সম মানের দুটি স্পন্দন কম্পাঙ্ক সংযোজিত হয়ে স্পন্দিত সংযোজন সংঘটিত হয়।



(a) প্রতিসাম্য ও অপ্রতিসাম্য প্রসারণ কম্পাঙ্কের সংযোজন (coupling of symmetric and asymmetric vibration) :

এটি  $Ax_2$  ধরনের অণুর মধ্যে দেখা দেয়।

এক্ষেত্রে A-X সমপ্রকৃতির দুটি বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের কম্পাঙ্কের সংযোজন বন্ধনের প্রকৃতি এবং বন্ধন কোণের উপর নির্ভর করে।



বন্ধন কোণের মান  $\theta$  হলে প্রসারণ স্পন্দনের সময় স্পন্দনের অভিমুখের অন্তর্বর্তী কোণের মানও  $\theta$  হবে। এক্ষেত্রে এক স্পন্দনের প্রতি অপর স্পন্দনের অবদানের মাত্রা  $\text{Cos } \theta$ ।

কিন্তু অপ্রতিসাম্য স্পন্দনের ক্ষেত্রে স্পন্দনের অভিমুখের কোণের মান  $(180^\circ - \theta)$ । এক্ষেত্রে, এক স্পন্দনের প্রতি অপর স্পন্দন কম্পাঙ্কের অবদানের মাত্রা  $\text{Cos}(180^\circ - \theta)$ । যেহেতু জৈব যৌগের ক্ষেত্রে সাধারণ বন্ধন কোণের মান,  $\theta > 90^\circ$  এজন্য  $\text{Cos}(180^\circ - \theta) > \text{Cos } \theta$

তাই,  $\gamma_{\text{অপ্রতিসাম্য}} > \gamma_{\text{প্রতিসাম্য}}$

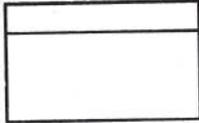
$\gamma_{\text{asym}} > \gamma_{\text{sym}}$

(b) K এর উপর পার্শ্ববর্তী স্পন্দনের প্রভাব :

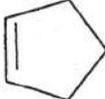
দুটি একবন্ধন পরস্পর উল্লম্বভাবে অবস্থান করলে প্রথম বন্ধনের প্রসারণের প্রভাব দ্বিতীয় এক-বন্ধনটির কেবলমাত্র নমন স্পন্দনের উপর পরিলক্ষিত হয়। আবার, অবস্থান যদি সরলরৈখিক হয় তবে শুধুমাত্র প্রসারণ স্পন্দনের উপর প্রভাব জন্মায়। বন্ধন দুটির অন্তর্বর্তী কোণ যতই উল্লম্ব অবস্থান থেকে সরলরৈখিক অবস্থানের দিকে পরিবর্তিত হয় নমন স্পন্দনের পরিবর্তে প্রসারণ স্পন্দনের প্রতি প্রভাব ততই বাড়তে থাকে। যেহেতু প্রসারণ স্পন্দনের ক্ষেত্রে K এর মান নমন স্পন্দন অপেক্ষা বেশি, তাই কোন প্রসারণ স্পন্দন পার্শ্ববর্তী বন্ধনের নমন স্পন্দনের পরিবর্তন ঘটাতে চেষ্টা করলে K এর বৃদ্ধি অপেক্ষাকৃত কম হয়।

আবার, কোনও বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দন অপর কোন বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দন এর পরিবর্তন ঘটাতে সচেষ্ট হলে, প্রথম বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের K বেড়ে যায়। ফলে,  $\gamma_{\text{str}}$  বৃদ্ধি পায়।

উদাহরণ : উল্লম্ব অবস্থানে অবস্থিত দুটি বন্ধন :

সাইক্লোবিউটিন  এক্ষেত্রে, C = C বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের সময় উল্লম্ব অবস্থানে

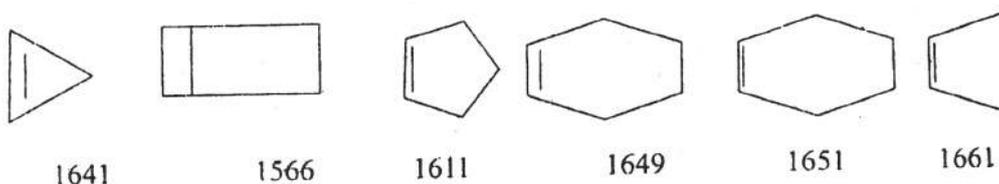
C - C বন্ধনের কেবলমাত্র নমন স্পন্দন ঘটে। তাই  $\gamma_{\text{C=C}}^{\text{str}}$  এর মান কম হয়।

কিন্তু সাইক্লোপেন্টিন, 

এখানে, C = C বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের সময় C - C বন্ধনের প্রসারণ ও নমন উভয় প্রকার স্পন্দনেরই পরিবর্তন ঘটে। ফলে  $\gamma_{\text{C=C}}^{\text{str}}$  এর মান বেশি হয়।

## অনুশীলনী ২

নিচে বিভিন্ন যৌগের সংশ্লিষ্ট  $\gamma_{C=C}$  এর মানগুলি দেওয়া হল—যথাযথ ব্যাখ্যা করুন।



$$\gamma_c = c^{str} (\text{Cm}^{-1})$$

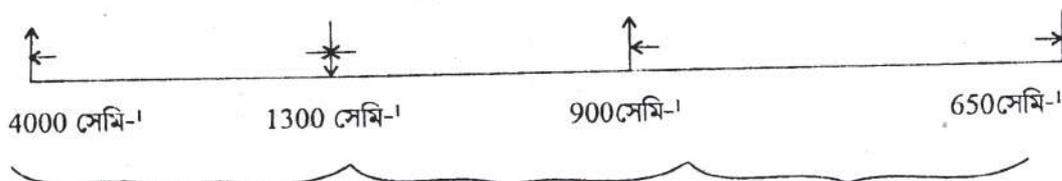
## 7.3 IR বর্ণালি চিত্র

IR বর্ণালি চিত্রকে তিনটি অংশে ভাগ করা হয়।

উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট অঞ্চল

মধ্যবর্তী অঞ্চল

নিম্ন কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট অঞ্চল



কার্যকরী গ্রুপ অঞ্চল

ফিঙ্গার প্রিন্ট অঞ্চল

(functional group region)

(finger print region)

অ্যারোমেটিক এবং হেটারোঅ্যারোমেটিক

যৌগের অসামতলিত C-H বন্ধনের নমন এবং

বলয়-নমন জনিত শোষণ ব্যান্ড এই অঞ্চলে দেখা যায়।

কার্যকরী গ্রুপ অঞ্চল :

উল্লেখযোগ্য কার্যকরী গ্রুপ যেমন C = O, O - H, C - H প্রভৃতির প্রসারণজনিত কম্পাঙ্কের ব্যান্ড (band) এই অঞ্চলে দেখা যায়।

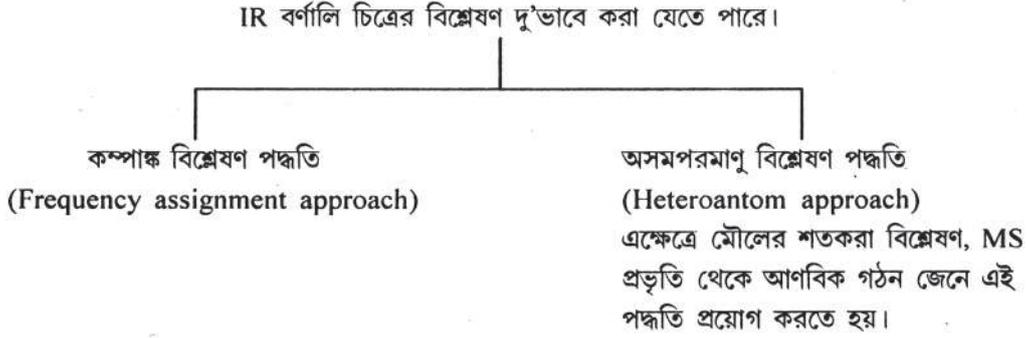
মধ্যবর্তী অঞ্চল (ফিঙ্গার প্রিন্ট অঞ্চল) :

অজ্ঞাত যৌগের IR বর্ণালি চিত্র জ্ঞাত যৌগের IR বর্ণালি চিত্রের সাথে ছবছ মিলে গেলে যৌগ দুটি যে একই তা এই অঞ্চলেই দেখা যায়। তাই, এই ফিঙ্গার প্রিন্ট অংশটি খুবই উপযোগী।

ফিঙ্গার প্রিন্ট অঞ্চলে ব্যান্ড-এর ব্যাখ্যা খুবই জটিল কারণ, অণুর কার্বন গঠন কাঠামো হেতু বিভিন্ন প্রকার শোষণ এই অঞ্চলে দেখা যায়। তবুও কতিপয় তীব্র পিক (peaks) এই অঞ্চলে শনাক্ত করা যেতে পারে। যেমন, ইথারে উপস্থিত C - O প্রসারণ জনিত শোষণ 1300 - 1000 সেমি<sup>-1</sup> মধ্যে ঘটে থাকে। আপনারা নিশ্চিতরূপে

জানেন যে C - O প্রসারণ জনিত শোষণ কেবলমাত্র ইথারেই সীমাবদ্ধ নয়, ইহা অ্যালকোহল (-C-O-H) এবং এস্টারের  $\left( \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-O-R} \end{array} \right)$  মধ্যেও বর্তমান। কিন্তু অ্যালকোহল হলে - O - H প্রসারণ জনিত শোষণ এবং এস্টার হলে C = O প্রসারণ জনিত শোষণ উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট অঞ্চলে দেখা যাবে।

IR বর্ণালি চিত্রের বিশ্লেষণ (Interpretation of IR spectrum) :



এক্ষেত্রে মৌলের শতকরা বিশ্লেষণ, MS প্রভৃতি থেকে আণবিক গঠন জেনে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করতে হয়। আণবিক গঠন ইত্যাদি সম্বন্ধে আর কোনওরূপ তথ্যের প্রয়োজন হয় না বলে এটি সবচেয়ে সহজ পদ্ধতি। অর্থাৎ চিত্রে ব্যান্ড (band) এর অবস্থান থেকে অণুর মধ্যে সম্ভাব্য গ্রুপের উপস্থিতি নির্ণয় করা হয়। কম্পাঙ্কের মান অনুযায়ী IR বর্ণালি চিত্রটিকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হল।

IR বর্ণালি					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
কার্বোনিল প্রসারণ অঞ্চল	দ্বিবন্ধন প্রসারণ অঞ্চল	O-H N-H প্রসারণ অঞ্চল	দ্বিবন্ধন প্রসারণ অঞ্চল	C-H প্রসারণ অঞ্চল	ফিংগার প্রিন্ট অঞ্চল
(1800-1650)	(2600 - 2100)	(3600 - 3200)	(1650 - 1500)	(3300 - 2700)	(1300 - 900)
সেমি <sup>-1</sup>	সেমি <sup>-1</sup>	সেমি <sup>-1</sup>	সেমি <sup>-1</sup>	সেমি <sup>-1</sup>	সেমি <sup>-1</sup>

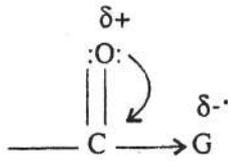
(1) কার্বোনিল প্রসারণ অঞ্চল 1800 - 1650 সেমি<sup>-1</sup>) :

IR বর্ণালিচিত্রে প্রথমেই আপনাদের 1700 সেমি<sup>-1</sup> এর কাছাকাছি অঞ্চলে চোখ রাখতে হবে যেখানে কার্বোনিল C = O প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্ক দেখা যায়।

কার্বন-অক্সিজেন দ্বিবন্ধনের দ্বিমেরু ভ্রামক অনেক বেশি হওয়ার ফলে C = O এর তীব্র পিকটি (peak) শনাক্ত করতে আপনাদের ভুল হওয়ার কথা নয়। উপরন্তু, 1700 সেমি<sup>-1</sup> এর কাছাকাছি কোন পিক না দেখলে কার্বোনিল গ্রুপযুক্ত যৌগগুলি যেমন অ্যালডিহাইড, অ্যাসিড, অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড, এস্টার, অ্যামাইড ইত্যাদি সরাসরি বাদ দিতে হবে।

বিভিন্ন কার্বোনিল গ্রুপযুক্ত যৌগের কম্পাঙ্ক আবেশ এবং পরবেশ প্রভাবের মিলিত ফলাফলের উপর নির্ভর করে।

যেমন, যখন একটি শক্তিশালী তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু, G (G = হ্যালোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি) কার্বোনিল কার্বনে যুক্ত থাকে  $\left( \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{G} \end{array} \right)$  তখন তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর ইলেকট্রন আকর্ষণী প্রভাবের জন্য কার্বোনিল অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সম্পন্ন অরবিটালের সাথে  $\sigma^* \text{C}-\text{H}$  অরবিটালের অভিলেপনের মাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং কার্বন-অক্সিজেন দ্বিবন্ধনের বন্ধন ক্রম (band order) বেড়ে যায়। ফলে C = O বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দন (stretching vibration) উচ্চতর কম্পাঙ্ক সম্পন্ন হয়।

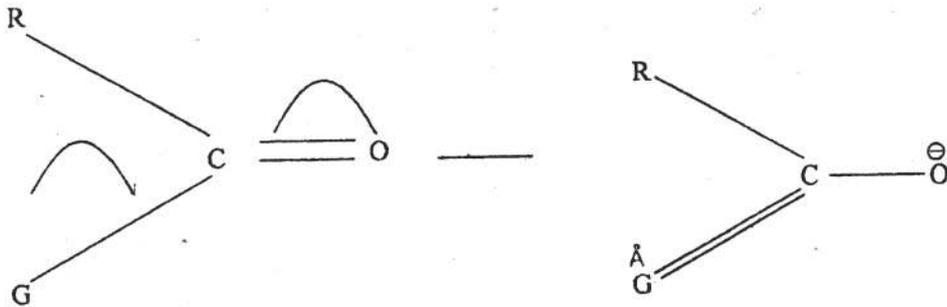


G =	
হ্যালোজেন	অক্সিজেন
F	OH
Cl	OR
Br	OCOR

এরূপে অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যানহাইড্রাইড, ইস্টার প্রভৃতি যৌগে কার্বোনিল গ্রুপ কিটোনের কার্বোনিল গ্রুপের চেয়ে উচ্চতর কম্পাঙ্কে শোষণ প্রদর্শন করে।

অপরপক্ষে, অ্যামাইডে যদিও তড়িৎ ধনাত্মক পরমাণু কার্বোনিল গ্রুপে যুক্ত থাকে তথাপি অ্যামাইড কার্বোনিলে কার্বোনিল গ্রুপের প্রসারণ কম্পাঙ্কের মান কিটোনের কার্বোনিল চেয়ে কম হয়। কারণ, এক্ষেত্রে নাইট্রোজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় পরবেশ স্থায়িত্বের (resonance stabilisation) জন্য কার্বোনিল গ্রুপের দ্বিবন্ধনের বন্ধন ক্রম (band order) বা দৃঢ়তা (stiffness) কমে যায়।

অন্যভাবে, কম তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু কার্বোনিল কার্বনে যুক্ত থাকলে তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সম্পন্ন অরবিটালের মেরুকরণের (polarisation) মাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে কার্বোনিল কার্বন পরমাণুর p অরবিটালের সাথে অভিলেপনের মাত্রা বেড়ে যায় এবং কার্বন-অক্সিজেন একবন্ধন বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পায়। ফলে C = O বন্ধনের দৃঢ়তা (stiffness) হ্রাস পায় এবং C = O প্রসারণ স্পন্দন (stretching vibration) কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।



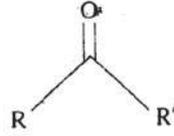
বিভিন্ন প্রকার কার্বোনিল যৌগের C = O গ্রুপের প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের মান नीচে দেওয়া হল।

যৌগ

গঠন সংকেত

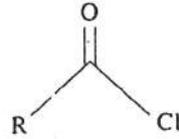
$\nu_c = \text{O}^{\text{str}}$  (সেমি<sup>-1</sup>)

কিটোন



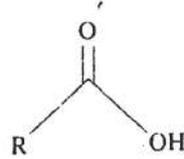
~ 1715

অ্যাসিড ক্লোরাইড



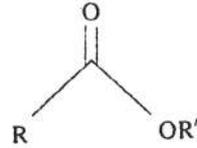
~ 1800

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড



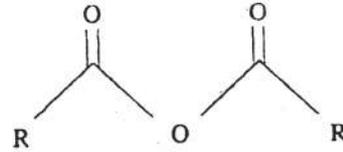
~ 1720

এস্টার



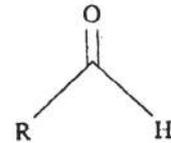
~ 1760

অ্যানহাইড্রাইড



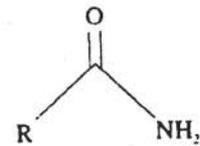
$\nu_{\text{sym}}$  1750 এবং  $\nu_{\text{asym}}$  1818

অ্যালডিহাইড



1730

অ্যামাইড



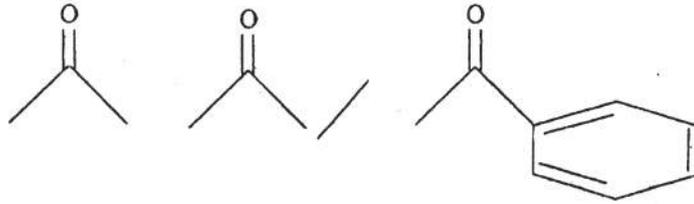
1680

যুগ্মতা (conjugation) C = O এবং C = C প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের মান কমিয়ে দেয়।  $\alpha$ ,  $\beta$ -অসংপৃক্ত কার্বোনিল যৌগে ইথিলিনীয়  $\pi$  বন্ধনের সাথে কার্বোনিল  $\pi$  বন্ধনের রেজোন্যান্স ক্রিয়ার ফলে কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের বন্ধন ক্রম (band order) হ্রাস পায় এবং  $\nu_c = \text{O}^{\text{str}}$  (সেমি<sup>-1</sup>) অর্থাৎ, C = O বন্ধনের

প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্ক কিটোনের কার্বোনিল গ্রুপের চেয়ে নিম্নতর কম্পাঙ্কে সরে যায়।



যেমন,



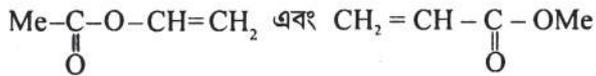
$\nu_{C=O}$  str (সেমি<sup>-1</sup>) ~1715

~1700

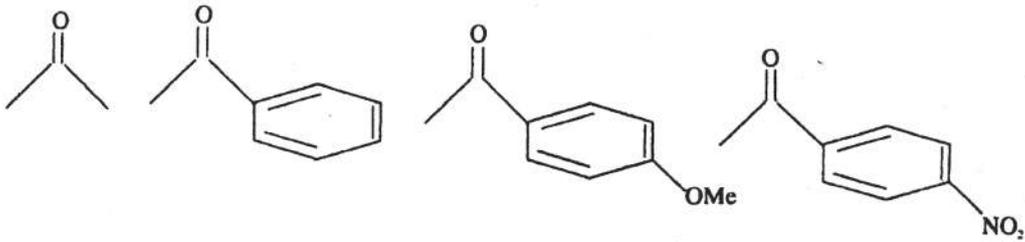
~1700

### অনুশীলনী 3

(i) IR বর্ণালি বিশ্লেষণ প্রয়োগ করে নীচের যৌগদুটির পার্থক্য কিভাবে নিরূপণ করবেন?

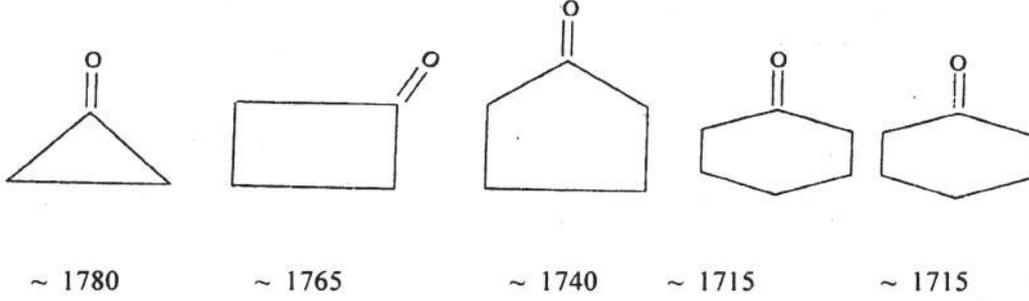


(ii) কারণ উল্লেখসহ নীচের যৌগগুলিকে  $\nu_{C=O}$  এর মানের উর্ধ্বক্রমে সাজান।



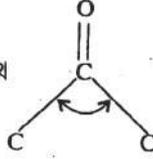
বৃত্তীয় কার্বোনিল যৌগ (cyclic carbonyl compound) যেমন— ল্যাক্টোন (বৃত্তীয় এস্টার), বৃত্তীয় কিটোন, ল্যাক্টাম (বৃত্তীয় অ্যামাইড), বৃত্তীয় অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড প্রভৃতির ক্ষেত্রে বলয়ের (ring) আকারের (size) উপর  $\text{C}=\text{O}$  বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্ক নির্ভর করে।

যেমন,



$\nu_{C=O \text{ str}}$  (সেমি<sup>-1</sup>)

বলয়ের (ring) আকার ছোট হওয়ার সাথে



বন্ধন কোণ হ্রাস পায়। বন্ধন কোণের হ্রাসের

সাথে কার্বোনিল কার্বনের S-বৈশিষ্ট্য (S-character) বৃদ্ধি পায় এবং কার্বোনিল বন্ধন অরবিট্যালে (carbonyl bond orbital) বেশি S-বৈশিষ্ট্যযুক্ত অরবিট্যাল ব্যবহৃত হয়। ফলে C = O বন্ধনের বন্ধন ক্রম বৃদ্ধি পায় এবং প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের মানও বেড়ে যায়।

#### অনুশীলনী 4

IR বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা নীচের যৌগ জোড়গুলির পার্থক্য কীভাবে নিরূপণ করবেন?

- (i) ইথাইল মিথাইল কিটোন এবং প্রোপিয়োনালডিহাইড
- (ii) সাইক্লোপেন্টানোন, সাইক্লোহেক্সানোন এবং সাইক্লোহেক্সিনোন।

(2) ত্রিবন্ধন প্রসারণ অঞ্চল (Triple bond stretch) (2600-2100 সেমি<sup>-1</sup>) :

পরের অঞ্চল যেটি পর্যবেক্ষণ করতে হবে সেটি হল ত্রিবন্ধন প্রসারণ অঞ্চল যেখানে ত্রিবন্ধন প্রসারণ স্পন্দন এবং S - H প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের পিক 2700 এবং 2000 সেমি<sup>-1</sup> মধ্যে দেখা যায়।

কার্যকরী গ্রুপ	সংপৃক্ত (সেমি <sup>-1</sup> )	$\alpha$ , $\beta$ অসংপৃক্ত বা অ্যারিল (সেমি <sup>-1</sup> )
অ্যালকাইল, প্রান্তীয় $\equiv C - H$	2150-2120	2140-2100
অ্যালকাইল, অন্তর্দেশীয় ( $-C \equiv C-$ )	2260-2190	2240-2150
নাইট্রাইল ( $C \equiv N$ )	2260-2240	2240-2220
থায়োল (S-H)	2580-2550	2600-2550

ত্রিবন্ধন প্রসারণ স্পন্দন দু'ধরনের হয়, C N এবং C C এবং এদের শোষণ সাধারণত 2300 এবং 2100 সেমি<sup>-1</sup> এর মধ্যে দেখা যায়। নাইট্রাইল গ্রুপ দ্বিমেরু সম্পন্ন হওয়ায় মাঝারি ধরনের তীব্র পিকটিকে IR বর্ণালিচিত্রে সহজেই ধরা যায়। কিন্তু C C এর দ্বিমেরু শূন্য বলে চিত্রে এর পিকটি সচরাচর গোচরে আসে না।

অ্যালকাইন এবং নাইট্রাইলের পৃথকীকরণের জন্য নাইট্রোজেনের উপস্থিতি MS দেখে জেনে নিতে হবে। নাইট্রোজেন না থাকলে C N অনুপস্থিত থাকবে। এবার আপনি যদি মনে করেন যে অণুটির মধ্যে প্রান্তীয় অ্যালকাইন গ্রুপ (C H) বর্তমান, তাহলে আপনি অ্যালকাইনের C - H প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্কের জন্য মাঝারি তীব্র প্রকৃতির পিক 3300 সেমি<sup>-1</sup> এ দেখতে পাবেন। S - H প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্ক হেতু পিকটি 2500 সেমি<sup>-1</sup> এর কাছাকাছি অঞ্চলে দেখা যায়।

(3) O - H এবং N - H প্রসারণ অঞ্চল (O - H এবং N - H stretch region) (3600-3200 সেমি<sup>-1</sup>)

IR বর্ণালি চিত্রে ত্রিবন্ধন অঞ্চল পর্যবেক্ষণ করার পর O-H এবং N-H প্রসারণ স্পন্দনের জন্য উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট অঞ্চলে দৃষ্টি রাখুন।

অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন পরমাণু যুক্ত কার্যকরী গ্রুপের হাইড্রোজেন বন্ধনের প্রবণতা থাকে বলে বর্ণালি চিত্র চওড়া পটির (broad band) আকারের হয়। হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য কার্বোক্সি অ্যাসিডের O-H প্রসারণ কম্পাঙ্ক 3500 সেমি<sup>-1</sup>-এর কাছাকাছি শুরু হয়ে 2500 সেমি<sup>-1</sup> পর্যন্ত বিস্তৃত হলেও অ্যালকোহল এবং ফিনলে O-H প্রসারণ কম্পাঙ্ক এত বিস্তৃত নয়। নীচে কতিপয় যৌগের প্রসারণ কম্পাঙ্ক দেওয়া হল।

যৌগের প্রকৃতি	OH অথবা NH প্রসারণ কম্পাঙ্ক (সেমি <sup>-1</sup> )	অন্যান্য বন্ধনের প্রসারণ কম্পাঙ্ক (সেমি <sup>-1</sup> )
অ্যালকোহল (H-বন্ধনযুক্ত)	3500-3200	C-O; 1150-1000
অ্যালকোহল (H-বন্ধনমুক্ত)	3650-3600	C-O; 1250-1200
1° অ্যামিন (-NH <sub>2</sub> )	3500-3300	N-H নমন; 1640-1560
2° অ্যামিন ( $\begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{-N-H} \end{matrix}$ )	3500-3300	N-H নমন; 1500
1° অ্যামাইড ( $\begin{matrix} \text{O} \\    \\ \text{-C-NH}_2 \end{matrix}$ )	3500-3100	C=O; 1700-1685
2° অ্যামাইড ( $\begin{matrix} \text{O} \\    \\ \text{-C-N-H} \end{matrix}$ )	3500-3100	C=O; 1700-1670

## অনুশীলনী 5

“অ্যালকোহলের IR বর্ণালি চিত্র গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে”—ব্যাখ্যা করুন।

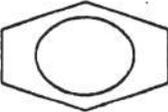
(4) দ্বিবন্ধন প্রসারণ অঞ্চল (Double bond stretch region) (1650-1500 সেমি<sup>-1</sup>)

C = C, C = N এবং N = O প্রসারণ স্পন্দনের জন্য 1650-1500 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলটি পর্যবেক্ষণ করা হয়। প্রায় 1600 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলে দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগের কিছু প্রসারণ কম্পাঙ্কের মান नीচে দেখানো হল।

যৌগের প্রকৃতি	বন্ধন	কম্পাঙ্ক (সেমি <sup>-1</sup> )
অ্যালকিন	C = C	1666-1640
অ্যারিন	C = C	1650-1400
ইমিন	C = N	1690-1640
নাইট্রোসো	N = O	1600-1500
নাইট্রো	N = O	1650-1500 1390-1300

সেন্টোসিমেট্রিক অ্যালকিন যেমন, ট্রান্স 2 - বিউটিন, 1, 1, 2, 2 - টেট্রামিথাইল, -2-বিউটিন যৌগগুলি C=C অক্ষ বরাবর স্পন্দনকালে দ্বিমেরু-ভ্রমকের কোন পরিবর্তন হয় না বললেই চলে। যৌগগুলির মধ্যে ইনভারসন সেন্টার, i বর্তমান। এরা IR নিষ্ক্রিয় যৌগ। অনুবন্ধ পলিইনের ক্ষেত্রে রেজোন্যান্স ক্রিয়ার ফলে C = C বন্ধনের বন্ধন ক্রম হ্রাস পায় বলে এর প্রসারণ শোষণ ব্যান্ড (stretching absorption band) নিম্নতর কম্পাঙ্কে (প্রায় 1620 সেমি<sup>-1</sup>) সরে যায়।

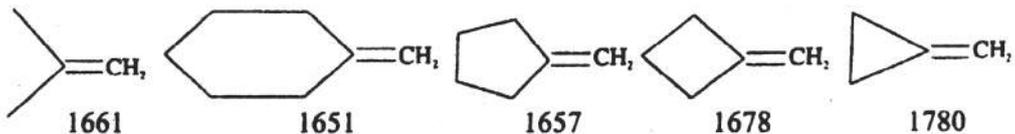


একই কারণে বেঞ্জিনোয়েড,  যৌগে C— প্রসারণ জনিত শোষণ পিক আরও নিম্নতর

কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট (প্রায় 1600 সেমি<sup>-1</sup>) হয়।

বৃত্তীয় (cyclic) অসংপৃক্ত যৌগের C = C বন্ধন যদি বলয়ের বাইরের দিকে (exocyclic) অবস্থান করে তাহলে বলয়ের আকার যত ছোট হয় C = C প্রসারণ জনিত শোষণের মানও ততই বৃদ্ধি পায়।

যেমন,

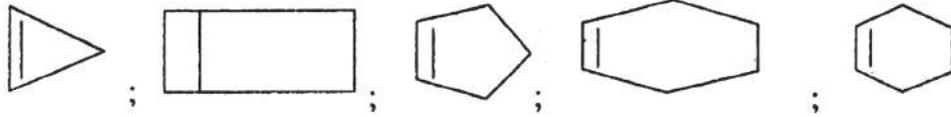


$$\gamma_{C=C} \text{str} \text{ সেমি}^{-1}$$

কৌণিক পীড়ন (angle strain)  $sp^2$  সংকরায়িত কার্বনের S বৈশিষ্ট্য (S – character) বাড়িয়ে দেয় এবং কার্বনদ্বয়ের উপর অরবিট্যাল দুটির মধ্যে অভিলেপনের মাত্রাও বৃদ্ধি পায়। ফলে  $C = CH_2$  বন্ধনের বন্ধন ক্রম বেড়ে যায় এবং প্রসারণ স্পন্দনজনিত শোষণ বৃদ্ধি পায়।

## অনুশীলনী 6

নিচের যৌগগুলিকে প্রসারণ স্পন্দনজনিত শোষণের মানের উর্ধ্বক্রমে সাজান। কারণ উল্লেখ করুন।



### (5) C - H প্রসারণ অঞ্চল (C - H region) (3300-2700 সেমি<sup>-1</sup>) :

কার্বন পরমাণুর সংকরায়ণ প্রকৃতির উপর C - H প্রসারণ স্পন্দন কম্পাঙ্ক নির্ভর করে। C - H প্রসারণ জনিত শোষণ কম্পাঙ্কের অবস্থান সাধারণত নিম্নরূপ :

C - H বন্ধন প্রকৃতি	C - H প্রসারণ ( সেমি <sup>-1</sup> )
$\begin{array}{c} \equiv C - H \\ \uparrow \\ Sp \end{array}$	3330-3260
$\begin{array}{c} = C - H \\ \uparrow \\ Sp^1 \end{array}$	3200-3000
$\begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \\ C - H \\ \uparrow \\ Sp^1 \end{array}$	3000-2840
$\begin{array}{c} O \\    \\ - C - H \\ \uparrow \\ Sp^2 \end{array}$	2850 এবং 2750

IR বর্ণালি চিত্রে 3000 থেকে 2800 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলে প্রাপ্ত পিক অণুর মধ্যে অ্যালিফেটিক অংশের হৃদিস দেয়। এরপর 1380 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলের কাছাকাছি পর্যবেক্ষণ করতে হবে। এটি মিথাইল গ্রুপের অঞ্চল। পরিশেষে 700 সেমি<sup>-1</sup> এর কাছাকাছি অঞ্চল দেখতে হবে। এখানে C - H বন্ধনের সামতলিত এবং অসামতলিত নমন স্পন্দনের জন্য 1400-900 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলে পিক দেখা যাবে।

(6) হস্তাস্থলির ছাপজনিত অঞ্চল (Finger print region) (1300-900 সেমি<sup>-1</sup>)

এক ব্যক্তির হাতের আঙুলের ছাপ যেমন অন্যের ছাপের সাথে কখনই একরকম হয় না সেইরূপ একটি অণুর IR বর্ণালি চিত্র কখনই অন্য অণুর IR বর্ণালি চিত্রের মত হয় না। অজ্ঞাত যৌগের IR বর্ণালি চিত্র জ্ঞান যৌগের চিত্রের সাথে এই অঞ্চলেই মিলিয়ে নেওয়া হয় বলে এই অঞ্চলকে ফিংগার প্রিন্ট অঞ্চল বলে।

এটি IR বর্ণালি চিত্রের মধ্যবর্তী অংশ (সেমি<sup>-1</sup>)।

সঠিক যৌগ নিরূপণ ছাড়াও স্পন্দন কম্পাঙ্কের সংযোজনের (Vibrational coupling) ফলে উদ্ভূত ব্যান্ড (band) এই অঞ্চলে দেখা যায় বলে এই অংশটি খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

উদাহরণস্বরূপ, যদি অ্যালকোহলীয় বা ফিনলীয় O-H গ্রুপের প্রসারণ জনিত শোষণ IR বর্ণালি চিত্রে উচ্চ কম্পাঙ্ক অঞ্চলে (~3600 সেমি<sup>-1</sup>) প্রদর্শিত হয় এবং C - C - O কর্তৃক শোষিত ব্যান্ডের অবস্থান 1260-1000 সেমি<sup>-1</sup> অঞ্চলে দেখা যায় তবে বুঝতে হবে যৌগটি অ্যালকোহল, ফিনল নয়।

# **UV SPECTROSCOPY**

---

## 7.4 UV - Vis বর্ণালি বিদ্যা (UV-Vis Spectroscopy)

---

(200 - 800 nm)

অণুর মধ্যে ইলেকট্রনগুলো বিভিন্ন আণবিক কক্ষকে (Molecular orbital সংক্ষেপে MO) অবস্থান করে। এই MO শক্তিস্তরগুলি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তির স্তর অর্থাৎ কোয়ান্টাইজড (quantised) শক্তিস্তর। কোন জৈবযৌগের HOMO থেকে Lumo তে ইলেকট্রন পরিবর্তি (transition) ঘটতে গেলে যে বিকিরিত রশ্মির প্রয়োজন তার

$$\text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = \frac{hcN_0}{\Delta E}$$

$$\text{যেখানে প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক, } h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ JS}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$N_0 = 1 \text{ মোল}$$

$$\Delta E = 500 \text{ কি. জু /মোল}$$

$$\lambda = 250 \text{ nm}$$

এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য UV তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অন্তর্গত।

---

## 7.5 বিয়ার — ল্যামবার্ট সূত্র এবং UV বর্ণালি চিত্র

---

অণু কর্তৃক UV আলোকরশ্মির শোষণ দুটি সূত্র অনুসারে ঘটে থাকে। প্রথমটি, ল্যামবার্টের (Lambert's) সূত্র অনুযায়ী, আলোকরশ্মির মধ্যে পতিত অণু কর্তৃক রশ্মির শোষণ ও আলোর তীব্রতার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপিত হয়। অর্থাৎ, যদি, যৌগের উপর আপতিত UV রশ্মির একক সময়ে আলোর তীব্রতা (intensity)  $I_0$  এবং নির্গত রশ্মির একক সময়ে তীব্রতা  $I$  হয় তবে ল্যামবার্টের সূত্রানুযায়ী,

$$\text{শোষণ (absorbance), } A = \log \frac{I_0}{I}$$

দ্বিতীয়টি, বিয়ারের (Beer's) সূত্র অনুযায়ী,

অণু কর্তৃক একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের UV রশ্মির শোষণ রশ্মির মধ্যে পতিত অণুর সংখ্যার উপর (অর্থাৎ যৌগের গাঢ়ত্বের উপর) নির্ভর করে।

অর্থাৎ, প্রতি লিটারে  $c$  মোল গাঢ়ত্ব বিশিষ্ট কোন যৌগ  $l$  সেমি দীর্ঘ পাত্রে রাখলে,

$$\text{শোষণ (absorbance) = } \epsilon \cdot C \cdot l$$

$\epsilon$  হল একটি ধ্রুবক। এর মান যৌগের প্রকৃতি, ভৌত অবস্থা, দ্রাবকের প্রকৃতি, উষ্ণতা এবং একবর্ণী আলোকরশ্মির প্রকৃতি অর্থাৎ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে।  $\epsilon$  কে মোলার লুপ্ত গুণাঙ্ক (molar extinction coefficient) বা মোলার অ্যাবজরপ্টিভিটি (molar absorptivity) বলে। উল্লিখিত সূত্র দুটির মিলিত রূপ হল—

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot C \cdot l$$

এই সমীকরণটি বিয়ার-ল্যামবার্ট সূত্র (Beer-Lambert Law) অথবা শুধুই বিয়ারের সূত্র হিসাবে পরিচিত।  
যেহেতু,  $A = \epsilon \cdot C \cdot l$

অতএব,  $\epsilon = \frac{A}{C \cdot l}$ ;  $C$  এর গাঢ়ত্ব মোলার (M) এবং  $l$  এর দৈর্ঘ্য সেমি (Cm) হলে

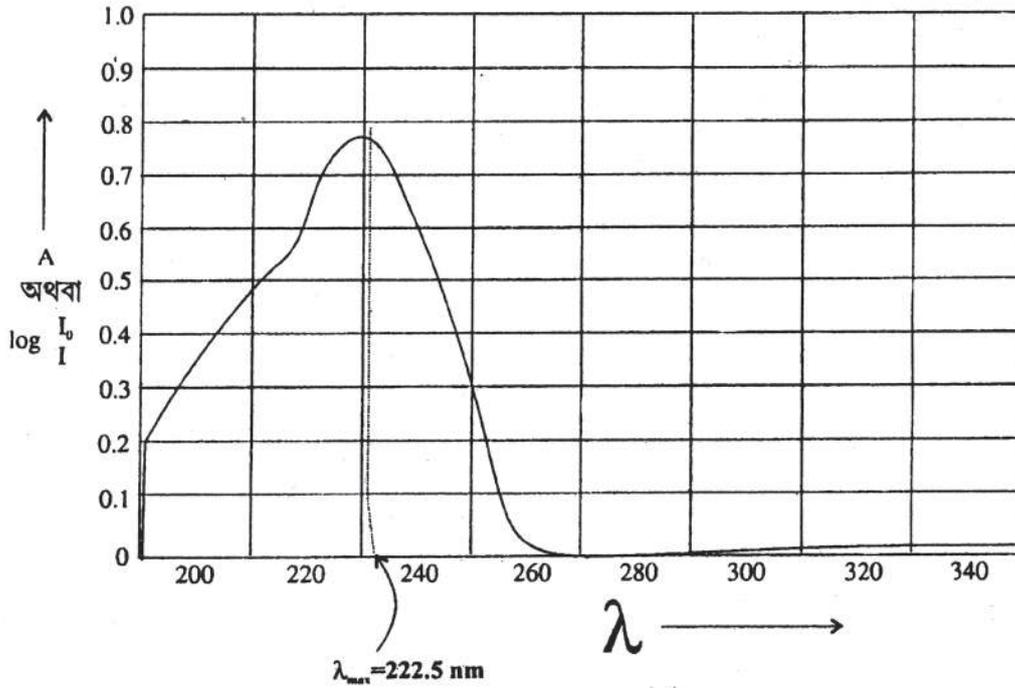
$$\epsilon = \frac{\text{(Optical density, O.D.)}}{\text{M.Cm.}} \quad \text{আলোর গাঢ়ত্ব}$$

অর্থাৎ,  $\epsilon$  এর একক হল  $\text{O.D.M}^{-1} \text{CM}^{-1}$

কিন্তু অদ্ভুতভাবে ( $\text{M}^{-1} \text{Cm}^{-1}$ ) কে বাদ দিয়ে  $\epsilon$  এর মান প্রকাশ করা হয়। নির্দিষ্ট গাঢ়ত্ব এবং নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের পাত্রে রক্ষিত যৌগের দ্রবণে UV আলোকরশ্মির শোষণের সাথে  $\epsilon$  এর মান সমানুপাতিক। অর্থাৎ, শোষণ বাড়লে  $\epsilon$  বাড়ে।

একটি উদাহরণের সাহায্যে বোঝানো যেতে পারে।

নির্দিষ্ট গাঢ়ত্বের মিথানল দ্রবণে ও নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের পাত্রে রক্ষিত আইসোপ্রিনের UV বর্ণালি চিত্র নিম্নরূপ :



$$25^\circ \text{ তাপমাত্রায়, } \epsilon \text{ at } 222.5 \text{ nm} = \frac{OD}{C \cdot \ell} = 10.750$$

অর্থাৎ,  $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$  222.5 ( $\epsilon$ , 10.750) এইভাবে প্রকাশ করা হয়।

7.5.1  $\lambda_{\text{max}}$  এর মান যে যে বিষয়ের উপর নির্ভরশীল সেগুলি নীচে আলোচনা করা হল।

1. রেজোন্যান্স প্রভাব (Resonance effect) :

রেজোন্যান্স অর্থাৎ কনজুগেশন এবং ব্যাপ্তি যত বৃদ্ধি পায়  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  ততই হ্রাস পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

2. আবেশ প্রভাব (Inductive effect) :

কোন পরমাণু বা গ্রুপের +1 প্রভাবের দ্বারা ক্রোমোফোরে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে ক্রোমোফোরের HOMO স্তরের শক্তিমাাত্রাও বৃদ্ধি পায়। এর ফলে  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  হ্রাস পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়। বিপরীতভাবে -1 প্রভাবের ফলে  $\lambda_{\text{max}}$  হ্রাসের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

3. স্টেরিকজনিত প্রভাব (Steric effect) :

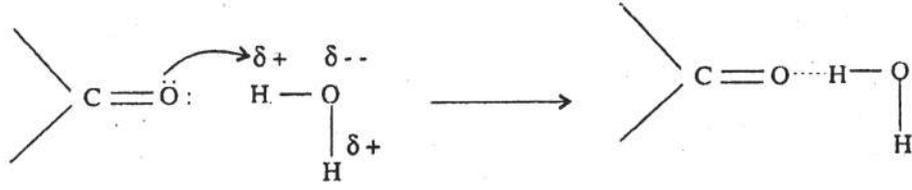
সামতলিত কাঠামোতে স্টেরিক ক্রিয়ার প্রভাবে অণুর জ্যামিতিক আকৃতি যদি পীড়নযুক্ত হয় তাহলে পীড়নমুক্ত হওয়ার পারয়োজনে জ্যামিতিক আকার আর সামতলিক থাকে না। তাই অণুর মধ্যে পাশাপাশি অবস্থিত p অরবিট্যালগুলো আর সমান্তরাল থাকে না। এরজন্য কনজুগেশন হ্রাস পায়। ফলে  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  এর মান বৃদ্ধি পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  হ্রাসের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

4. পীড়ন জনিত প্রভাব (Strain effect) :

অণুর জ্যামিতিক আকারের জন্য যদি কৌণিক পীড়ন, বন্ধনের সংকোচন বা প্রসারণ জনিত পীড়নের উদ্ভব হয় তাহলে ভূমিস্তরের (Ground state) শক্তিস্তর বৃদ্ধি পায়। সাধারণত উদ্দীপ্ত অবস্থায় (Excited state) দ্বিবন্ধনের কিছুটা একবন্ধন বৈশিষ্ট্য জন্মানোর ফলে পীড়নের কিছুটা কম হয়। ফলে ভূমিস্তর এবং উদ্দীপ্ত স্তরের মধ্যে শক্তি পার্থক্য হ্রাস পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  দীর্ঘতর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

5. দ্রাবকের প্রভাব (Effect of solvent) :

MO শক্তিস্তরের উপর পারিপার্শ্বিক দ্বিমেরুক দ্রাবক অণুর তড়িৎক্ষেত্রে প্রভাব অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। এদের মিথস্ক্রিয়া সাধারণত আকর্ষণমূলক এবং ভিন্ন মাত্রার হয়ে থাকে। তাই দ্বিমেরুক দ্রাবকের প্রভাবে MO শক্তিস্তরগুলি ভিন্ন মাত্রায় স্থিতিশীলতা লাভ করে। যেমন প্রোটিক দ্রাবকে (Protic solvent) কার্বোনিল গ্রুপের অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (n অরবিট্যাল) ব্যবহৃত হয়ে দ্রাবক অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠিত হয়।

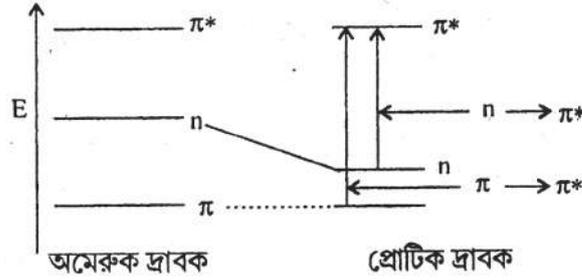


এর ফলে  $n$  অরবিটালের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধি পায়।

$\pi$  এবং  $\pi$  অরবিটালের উপরও প্রোটিন দ্রাবকের স্থিতিশীলতা বৃদ্ধিকারী প্রভাব থাকে। কিন্তু এই প্রভাবের মাত্রা  $n$  অরবিটালের স্থিতিশীলতার তুলনায় কম হয়।

আবার  $\pi$  অরবিটাল  $\pi$  অরবিটাল অপেক্ষা বেশি ধ্রুবীয় (polar) হওয়ার ফলে প্রোটিক দ্রাবকে  $\pi$  এর তুলনায়  $\pi$  অরবিটাল কিছুটা বেশি স্থিতিশীল হয়।

এজন্য অমেরুক দ্রাবকের (nonpolar solvent) তুলনায় দ্বিমেরুক দ্রাবক (dipolar solvent) বিশেষতঃ প্রোটিক দ্রাবকে (Protic solvent)  $\Delta E_{n \rightarrow \pi}$  বৃদ্ধি পায় এবং  $\Delta E_{\pi \rightarrow \pi}$  হ্রাস পায়। নিচের কার্বোনিল যৌগের UV - Vis বর্ণালি চিত্রে  $n \rightarrow \pi^*$  এবং  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর অবস্থান প্রোটিক দ্রাবকে দেখানো হল।



এক্ষেত্রে, অমেরুক দ্রাবকের তুলনায় প্রোটিক দ্রাবকে  $n \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর মান হ্রাস পায় এবং  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর মান কিছুটা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

### 7.5.2 শোষণ মাত্রা, $\epsilon$ :

কোন যৌগের ইলেকট্রন পরিবৃত্তি (electron transition)  $\lambda_{max}$  এর শোষণমাত্রা,  $\epsilon$  এর মান যে যে বিষয়ের উপর নির্ভর করে তা হল :

1) UV রশ্মি শোষণক্ষম অণুর গাঢ়ত্ব :

বিয়ার-ল্যামবার্টের সূত্র প্রয়োগ করে শোষণমাত্রা,  $\epsilon$  গণনার সময় যৌগের সামগ্রিক গাঢ়ত্বকে গণনার মধ্যে ধরা হয়।

তাই কোন একটি নির্দিষ্ট গাঢ়ত্বের দ্রবণের পরীক্ষালব্ধ আলোক ঘনত্ব (optical density)  $D$  হলে বলা যায়  $\epsilon \propto D$

অর্থাৎ, যৌগের দ্রবণের গাঢ়তা  $C$  হলে আলোক ঘনত্ব,  $D \propto C$

যেহেতু  $\epsilon \propto D$

অতএব,  $\epsilon \propto C$

অর্থাৎ UV রশ্মি শোষণক্ষম অণুর গাঢ়তা বৃদ্ধি পেলে ইলেকট্রন পরিবর্তিজনিত সর্বোচ্চ শোষণের শোষণমাত্রা,  $\epsilon$  বৃদ্ধি পায়।

2) ক্রোমোফোরের (Chromophore) সংখ্যা :

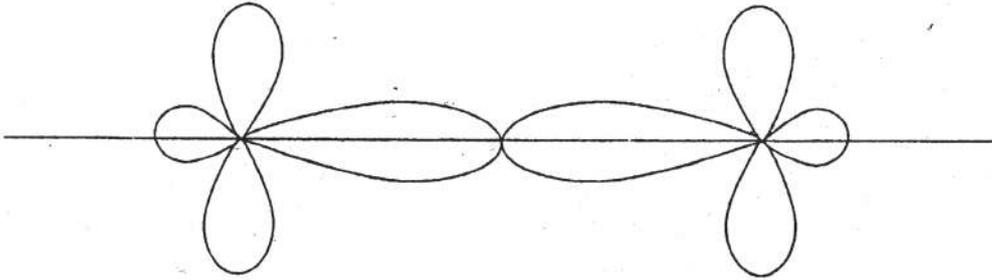
কোন যৌগের অণুতে ক্রোমোফোরের সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে UV রশ্মির সাথে এর মিথস্ক্রিয়ার বৃদ্ধির ফলে শোষণমাত্রা  $\epsilon$  বৃদ্ধি পায়।

3) প্রতিসাম্যগত সীমাবদ্ধতা :

এক অরবিট্যাল থেকে অপর অরবিট্যাল ইলেকট্রন পরিবর্তির ক্ষেত্রে প্রতিসাম্যগত সীমাবদ্ধতা বর্তমান। প্রতিসাম্য সমর্থিত ইলেকট্রন পরিবর্তির (Symmetry allowed electron transition) শোষণমাত্রা  $\epsilon$  প্রতিসাম্য অসমর্থিত ইলেকট্রন পরিবর্তির (Symmetry forbidden electron transition) শোষণমাত্রা অপেক্ষা অনেক বেশি হয়।

## 7.6 যৌগের প্রকৃতি ও UV আলোকরশ্মির শোষণ

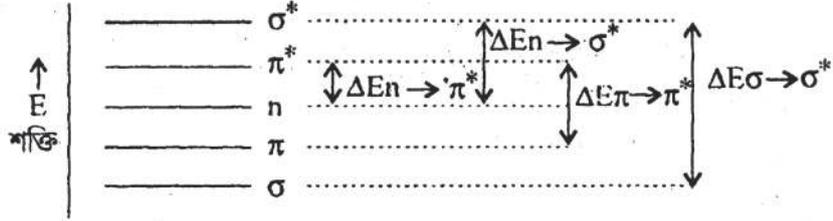
জৈব যৌগের অণুর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনগুলি  $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $n$ ,  $\pi^*$  এবং  $\sigma^*$ —এই পাঁচটি স্তরে অবস্থান করতে পারে। এদের মধ্যে অধিকৃত (occupied) MO গুলি হল  $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $n$ , এবং অনধিকৃত (unoccupied) MO গুলি হল  $\pi^*$ ,  $\sigma^*$ । UV আলোকরশ্মি শোষিত হয়ে ইলেকট্রন অধিকৃত MO থেকে অনধিকৃত MO-তে উন্নীত হয়।  $\sigma$  বন্ধন গঠনকারী অরবিট্যালের নোডাল তল (nodal plane) বরাবর  $p$  অরবিট্যালের অক্ষ



বিন্যস্ত থাকে। আবার  $\pi$  আণবিক অরবিট্যাল গঠনকারী  $p$  অরবিট্যালের নোডাল তল  $\sigma$  বন্ধনের অক্ষ বরাবর বিন্যস্ত থাকে।

ফলে  $\sigma \rightarrow \pi^*$  এবং  $\pi \rightarrow \sigma^*$  ইলেকট্রনীয় পরিবর্তি প্রতিসাম্য অসমর্থিত (Symmetry forbidden)। তাই জৈব ক্ষেত্রে প্রতিসাম্য সমর্থিত ইলেকট্রন পরিবর্তিগুলি (Symmetry allowed) হল :

$\sigma \rightarrow \sigma^*$ ,  $n \rightarrow \sigma^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$  এবং  $n \rightarrow \pi^*$

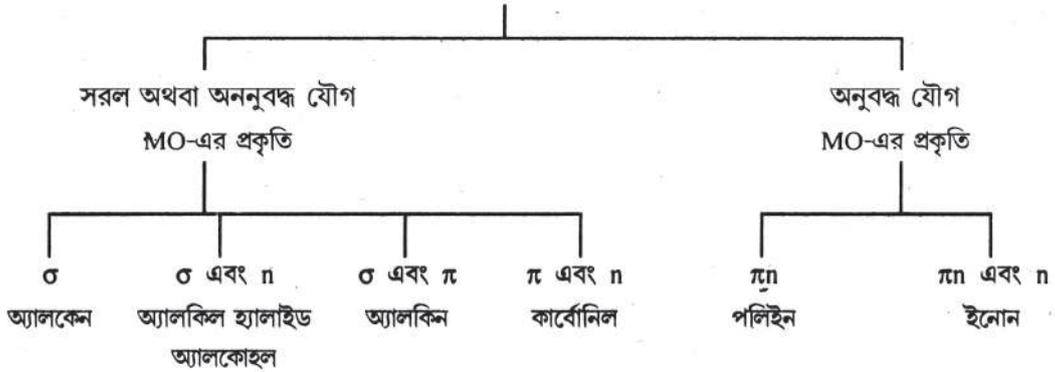


ওপরের শক্তি চিত্র (energy diagram) থেকে সহজেই বোঝা যায় যে,  $\Delta E_{\sigma \rightarrow \sigma^*}$  এর মান সর্বোচ্চ এবং  $\Delta E_{n \rightarrow \pi^*}$  এর মান সর্বনিম্ন। জৈব অণুর গঠন অনুযায়ী কী ধরনের ইলেকট্রনীয় পরিবর্তি সম্ভব তা নীচে আলোচিত হল।

অণুর গঠনের সাথে UV আলোকরশ্মি শোষণের সম্পর্ক :

সমস্ত জৈব যৌগের অণুতেই UV-রঙ-বাহক বা UV-ক্রোমোফোর (Chromophore) থাকে, কারণ প্রত্যেক অণুতেই  $\sigma$ ,  $\pi$  অথবা  $nMO$  তে ইলেকট্রন থাকে যেগুলি অনধিকৃত  $\pi^*$  অথবা  $\sigma^*MO$  তে UV রশ্মি শোষণের ফলে উন্নীত হয়। বেশিরভাগ UV রঙ বাহক গ্রুপের মধ্যেই  $\pi$  এবং অথবা  $n$  ইলেকট্রন বর্তমান থাকে। ভিন্ন রঙ বাহকের উপস্থিতি অনুসারে জৈব যৌগগুলিকে নিম্নভাবে ভাগ করা হয়।

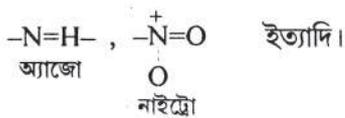
ভিন্ন রঙ-বাহকের উপস্থিতি অনুসারে জৈব যৌগগুলিকে নিম্নভাবে ভাগ করা হয়



ক্রোমোফোর (Chromophore)

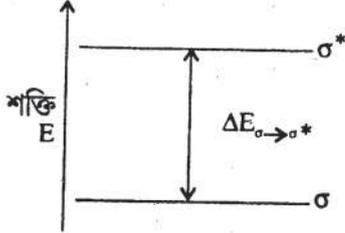
গ্রীক ভাষায় ক্রোমা (Chroma) শব্দের অর্থ রঙ (Colour) এবং ফোরস (Phoros) এর অর্থ বাহক (bearer) অর্থাৎ অণুর গঠন বৈশিষ্ট্যের (Structural feature) যে অংশ UV রশ্মি শোষণ করে সেই অংশই হল ক্রোমোফোর।

উদাহরণ :



অ্যালকেন :

অ্যালকেনের অধিকৃত MO গুলি হল  $\sigma$  C - H ও  $\sigma$  C - C এবং অনধিকৃত MO টি হল  $\sigma^*$

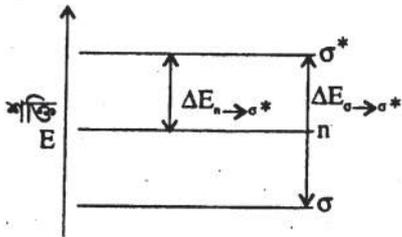


এখানে  $\Delta E_{\sigma \rightarrow \sigma^*}$  এর মান এত বেশি যে  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  পরিবর্তির (transition) জন্য প্রয়োজনীয় আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 150 nm বা তারও কম। ফলে 400 nm থেকে 800 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য যুক্ত UV বর্ণালি চিত্রে  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  পরিবর্তি দেখা যায় না। অর্থাৎ, যৌগটি UV-নিষ্ক্রিয়।

অ্যালকিন হ্যালাইড, অ্যালকোহল ইত্যাদি।

অর্থাৎ  $-C-\dot{X}$  ধরনের যৌগ

এখানে অধিকৃত MO গুলি হল  $\sigma$  এবং n-এর অনধিকৃত MO টি হল  $\sigma^*$

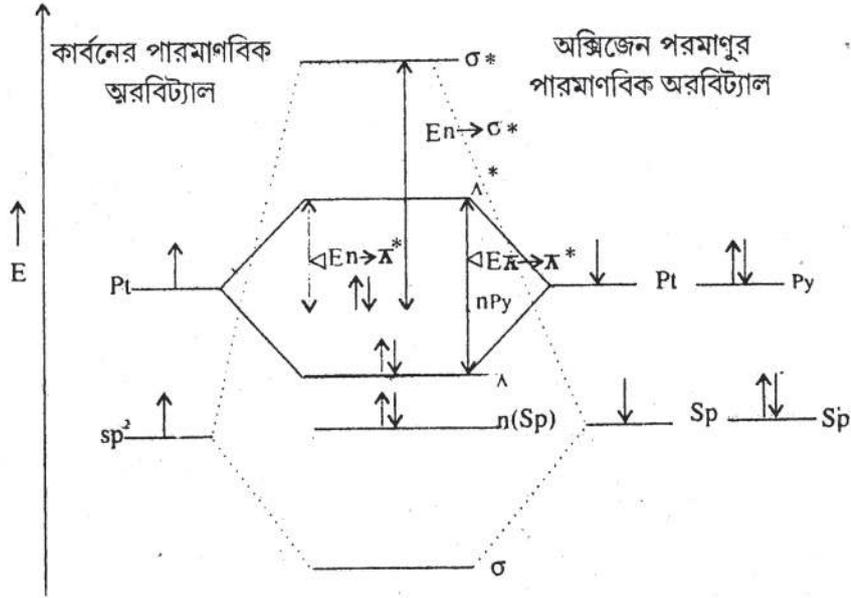


এখানেও  $\Delta E_{\sigma \rightarrow \sigma^*}$  এবং  $\Delta E_{n \rightarrow \sigma^*}$  এর মান অনেক বেশি। তাই অ্যালকেনের মতই  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  ইলেকট্রন পরিবর্তি এবং  $n \rightarrow \sigma^*$  পরিবর্তি UV-বর্ণালিচিত্রে দেখা যাবে না। অর্থাৎ এরা UV-নিষ্ক্রিয় যৌগ।

অ্যালকিন :

এর মধ্যে সম্ভাব্য ইলেকট্রন পরিবর্তিগুলি হল  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  এবং  $\pi \rightarrow \pi^*$ । এবং  $\Delta E_{\sigma \rightarrow \sigma^*}$   $\Delta E_{\pi \rightarrow \pi^*}$  এবং উভয়েরই মান যথেষ্ট বেশি হওয়ায় সম্ভাব্য UV শোষণ 200 nm-এর অনেক কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যে ঘটে। ফলে UV-বর্ণালি চিত্রে এগুলি ধরা পড়ে না। অর্থাৎ এরা UV-নিষ্ক্রিয় যৌগ।

কার্বনিল যৌগ : কার্বোনিল গ্রুপের MO চিত্রটি নিম্নরূপ

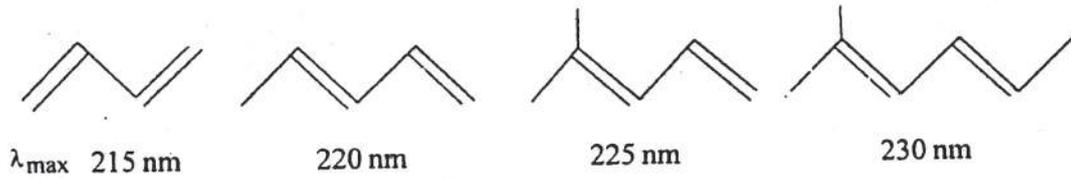


সাধারণত  $n \rightarrow \pi^*$  পরিবর্তি প্রতিসাম্যগতভাবে সম্ভব নয়, কারণ  $n$  এবং  $\pi^*$  MO দুটি একে অপরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। কিন্তু, পারমাণবিক স্পন্দন এই জ্যামিতিক অবস্থানের কিছুটা বিচ্যুতি ঘটায়। ফলে  $n \rightarrow \pi^*$  ইলেকট্রন পরিবর্তি হেতু স্বল্প UV-আলোকরশ্মি শোষিত হয় অর্থাৎ  $\epsilon$  এর মান খুবই কম হয়।  $n \rightarrow \delta^*$  পরিবর্তিটি UV নিষ্ক্রিয়।

অনুবদ্ধ পলিইন :

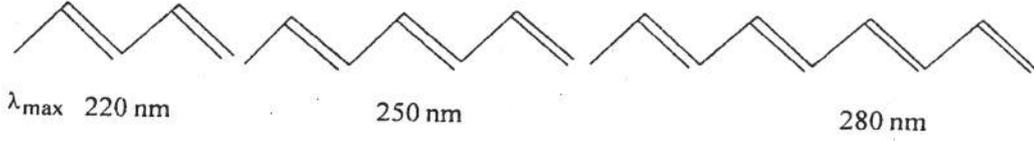
UV-Vis বর্ণালি চিত্র পর্যবেক্ষণ করে জৈব যৌগের আণবিক গঠনগত (structure) বৈশিষ্ট্যের সাথে  $\lambda_{\max}$  এর মানের একটি সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করা সম্ভবপর হয়েছে।

যেমন,



ওপরের গঠনগুলি থেকে পরিষ্কার যে, বিউটাডাইনের কাঠামোতে একটি করে মিথাইল গ্রুপ যুক্ত করলে  $\lambda_{\max}$  এর মান 5 nm বৃদ্ধি পায়।

এইরূপে,



অর্থাৎ 1, 3-পেন্টাডাইন কাঠামোতে একটি করে ইথিলিনীয় বন্ধন যুক্ত করলে  $\lambda_{\max}$  এর মান 30 nm করে বৃদ্ধি পায়।

এসব পরীক্ষানিরীক্ষা থেকে বিজ্ঞানী উডওয়ার্ড (Woodward) এবং বিজ্ঞানী ফাইজার (Fieser) বিশেষ ধরনের জৈব যৌগের  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত ( $\pi \rightarrow \pi^*$  transition) দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য সম্পন্ন  $\lambda_{\max}$  গণনার জন্য উডওয়ার্ড ফাইজার নীতি (Woodward-Fieser Rules) প্রবর্তন করেন।

### 7.6.1

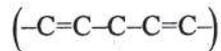
অনুবদ্ধ পলিইনের (Conjugated polyene) ক্ষেত্রে ইথানল দ্রবণে  $\lambda_{\max}$  গণনার জন্য উডওয়ার্ড ফাইজার নিয়ম নিম্নরূপ :

আণবিক গঠন	$\lambda_{\max}$ গণনার ভিত্তিগত মূল মান (base value)
অনুবদ্ধ ডাইইন ( $-C=C-C=C-$ )	215 nm
এবং হেটারোঅ্যানুলার ডাইইন 	
হোমোঅ্যানুলার ডাইইন 	253 nm
উপরোক্ত কাঠামোতে যুক্ত প্রতিস্থাপক	মূল মান থেকে $\lambda_{\max}$ এর বৃদ্ধি

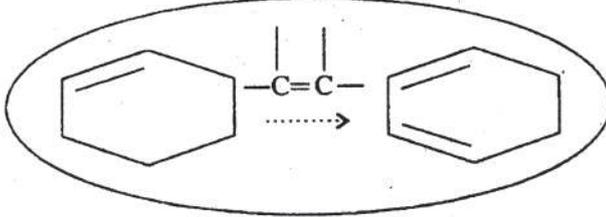
(i) অনুবদ্ধ ডাইইনের অনুবদ্ধ অবস্থায় যুক্ত  $+ 30$  nm

প্রতিটি দ্বিবন্ধনের ( $-C=C-$ ) এর (extended conjugation)

(crossed conjugation) ক্ষেত্রে  $\lambda_{\max}$  বৃদ্ধি পাবে না।

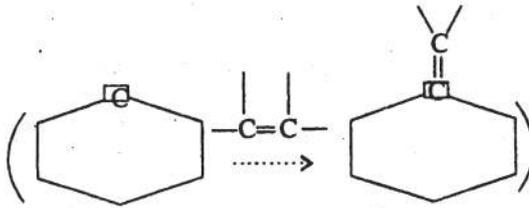


- (ii) উপরোক্ত  $(-C=C-)$  গ্রুপটি অন্তঃস্থ দ্বিবন্ধন  
 যুক্ত বলয়ের মধ্যে অবস্থানের ফলে যদি বলয়ের মধ্যে  
 অনুবদ্ধ ডাইইন গঠিত হয় তাহলে এর জন্য



+39 nm

- (iii) উপরোক্ত  $(-C=C-)$  এর অবস্থান যদি কোন  
 বলয়ের (ring) বলয়স্থিত কার্বন এবং বলয়ের বহিঃস্থ  
 কার্বনের মধ্যে হয় তাহলে এরূপ প্রতিটি বলয় বহিঃস্থ  
 দ্বিবন্ধনের (exocyclic) জন্য।



+5 nm

- (iv) অনুবদ্ধ পলিইন কাঠামোর  $Sp^2C$  এর সাথে  
 অ্যালকিন গ্রুপ বা বলয় কার্বন (ring carbon)  
 যুক্ত থাকলে এরূপ প্রতিটি  $C-C$  বন্ধনের জন্য

+5

- (v)  $Sp^2C$  এর সাথে যুক্ত প্রতিটি : OR গ্রুপের জন্য +6  
 : Cl, Br গ্রুপের জন্য +5  
 : SR গ্রুপের জন্য +30  
 : OAc গ্রুপের জন্য +0

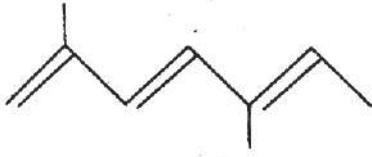
উদাহরণ :

নীচের যৌগগুলিতে  $\lambda_{max}$  গণনা

মূলমান

= 214 nm

(i)



একটি অতিরিক্ত দ্বিবন্ধন মূল ডাইইনের সাথে +30 nm

অনুবন্ধ অবস্থায় থাকলে তিনটি  $Sp^2C$

এর সাথে যুক্ত তিনটি মিথাইল গ্রুপের

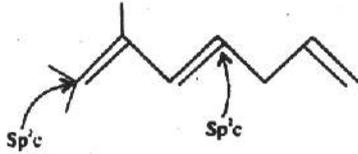
জন্য  $3 \times 5 = +15 \text{ nm}$

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{\text{max}}$  = +259 nm

মূলমান = 214 nm

(ii)



(অতিরিক্ত দ্বিবন্ধনটি মূল ডাইইনের সাথে

অনুবন্ধ অবস্থায় নয় বলে কোন অতিরিক্ত  
মান ধরা হল না)

অনুবন্ধ ডাইইনের দুটি  $Sp^2C$  এর সাথে

তিনটি অ্যালকিন গ্রুপের তিনটি C-C

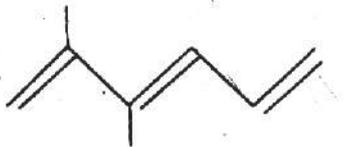
বন্ধনের জন্য  $3 \times 5 = 15 \text{ nm}$

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{\text{max}}$  = +229 nm

মূলমান = 214 nm

(iii)



অনুবন্ধ অবস্থায় একটি অতিরিক্ত দ্বিবন্ধন = +30 nm

অনুবন্ধ ডাইইনের দুটি  $Sp^2C$  এর সাথে

দুটি অ্যালকিল গ্রুপের দুটি C-C

বন্ধনের জন্য  $2 \times 5 = +10 \text{ nm}$

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{\text{max}}$  = 254 nm

(iv)



$$\text{মূলমান} = 214 \text{ nm}$$

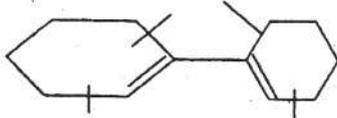
Sp<sup>2</sup>C এর সাথে চারটি অ্যালকিল  
গ্রুপের চারটি C-C বন্ধনের জন্য

$$4 \times 5 = 20 \text{ nm}$$

---


$$\text{গণনালব্ধ } \lambda_{\text{max}} = 234 \text{ nm}$$

(v)



$$\text{মূলমান} = 214 \text{ nm}$$

Sp<sup>2</sup>C এর সাথে যুক্ত অ্যালকিল  
C-এর সাথে C-C বন্ধনের জন্য

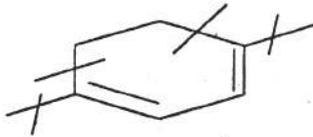
$$4 \times 5 \text{ nm} = 20 \text{ nm}$$

---


$$\text{গণনালব্ধ } \lambda_{\text{max}} = 234 \text{ nm}$$

(পরীক্ষালব্ধ মান 236 nm)

(vi)



$$\text{মূলমান} = 253 \text{ nm}$$

Sp<sup>2</sup>C এর সাথে যুক্ত অ্যালকিল  
C-এর চারটি C-C বন্ধনের জন্য

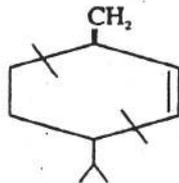
$$4 \times 5 \text{ nm} = 20 \text{ nm}$$

---


$$\text{গণনালব্ধ } \lambda_{\text{max}} = 273 \text{ nm}$$

(পরীক্ষালব্ধ মান  $\lambda_{\text{max}}$  282 nm)

(vii)



$$\text{মূলমান} = 214 \text{ nm}$$

Sp<sup>2</sup>C এর সাথে যুক্ত অ্যালকিল C-এর

$$\text{দুটি C-C বন্ধনের জন্য } 2 \times 5 \text{ nm} = 10 \text{ nm}$$

বলয়ের শীর্ষকার্বনের সাথে বহিঃস্থ

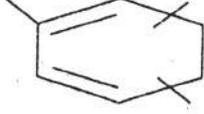
$$\text{C-এর দ্বিবন্ধনের জন্য} = +5 \text{ nm}$$

---


$$\text{গণনালব্ধ } \lambda_{\text{max}} = 229 \text{ nm}$$

(পরীক্ষালব্ধ মান  $\lambda_{\max}$  231 nm)

(viii)



হোমোঅ্যানুলার ডাইইনের মূল মান = 253 nm

অনুবদ্ধ ডাইইনের দুটি  $Sp^2C$  এর সাথে

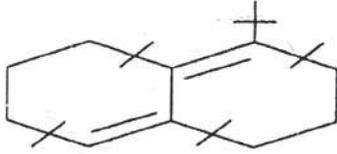
একটি অ্যালকিল গ্রুপের C-C এবং

দুটি বলয় কার্বন (ring carbon)

যুক্ত থাকার ফলে  $3 \times 5$  = 15 nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 268 nm

(ix)



মূলমান = 214 nm

$Sp^2C$  এর সাথে যুক্ত 5টি অ্যালকিল

C-এর জন্য  $5 \times 5$  nm = 25 nm

দুটি বলয়ের শীর্ষস্থ C-এর সাথে

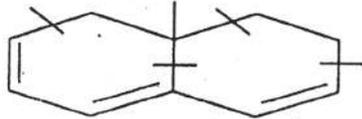
বহিঃস্থ C-এর দ্বিবন্ধনের অর্থাৎ

দুটি exocyclic দ্বিবন্ধনের জন্য

$2 \times 5$  nm = 10 nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 249 nm

(x)



হোমোঅ্যানুলার ডাইইনের মূলমান = 253 nm

মূল ডাইইনের সাথে অনুবদ্ধ অবস্থায় একটি

দ্বিবন্ধনের জন্য একটি বলয়ের শীর্ষকার্বনের +30 nm

এর সাথে বহিঃস্থ C-এর দ্বিবন্ধনের জন্য

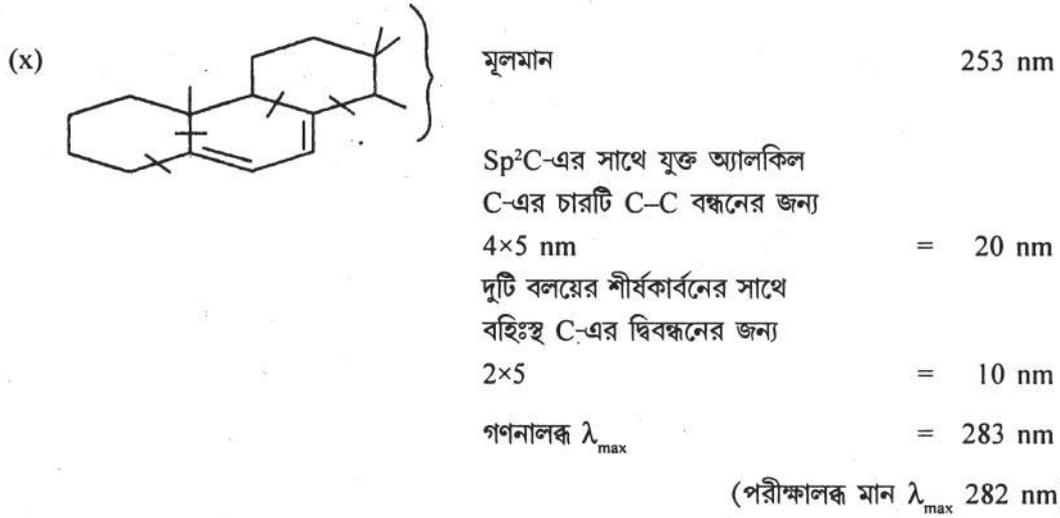
$Sp^2C$  এর সাথে যুক্ত অ্যালকিল C-এর = 5 nm

জন্য তিনটি C-C বন্ধনের জন্য  $3 \times 5$  nm = 15 nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 303 nm

## অনুশীলনী 7

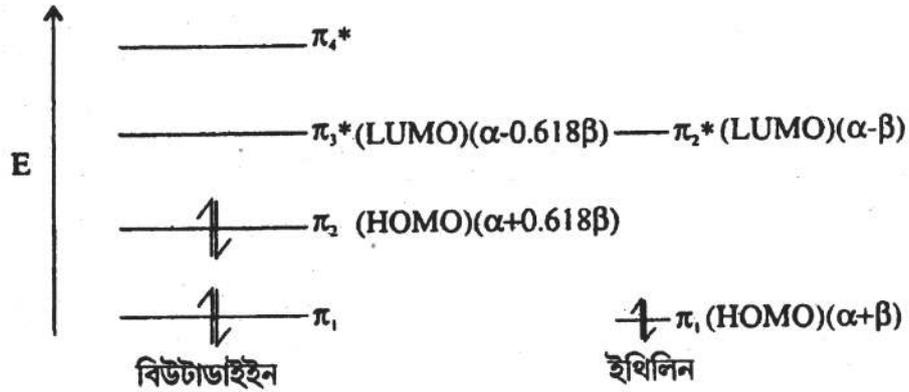
1.3 বিউটাডাইইনের ক্ষেত্রে UV আলোকরশ্মির সর্বোচ্চ শোষণ 217 nm ( $\epsilon$  21,000)-এ দেখা যায়, কিন্তু 1, 3, 5-হেক্সাট্রাইইনের ক্ষেত্রে 258 nm ( $\epsilon$  35,000)-এ দেখা যায় কেন? ব্যাখ্যা করুন।



### 7.6.2 অনুবন্ধ যৌগের UV রশ্মির শোষণ : (1) অনুবন্ধ পলিইন

আণবিক অরবিট্যাল তত্ত্ব (Molecular orbital (MO) theory) :

বিউটাডাইইনের  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ ,  $\pi_3^*$  এবং  $\pi_4^*$  এই চারটি  $\pi$ MO এর মধ্যে  $\pi_2$  হল—



HOMO এবং  $\pi_3^*$  হল LUMO। একইভাবে ইথিলিনের  $\pi$ MO দুটি হল যথাক্রমে  $\pi_1$  এবং  $\pi_2^*$ । বিউটাডাইইনের HOMO এর শক্তিমাত্রা হল  $\alpha + 0.618\beta$  এবং LUMO এর শক্তিমাত্রা হল  $\alpha - 0.618\beta$  অর্থাৎ বিউটাডাইইনে,

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}} &= (\alpha - 0.618\beta) - (\alpha + 0.618\beta) \\ &= \alpha - 0.618\beta - \alpha - 0.618\beta \\ &= -1.236\beta. \end{aligned}$$

এবং ইথিলিনের ক্ষেত্রে,

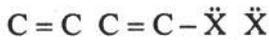
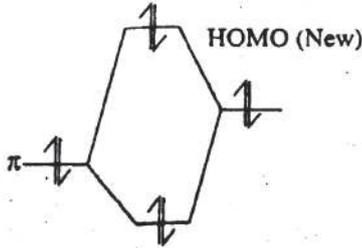
$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}} &= \alpha - \beta - (\alpha + \beta) \\ &= \alpha - \beta - \alpha - \beta \\ &= -2\beta\end{aligned}$$

উভয়ক্ষেত্রেই  $\beta$ -এর মান ঋণাত্মক। তাই বিউটাডাইনের  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  ইথিলিনের  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  চেয়ে কম। ফলে ইথিলিন অপেক্ষা বিউটাডাইনে ইলেকট্রন পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{\text{max}}$  দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

MO গণনা থেকে দেখা পাশাপাশি p-p মিথস্ক্রিয়ার (p- $\pi$  conjugation) ফলে MO শক্তিস্তরগুলি এরূপভাবে বিক্লিষ্ট হয় যে p-p মিথস্ক্রিয়ার (interaction) মাত্রা যত বৃদ্ধি পায় HOMO এবং LUMO স্তরের শক্তিমাত্রার পার্থক্য ততই হ্রাস পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  এর মান ক্রমশ দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়। p-p মিথস্ক্রিয়ার মাত্রা দু'ভাবে নিয়ন্ত্রিত হয়।

- 1) p-অরবিট্যালগুলো যদি সমান্তরাল অবস্থান থেকে বিচ্যুত হয় তাহলে পাশাপাশি p-p মিথস্ক্রিয়ার মাত্রা হ্রাস পায় এবং HOMO এবং LUMO স্তরের শক্তিমাত্রার পার্থক্য বৃদ্ধি পায়।
- 2) p-অরবিট্যালগুলোর সংখ্যা যত বৃদ্ধি পায় পাশাপাশি p-p মিথস্ক্রিয়ার মাত্রা ততই বাড়ে এবং HOMO-LUMO এর শক্তিমাত্রার পার্থক্য হ্রাস পায়।

নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনজোড় সম্পন্ন কোন পরমাণু বা গ্রুপ ইথিলিনীয় বন্ধনের সাথে যুক্ত থাকলে যেমন,  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \ddot{\text{X}}$  ধরনের যৌগের ক্ষেত্রে পাশাপাশি p-p মিথস্ক্রিয়ার ফলে  $\pi$ MO দু'টির শক্তিস্তর নিম্নরূপ হয়।

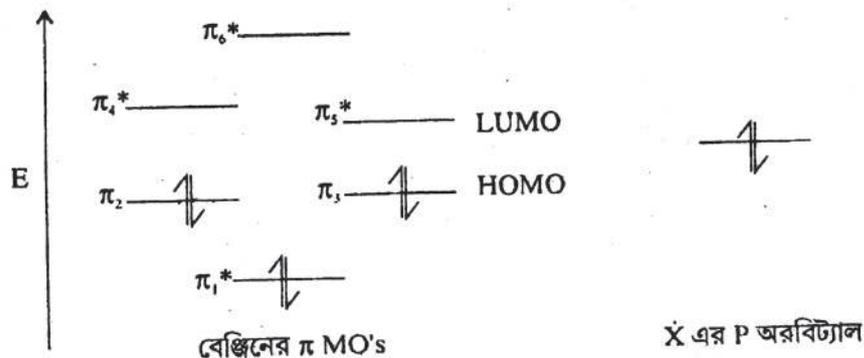


ইথিলিনের HOMO-LUMO শক্তিস্তরের পার্থক্যের তুলনায়  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \ddot{\text{X}}$  যৌগের HOMO-LUMO শক্তিস্তরের পার্থক্যমাত্রা কম হয়।

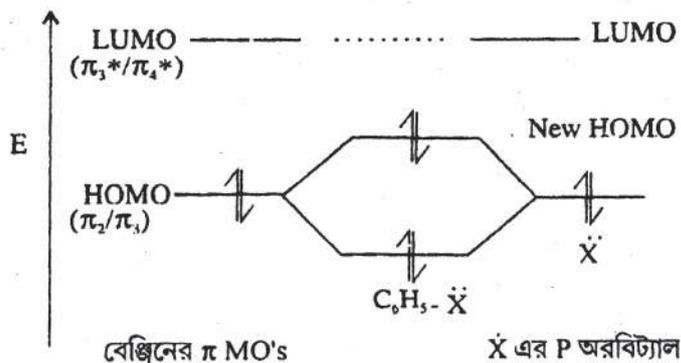
ফলে,  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \ddot{\text{X}}$  যৌগে ইলেকট্রন পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{\text{max}}$  ইথিলিনের চেয়ে দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

বেঞ্জিন বলয়ের সাথে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সম্পন্ন কোন পরমাণু বা গ্রুপ যুক্ত থাকলে যেমন,  $\text{C}_6\text{H}_5 - \ddot{\text{X}}$  ধরনের যৌগের ক্ষেত্রেও পাশাপাশি p-p মিথস্ক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত  $\pi$ MO শক্তিস্তরের চিত্র পূর্বে বর্ণিত নীতি অনুসরণ করে পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে বেঞ্জিনের HOMO গ্রুপের সাদৃশ্য  $\ddot{\text{X}}$  পরমাণু গ্রুপের n অরবিটালের সাথে অধিক পরিমাণে থাকে।

$\pi$ MO'S এবং p অরবিটালের মধ্যে মিথস্ক্রিয়া না হলে (অর্থাৎ শুধু বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে)



$\pi$ MO'S এবং p অরবিটালের মধ্যে মিথস্ক্রিয়া হলে :



$\ddot{X}$  এর p অরবিটালের সাথে বেঞ্জিনের  $\pi$ MO এর মিথস্ক্রিয়া অর্থাৎ p -  $\pi$  যুক্ততা (conjugation) না হলে বেঞ্জিনের HOMO-LUMO শক্তি পার্থক্যের তুলনায় মিথস্ক্রিয়া সম্পন্ন p -  $\pi$  যুক্ততার ক্ষেত্রে HOMO-LUMO শক্তি পার্থক্য কম হয়। ফলে ইলেকট্রন পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{\max}$   $C_6H_5 - \ddot{X}$  যৌগে বেঞ্জিনের তুলনায় দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়।

### অনুশীলনী ৪

UV বর্ণালি চিত্র বিশ্লেষণ করে নিচের যৌগগুলি কীভাবে শনাক্ত করবেন?

- (i) বেঞ্জাইল অ্যামিন এবং প্যারা-টলুইডিন
- (ii) 4-নাইট্রোফেনল এবং 4-নাইট্রো-3, 5 ডাইমিথাইলফেনল
- (iii) 4-হাইড্রোক্সি অ্যাসিটোফেনোন এবং 4-মিথোক্সি অ্যাসিটোফেনোন

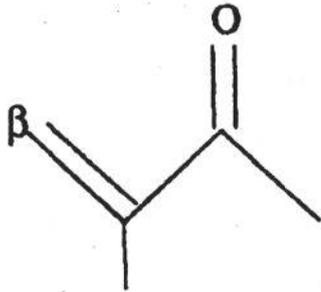
### 7.6.3 ইনোন (Enone)

অসম্পৃক্ত কার্বোনিল যৌগের ইথানল দ্রবণে  $\pi - \pi^*$  পরিবর্তিত উল্লেখযোগ্য শোষণমাত্রা বিশিষ্ট দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ( $\lambda_{\max}$ ) মান গণনার ক্ষেত্রে উডওয়ার্ডের নিয়ম নিম্নরূপ :

আণবিক গঠন	$\lambda_{\max}$ গণনার ভিত্তিগত মূলমান (base value)
মুক্ত শৃঙ্খল $\alpha, \beta$ অসম্পৃক্ত কিটোন $-C=C-C=O$ R	215 nm
অথবা, ছয় বা ততোধিক সদস্য বিশিষ্ট $\alpha, \beta$ -অসম্পৃক্ত কিটোন পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট $\alpha, \beta$ -অসম্পৃক্ত কিটোন	202 nm
$\alpha, \beta$ -অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইড $-C=C-C=O$ H	210 nm
$\alpha, \beta$ -অসম্পৃক্ত অ্যাসিড, এস্টার	196 nm

উপরোক্ত কাঠামোতে যুক্ত প্রতিস্থাপক	মূলমান থেকে বৃদ্ধি
(i) অনুবন্ধ অবস্থায় যুক্ত প্রতিটি দ্বিবন্ধনের ( $-C=C-$ ) জন্য (দ্বিবন্ধনটি Crossed conjugation অবস্থায় থাকলে $\lambda_{\max}$ এর বৃদ্ধি ঘটবে না)	+ 30 nm
(ii) উপরোক্ত দ্বিবন্ধনটি অন্তঃস্থ দ্বিবন্ধন যুক্ত বলয়ের মধ্যে অবস্থানের ফলে অনুবন্ধ ডাইন গঠন করলে	+ 39 nm
(iii) $-C=C-$ এর মান অবস্থান যদি বলয়স্থিত কার্বন এবং বহিঃস্থ কার্বনের মধ্যে হয় তাহলে এইরূপ প্রতিটি বলয় বহিঃস্থ দ্বিবন্ধনের জন্য	+ 5 nm
(iv) কার্বোনিল কার্বনের সাপেক্ষে : $\alpha Sp^2C$ এর সাথে যুক্ত প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের জন্য : $\beta Sp^2C$ এর সাথে যুক্ত প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের জন্য : $\gamma, \delta$ ইত্যাদি $Sp^3C$ এর সাথে যুক্ত প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের জন্য	+ 10 nm + 12 nm + 18 nm

কয়েকটি যৌগের  $\lambda_{\max}$  গণনার পদ্ধতি উদাহরণ হিসাবে নীচে দেওয়া হল :

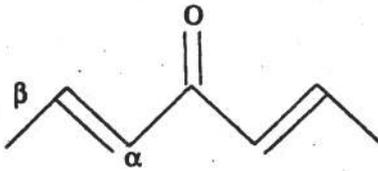


মূলমান (base value) = 215 nm

$\alpha$ sp<sup>2</sup>c এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +10 nm

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 225 nm



মূলমান = 215 nm

$\beta$ sp<sup>2</sup>c এ যুক্ত অ্যালকিন গ্রুপ +12 nm

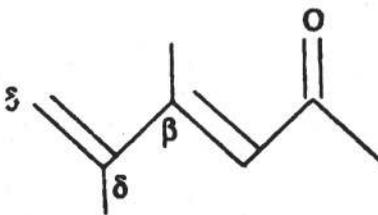
অপর দ্বিবন্ধনটি (-C=C-)

Crossed conjugated বলে

এর কোন অবদান নেই

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 227 nm



মূলমান = 215 nm

$\beta$ sp<sup>2</sup>c এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +12 nm

$\gamma$ sp<sup>2</sup>c এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +18 nm

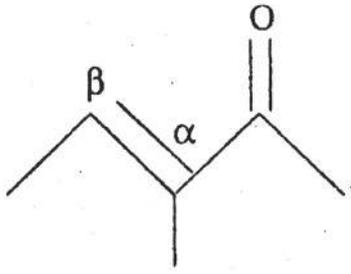
অতিরিক্ত দ্বিবন্ধনটি (-C=C-)

$\alpha$ ,  $\beta$  দ্বিবন্ধনের সাথে অনুবন্ধ

থাকার জন্য +30 nm

---

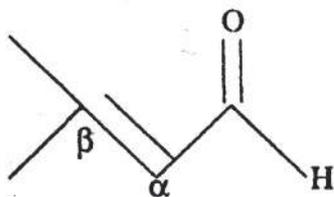
গণনালব্ধ  $\lambda_{\max}$  = 275 nm



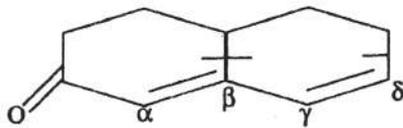
মূলমান	215 nm
$\alpha$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত অ্যালকিন গ্রুপ	+12 nm
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	237 nm



মূলমান	215 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ 2×12	+24 nm
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	239 nm

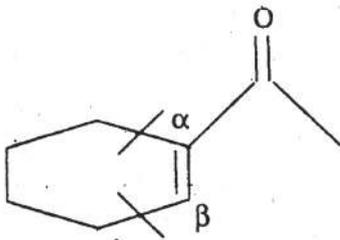


মূলমান	210 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ 2×12	+24 nm
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	234 nm

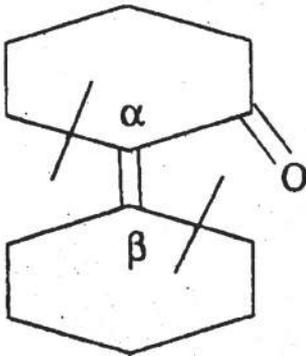


মূলমান	215 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c তে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+12 nm
$\delta$ sp <sup>2</sup> c তে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+18 nm
একটি অতিরিক্ত দ্বিবন্ধন (-C=C-) $\alpha, \beta$ দ্বিবন্ধনের সাথে	

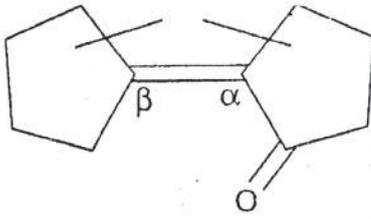
অনুবদ্ধ অবস্থায়	
থাকার জন্য	+30 nm
একটি বলয় বহিঃস্থ	
দ্বিবন্ধন	+5 nm
<hr/>	
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	280 nm



মূলমান	215 nm
$\alpha$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত	
অ্যালকিল গ্রুপ	+10 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত	
অ্যালকিল গ্রুপ	+12 nm
<hr/>	
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	= 237 nm

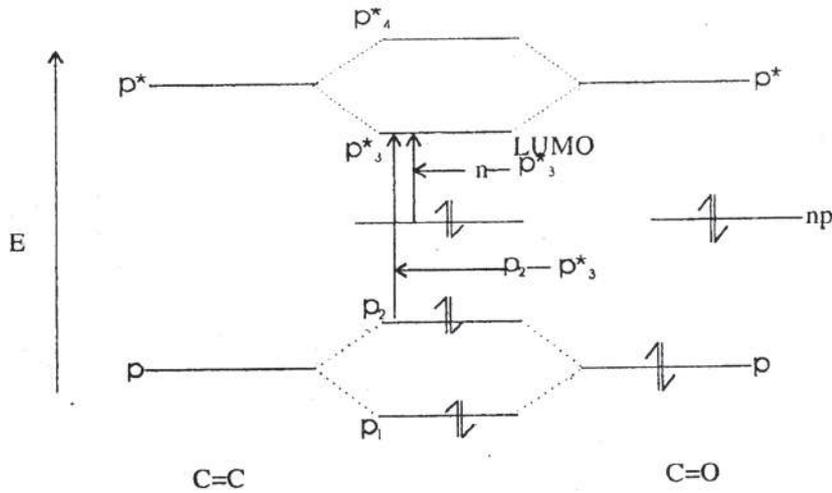


মূলমান	215 nm
$\alpha$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত	
অ্যালকিল গ্রুপ	+10 nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> c এ যুক্ত দুটি	
অ্যালকিল গ্রুপ 2×12 =	+24 nm
দুটি বলয় বহিঃস্থ দ্বিবন্ধন 2×5 =	+10 nm
<hr/>	
গণনালব্ধ $\lambda_{\max}$	= 259 nm



মূলমান	202 nm
$\alpha sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10 nm
$\beta sp^2c$ এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ $2 \times 12 =$	+24 nm
দুটি বলয় বহিঃস্থ দ্বিবন্ধন $2 \times 5$	+10 nm
গণনালব্ধ $\lambda_{max}$	= 246 nm

পরীক্ষালব্ধ ফল অনুযায়ী অ্যালকিলের  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর মান 165 nm এর কাছাকাছি হয়। সুতরাং কার্বোনিল গ্রুপে ইলেকট্রন আকর্ষী পরমাণু অক্সিজেনের উপস্থিতির জন্য  $C=O$  তে  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর মান 165 nm অপেক্ষা বেশি হয়। কিন্তু,  $\alpha, \beta$  অসংপৃক্ত কার্বোনিল যৌগের ক্ষেত্রে  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর উপর কীটো গ্রুপের প্রভাব কিরূপ তা নিচে আলোচনা করা হল।



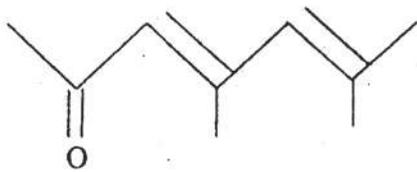
এখানে  $C=O$  গ্রুপের উপস্থিতিতে অ্যালকিলের  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\Delta E$  এর মান  $C=O$  গ্রুপের অনুপস্থিতিতে  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\Delta E$  মান অপেক্ষা কম হয়। ফলে,  $C=O$  গ্রুপের প্রভাবে অ্যালকিলের  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$  এর মান বৃদ্ধি পায়। অনুবন্ধ কার্বোনিল যৌগে অ্যালকিল অংশের  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত

$\lambda_{\max}$  ছাড়াও কার্বোনিল অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনের জন্য  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{\max}$  দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে খুব কম শোষণমাত্রায় (কম  $\epsilon$ ) গঠিত হয়।

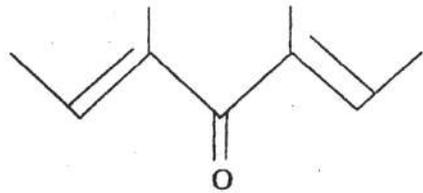
### অনুশীলনী 9

নীচের যৌগগুলিকে UV-বর্ণালির দ্বারা কীভাবে পৃথক করবেন?

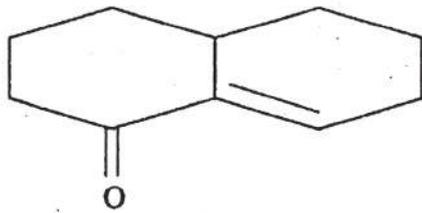
(i)



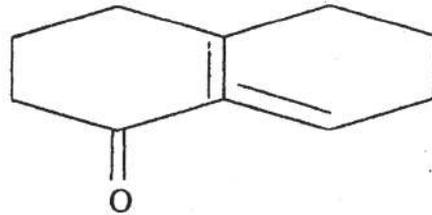
এবং



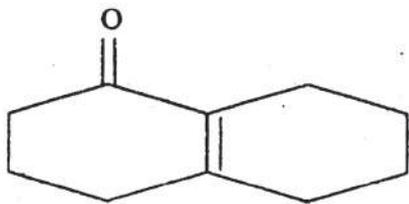
(ii)



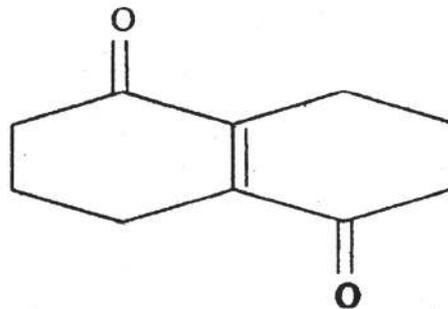
এবং



(iii)



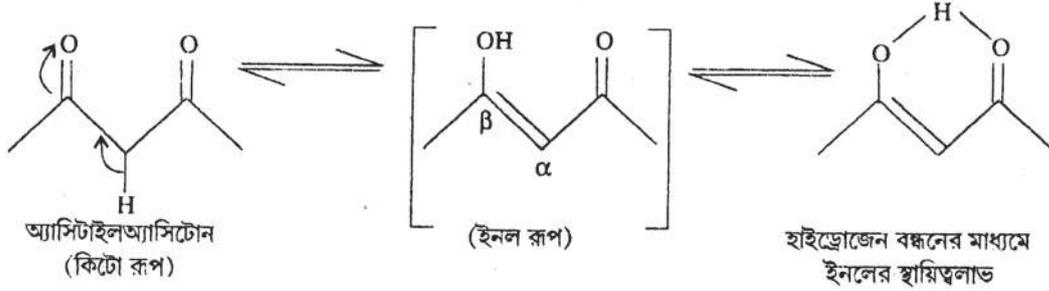
এবং



(প্রতিক্ষেত্রে UV-দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_{\max}$  গণনা করুন)

### 7.6.4 β ডাইকিটোন (β-Diketone)

পেন্টেন 1, 3 ডাইওন যৌগটি কিটো ও ইনল এই দুটি টটোমারের সাম্যমিশ্রণ রূপে অবস্থান করে।



UV বর্ণালি ইনোলাইজেশন মাত্রার উপর নির্ভর করে।

উপরের উদাহরণে জলীয় দ্রবণে প্রায় 15% ইনল রূপে এবং অপ্রবীয়া দ্রাবক যেমন, n হেক্সেনে (non-polar solvent) প্রায় 90% ইনলরূপে অবস্থান করে।

এখানে কিটো রূপটি প্রায় UV-নিষ্ক্রিয় (inactive) এবং ইনল রূপটি UV-সক্রিয় (active)। ইনল রূপটি হল  $\alpha, \beta$ -অসংপৃক্ত কিটো যৌগ।

$\pi - \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{max}$ -এর গণনা

এর মূল মান	215 nm
$sp^2$ -এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+12 nm
$sp^2$ -এ যুক্ত OH গ্রুপ	+30 nm

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{max} = 257 \text{ nm}$

জলীয় দ্রবণে এর পরীক্ষালব্ধ মান  $\lambda_{max} = 274 \text{ nm}$  [ $\epsilon$  2000 (প্রায়)]

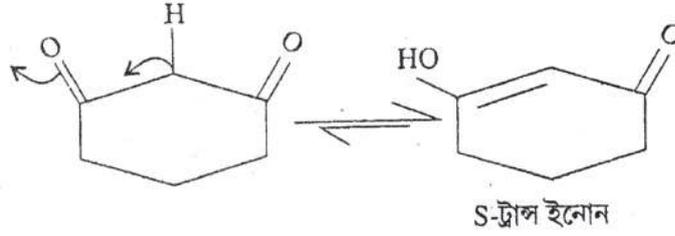
হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে ইনলের স্থায়িত্বলাভের জন্য  $\lambda_{max}$ -এ মান বেড়েছে।

n-হেক্সেন দ্রাবকে যৌগটির দ্রবণ প্রস্তুত করে UV বর্ণালি বিশ্লেষণ করলে  $\lambda_{max}$  এর মান খুব একটা বেশি পরিবর্তিত ( $\lambda_{max}$  272 nm) না হলেও  $\lambda_{max}$  এ শোষণমাত্রা অনেক বেশি ( $\epsilon$  12,000)।

এর কারণ, জলীয় দ্রবণে যৌগটির ইনলের মাত্রা কেবলমাত্র 15% (প্রায়) কিন্তু n-হেক্সেন দ্রবণে এর ইনলের মাত্রা 90% (প্রায়)

$$\frac{\epsilon_{\text{জল}}}{\epsilon_{\text{n-হেক্সেন}}} = \frac{\text{জলীয় দ্রবণে ইনলের গাঢ়ত্ব}}{\text{n-হেক্সেনে ইনলের গাঢ়ত্ব}} = \frac{1}{6}$$

বৃত্তীয়  $\beta$ - ডাইকিটোন যেমন, 1, 3-সাইক্লোহেক্সেনডাইওন সর্বদাই এমনকি ধ্রুবীয় দ্রাবকেও (polar solvent) ইনলরূপে অবস্থান করে।



S ট্রান্স ইনোন  $\pi \rightarrow \pi^*$  পরিবৃত্তিজনিত শোষণ UV-বর্ণালি চিত্রে  $\lambda_{\max}$  ইথানল 253 nm ( $\epsilon$  22,000) প্রদর্শন করে।

ক্ষারীয় দ্রবণে  $\lambda_{\max}$  এর মান আরও বেড়ে গিয়ে 270-300 nm দেখায়।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

---

### অনুশীলনী 10

---

অ্যাসিটোনের অ্যালডল কনডেনসেশনে উৎপন্ন পদার্থের নিরূপণে দুটি সমাবয়বী যৌগ উৎপন্ন হয়। UV বর্ণালি বিশ্লেষণের সাহায্যে আপনি কীভাবে এগুলির পার্থক্য নিরূপণ করবেন।

---

### অনুশীলনী 11

---

একটি যৌগ  $C_6H_8O$  আয়োডাফর্ম পরীক্ষা প্রতিপাদনে অক্ষম। নিম্নলিখিত বর্ণালি তথ্যের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ যৌগটির গঠনবিন্যাস নির্ণয় করুন।

$\lambda_{\max}$  ইথানল 228 nm ( $\epsilon$  7900)

# **NMR SPECTROSCOPY**

## 7.7 NMR বর্ণালিবিদ্যা (NMR Spectroscopy)

NMR বর্ণালিবিদ্যা সেই সমস্ত পরমাণুকেন্দ্রিক (nucleus) নিয়ে আলোচনা করে যেগুলি ক্ষুদ্র দণ্ড চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে।

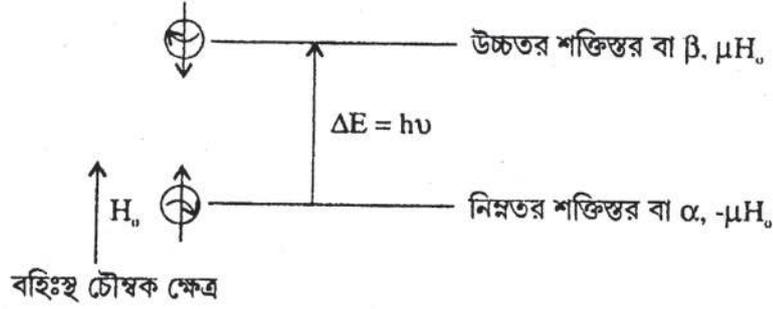
ইলেকট্রনের মত পরমাণুকেন্দ্রিকের প্রোটন, নিউট্রন কণাগুলি নিজ নিজ অক্ষের চারপাশে লাটুর মত ঘুরতে থাকে। একে ঘূর্ণনগতি (spinning motion) বলে। হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রিক, অর্থাৎ একটি প্রোটনে যখন তার অক্ষের চারপাশে ঘোরে তখন প্রোটন অর্থাৎ একটি ধনাত্মক আধানযুক্ত তড়িতের আবর্তনের ফলে ঘূর্ণন অক্ষের সমান্তরাল অভিমুখে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। অন্যকথায় বলা যায় যে, ঘূর্ণায়মান প্রোটন একটি ক্ষুদ্র দণ্ড চুম্বকের মত আচরণ করে। কোন্ কোন্ পরমাণুকেন্দ্রিকে এই ধর্ম দেখা যায়?

যে সমস্ত পরমাণুকেন্দ্রিকে প্রোটন এবং/অথবা নিউট্রন অযুগ্ম সংখ্যায় অবস্থান করে সেই পরমাণুকেন্দ্রিকগুলিতে এই চৌম্বক ধর্ম দেখা যায়। যেমন,

পরমাণুকেন্দ্রিক	প্রোটন + নিউট্রন সংখ্যা	ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা, I	
হাইড্রোজেন	$1H_1$	$1 + 0 = 1$ (অযুগ্ম)	$\frac{1}{2}$
কার্বন	$12C_6$	$6 + 6 = 12$ (যুগ্ম)	0 (শূন্য)
কার্বন	$13C_6$	$6 + 7 = 13$ (অযুগ্ম)	$\frac{1}{2}$
নাইট্রোজেন	$14N_7$	$7 + 7 = 14$ (যুগ্ম)	1
অক্সিজেন	$16O_8$	$8 + 8 = 16$ (যুগ্ম)	0 (শূন্য)
ফ্লুরিন	$19F_9$	$9 + 10 = 19$ (অযুগ্ম)	$\frac{1}{2}$

স্বাভাবিক অবস্থায় এই দণ্ডচুম্বকগুলির চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ এলোমেলোভাবে সমস্ত সম্ভাব্য দিকে বিন্যস্ত থাকে। কিন্তু এরূপ অবস্থায় বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করলে, ঘূর্ণায়মান প্রোটনের চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে এর প্রতিক্রিয়ার ফলে দণ্ড চুম্বকের অক্ষ বিশেষ দিকে বিন্যস্ত হয়। কোন পরমাণুকেন্দ্রিক বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে কতগুলি বিন্যাস (orientation) পেতে পারে, সে সম্পর্কে কোয়ান্টাম সীমাবদ্ধতা (quantum restriction) আছে।

কোয়ান্টাম মেকানিক্যাল তত্ত্ব অনুসারে, ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা = I হলে মোট বিন্যাসের সংখ্যা হবে =  $2I + 1$  অর্থাৎ, যখন  $I = 0$  (শূন্য) তখন বিন্যাসের মান হবে 1। এইভাবে, যখন  $I = \frac{1}{2}$  তখন বিন্যাসের সংখ্যা = 2। আবার,  $I = 0$  হলে, বিন্যাসের সংখ্যা 3 হবে। প্রোটনের ক্ষেত্রে বিন্যাস সংখ্যা = 2 অর্থাৎ বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি ঘূর্ণায়মান প্রোটন কর্তৃক উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখী এবং বিপরীতমুখী হয়। অভিমুখী ও বিপরীতমুখী অবস্থানের শক্তিস্তর দুটি হল :



এখন, ঘূর্ণায়মান হাইড্রোজেন পরমাণু কেন্দ্রকের চৌম্বক ভ্রামক (magnetic moment),  $\mu$  (মিউ) এবং বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য (intensity)  $H_0$  হলে প্রতিক্রিয়া শক্তি (energy of interaction)  $= \mu H_0$   
 $h =$  প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক  $\gamma =$  পৌনঃ পুন্য (Frequency বা কম্পাঙ্ক) অতএব,  $\Delta E = h\gamma = \mu H_0 - (-\mu H_0) = 2\mu H_0$ ।

$\therefore \gamma = \left(\frac{2\mu}{h}\right) H_0$  যদি আমরা ভালোভাবে পর্যবেক্ষণ করি তাহলে দেখতে পাবো যে,  $H_0$  প্রাবল্য বিশিষ্ট বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের উপস্থিতিতে ঘূর্ণায়মান প্রোটনের নিজস্ব ঘূর্ণনের সাথে সাথে ঘূর্ণন অক্ষটিও উল্লম্ব অক্ষের চারপাশে ঘুরছে। অর্থাৎ ঘূর্ণন অক্ষপ্রযুক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখে চারপাশে আবর্তিত হচ্ছে। অক্ষের এরূপ ঘূর্ণনকে ঘূর্ণাবর্তে আবর্তন গতি (precessional motion) বলে। কোন একটি প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্ক  $\gamma$  (নিও) বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য,  $H_0$  এর সাথে সমানুপাতিক হয়।

অর্থাৎ,  $\gamma \propto H_0$

বা,  $\gamma =$  ধ্রুবক  $H_0$

$$\text{বা, } \gamma = \frac{2\mu}{h} H_0$$

এভাবে, বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে কোন কেন্দ্রকের একক সময়ে ঘূর্ণন সংখ্যা কম্পাঙ্কের (spinning frequency) মানের আদৌ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু একক সময়ে ঘূর্ণন অক্ষের আবর্তন সংখ্যা অর্থাৎ ঘূর্ণাবর্তে আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্ক (precessional frequency),  $\gamma$ -এর মানের পরিবর্তন হয়।

আবার  $\mu = \gamma \times$  ঘূর্ণন কৌণিক ভ্রামক (spin angular momentum)

$$\therefore \mu = \gamma \times \frac{h}{2\pi} \cdot I$$

যেখানে  $\gamma$  হল জাইরোম্যাগটিক অনুপাতে অথবা

ম্যাগনেটোজাইরিক অনুপাত এবং এর মান হল

$\gamma = 26753$  রেডিয়াম প্রতি সেকেন্ড প্রতি গস্,

$$\text{প্রোটনের ক্ষেত্রে } I = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \mu = \gamma \times \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\text{আমরা জানি যে, } \gamma = \frac{2\mu}{h} H_0$$

এই সমীকরণে  $\mu$  এর মান বসালে,

$$\gamma = \frac{2\gamma \cdot h}{2\pi \cdot 2h} H_0$$

$$\gamma = \frac{\gamma}{2\pi} \cdot H_0$$

একটি সুনির্দিষ্ট প্রোটন 1.4 তেসলা (Tesla) (1 তেসলা  $\cong$  10,000 গস) প্রাবল্য বিশিষ্ট বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে রাখলে প্রোটনটির ঘূর্ণাবর্তে আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান হবে :

$$\gamma = \frac{26753 \text{ Radian সেকেন্ড}^{-1} \text{ গস}^{-1}}{2 \times 3.142} \times 14092 \text{ গস}$$

$$59.99 \times 10^6 \text{ রেডিয়ান সেকেন্ড}^{-1}, \text{ (বা হার্জ)}$$

$$= 60 \text{ MHz}$$

এরূপে বিভিন্ন প্রাবল্যের বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মানগুলি হল :

চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য, $H_0$ (তেসলা)	1.4	2.1	2.3	5.1	5.8	7.1
ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্ক, $\gamma$ (MHz)	60	90	100	220	250	300

ঘূর্ণায়মান পরমাণুকেন্দ্রক চৌম্বকধর্ম প্রদর্শন করে এবং বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি প্রাপ্ত হয়। এই গতির ফলে উদ্ভূত তরঙ্গ এবং প্রদত্ত রেডিও তরঙ্গের মধ্যে রেজোন্যান্স সম্পাদিত হয়। এই ঘটনাকে নিউক্লিয়ার ম্যাগনেটিক রেজোন্যান্স (Nuclear Magnetic Resonance) বা সংক্ষেপে NMR বলা হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রকের (প্রোটন) ক্ষেত্রে এক প্রোটন ম্যাগনেটিক রেজোন্যান্স (Proton Magnetic Resonance) বা সংক্ষেপে PMR অথবা  $^1\text{H}$  NMR বলে। এই ঘটনার সময় পরমাণুকেন্দ্রক কর্তৃক রেডিও তরঙ্গ শোষিত হয় এবং শোষণ প্রক্রিয়াটি NMR বর্ণালি চিত্রে সিগন্যালের আকারে দেখা যায়।

উচ্চতর শক্তিস্তর থেকে নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটনের অবনমনের সময় প্রোটন কর্তৃক এক কোয়ান্টাম শক্তি মোচিত হয়। কোন অণুর মধ্যে যদি কোন নির্দিষ্ট প্রকৃতির প্রোটন সংখ্যা উচ্চতর এবং নিম্নতর শক্তিস্তরে সমান হয় তাহলে কোনও একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে শোষিত ও মোচিত কোয়ান্টাম শক্তি সমান সমান হয়। এর ফলে কোন নীট শোষণ না হওয়াই উচিত। কিন্তু বাস্তবে এই দুটো শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যা সমান হয় না। বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যা কিছুটা বেশি থাকে।

বোলজম্যানের বণ্টন সূত্র (Boltzman distribution law) অনুযায়ী উচ্চতর ও নিম্নতর শক্তিস্তরের পার্থক্য,  $\Delta E = N_0 h \nu$

যেখানে,  $N_0$  = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

$h$  = প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক

$\gamma$  = ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্ক

$\Delta E$  এর মান যত বেশি হয় উচ্চতর শক্তিস্তরের তুলনায় নিম্নস্তর শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যা ততই বৃদ্ধি পায়।

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, 14,092 গস্ প্রাবল্য বিশিষ্ট টৌস্বকক্ষেত্রে ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান প্রায় 60 MHz হলে  $\Delta E$  এর মান হয় :  $\Delta E = 6.023 \times 10^{23} \times 6.627 \times 10^{-27} \times 60 \text{ MHz}$

$$= 0.0057\text{- ক্যালমোল}$$

অর্থাৎ,  $\Delta E$  এর মান খুব কম হয়।

যেহেতু তাপের প্রভাবে উচ্চতর ও নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যা সাম্যতা ঘটে থাকে তাই বোলজম্যানের সমীকরণ প্রয়োগ করলে উভয়স্তরের আপেক্ষিক প্রোটন সংখ্যা জানা যায়।

$$\frac{N_\beta}{N_\alpha} = e^{\Delta E / kT = 0.999}$$

এখানে, নিম্নস্তরে প্রোটন সংখ্যা =  $N_\alpha$  এবং উচ্চস্তরে প্রোটন সংখ্যা।  $N_\beta$  = একইভাবে, 60 MHz প্রাবল্য বিশিষ্ট বহিঃস্থ টৌস্বকক্ষেত্রে প্রতি দশ লক্ষ প্রোটনের মধ্যে উচ্চস্তর অপেক্ষা নিম্নস্তরে প্রায় 7 টি প্রোটন বেশি থাকে।

নিম্নতর শক্তিস্তরের প্রোটনগুলো রেডিও তরঙ্গ শোষণ উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত হয়। ফলে রেডিও তরঙ্গের উপস্থিতিতে প্রোটনের নিম্নতর শক্তিস্তর থেকে উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নয়নের হার স্বভাবতই বেশি। আবার উচ্চতর শক্তিস্তর থেকে নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটনের অবনমনের হার কম হলে এমন একটি সময় আসবে যখন উভয় শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যা সমান হয়ে যাবে এবং সামগ্রিকভাবে কোন রেডিও তরঙ্গ শোষিত হবে না। বাস্তবে কিন্তু এরূপ ঘটনা ঘটে না।

উচ্চতর শক্তিস্তর থেকে প্রোটন কর্তৃক শক্তি মোচিত হয়ে নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটনের অবনমনের প্রক্রিয়াটি একাধিক উপায়ে সম্পাদিত হয় এবং নিম্নতর শক্তিস্তরে প্রোটন সংখ্যার আধিক্য বজায় থাকে। এই প্রক্রিয়াটিকে শ্লথক (Relaxation) প্রক্রিয়া বলে।

**শ্লথন (Relaxation) প্রক্রিয়া :**

(1) ঘূর্ণন-কাঠামো শ্লথন পদ্ধতি (spin-lattice relaxation process) : উচ্চতর শক্তিস্তরের পারিপার্শ্বিক পরিবেশে যাদের মধ্যে তড়িৎ-চুম্বকীয় ধর্ম বর্তমান থাকে পরিবেশের সেই সব বস্তু  $\gamma = \Delta E$  পরিমাণ শক্তি শোষণ করে। যেমন, কাছাকাছি দ্রাবক অণু থাকলে অনবরত স্পন্দন ও ঘূর্ণনের ফলে তড়িৎ ও চুম্বকীয় ক্ষেত্রের পরিবর্তন ঘটে। পরিবর্তনশীল তড়িৎ ও চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের বিভিন্ন বিন্যাসের মধ্যে উপযুক্ত বিন্যাসে এক কোয়ান্টাম শক্তি শোষিত হয়। আবার পরমাণুকেন্দ্রকটি পরীক্ষাধীন অণুর নিজেরই স্পন্দন, ঘূর্ণন ইত্যাদির ফলে উপরোক্ত শক্তি শোষিত হয়। এর ফলে মোচিত রেডিও তরঙ্গের তাপে রূপান্তর ঘটে। এই প্রক্রিয়াকে ঘূর্ণন-কাঠামো

শ্লথন প্রক্রিয়া বলে। এখানে কাঠামো (lattice) বলতে প্রোটনের পারিপার্শ্বিক সমগ্র কাঠামোকে (অর্থাৎ পরীক্ষাধীন) অণুর অন্যান্য পরমাণু সমবায়, পারিপার্শ্বিক অন্যান্য অণু, দ্রাবক অণু ইত্যাদি) বোঝায়।

(2) ঘূর্ণন-ঘূর্ণন শ্লথক পদ্ধতি (Spin-spin relaxation process) :

এক্ষেত্রে যখন একটি পরমাণুকেন্দ্রক শক্তি মোচন করে তখন অন্য একটি পরমাণুকেন্দ্রক শক্তি শোষণ করে।

উপরোক্ত শ্লথন প্রক্রিয়ার হার বিশেষতঃ ঘূর্ণন-কাঠামো শ্লথন প্রক্রিয়ার হার নিম্নতর শক্তিস্তরের প্রোটন সামগ্রিকভাবে রেডিও তরঙ্গ কী হারে শোষণ করে তার উপর নির্ভর করে।

শ্লথন প্রক্রিয়া যদি খুব দ্রুতগতি সম্পন্ন হয় তবে পারিপার্শ্বিক অণু বা পরমাণু সমবায়ের তড়িৎ ও চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে ঘূর্ণয়মান প্রোটন কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের প্রতিক্রিয়ার প্রভাব খুব বেশি হয়। এক্ষেত্রে বিভিন্ন মুহূর্তে ভিন্ন ভিন্ন বিন্যাসজনিত প্রতিক্রিয়ার প্রভাব কম মাত্রায় হলেও ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির হয়। ফলে ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান সুনির্দিষ্ট না হয়ে খুব কাছাকাছি ভিন্ন ভিন্ন মানের হয়। অর্থাৎ NMR বর্ণালি চিত্রে প্রোটনটি ব্যাপ্তি সিগনাল (broad signal) রূপে দেখা যায়। আবার শ্লথন প্রক্রিয়া যদি খুব ধীরগতি সম্পন্ন হয় তাহলে পরিবেশের তড়িৎ ও চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে ঘূর্ণনশীল প্রোটন কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে প্রতিক্রিয়া প্রতিমুহূর্তে ধ্রুবকমাত্রায় উপস্থিত থাকে। এর ফলে ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত প্রোটনের কম্পাঙ্কের মান নির্দিষ্ট হয় এবং NMR বর্ণালিচিত্রে তীক্ষ্ণ সিগন্যাল (sharp signal) দেখা যায়।

7.7.1 রাসায়নিক সরণ (Chemical shift) :

কোন অণুর হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে অণুর ইলেকট্রনীয় ও অন্যান্য পরমাণুকেন্দ্রকের পরিবেশ থেকে বিচ্ছিন্ন করে যদি আলাদা আলাদাভাবে একই প্রাবল্যমাত্রার কোন বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে রাখা হয় তবে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রক অর্থাৎ প্রোটন একই ঘূর্ণাবর্ত-আবর্তন গতিতে আবর্তিত হবে এবং একই কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রেজিও তরঙ্গ শোষণ করে।  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে একই জায়গায় সিগন্যাল দেখাবে। বাস্তবে এই বিচ্ছিন্ন প্রোটনগুলি কিন্তু অণুর মধ্যে বিভিন্ন ইলেকট্রনীয় ও অন্যান্য পরমাণুকেন্দ্রকের পরিবেশে অর্থাৎ ভিন্ন ভিন্ন রাসায়নিক পরিবেশে থাকার ফলে পরিবেশের তড়িৎ ও চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের সাথে বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রতিক্রিয়া ঘটে এবং প্রোটনের উপর ভিন্ন প্রাবল্য মাত্রা অনুভূত হয়। এর ফলে ভিন্ন ভিন্ন পরিবেশের প্রোটনগুলির ভিন্ন ভিন্ন ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্কের (precessional frequency) মানও ভিন্ন ভিন্ন হবে এবং ভিন্ন ভিন্ন কম্পাঙ্কের রেডিও তরঙ্গ শোষণ করে।  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে ভিন্ন ভিন্ন জায়গায় সিগন্যাল দেখাবে। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে বহিঃস্থ কোন নির্দিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্কের চরম (absolute) মান নির্ণয় করা যায় না। একটি বিশেষ পরমাণুকেন্দ্রকের সাপেক্ষে পরীক্ষাধীন যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রকের বা প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত মান নির্ণয় করা হয়। সাধারণত টেট্রামিথাইল সাইলেন,  $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$  (TMS) যৌগটিকে সার্বজনীন নির্দেশ যৌগ (reference compound) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। টেট্রামিথাইল সাইলেন (TMS) যৌগটির ব্যবহারে সুবিধাগুলি হল :

- (i) যৌগটি রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, প্রতিসম এবং উদারীয় (স্ফুটনাঙ্ক  $27^\circ$  সে.) এবং যে কোন জৈবদ্রাবকে দ্রব্য।
- (ii) খুব অল্প গাঢ়ত্ব মাত্রাতেই (প্রায় 1%)  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালি চিত্রের একেবারে ডানদিকে উচ্চ শোষণ

মাত্রায় তীক্ষ্ণ সিগন্যাল গঠন করে।

- (iii) যৌগটির সব কটি হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রক সদৃশ।
- (iv) যৌগটিতে কার্বনের তুলনায় সিলিকন অনেক বেশি পরাতড়িৎধর্মী বলে মিথাইল গ্রুপগুলিকে ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা বেশি, যার ফলে হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রকগুলির উপর ইলেকট্রন আচ্ছাদন (shielding) বৃদ্ধি পায়। এই আচ্ছাদনের মান খুব বেশি হয় বলে অন্যান্য জৈব যৌগের বিভিন্ন হাইড্রোজেন পরমাণুকেন্দ্রক অপেক্ষা উচ্চতর চৌম্বকক্ষেত্রে রেডিও তরঙ্গ শোষণ প্রদর্শন করে।
- (v) যৌগটি নিম্ন স্ফুটনাঙ্কের হয় বলে  $^1\text{H}$  NMR চিত্র গ্রহণ করার পর পরীক্ষাধীন মূল্যবান জৈব যৌগ থেকে অল্প তাপ প্রয়োগে TMS কে সহজেই দূরীভূত করা যায়।

একই মূলনীতি অনুসরণ করে দুটো ভিন্ন পদ্ধতিতে  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্র গঠন করা হয়।

প্রথম পদ্ধতিতে, TMS মিশ্রিত জৈব যৌগের দ্রবণ একটি পরীক্ষানলে নিয়ে পরীক্ষানলটিকে একটি H প্রাবল্য বিশিষ্ট বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে রাখা হয়। এর ফলে যৌগে উপস্থিত প্রোটিন (গুলি)-এর মধ্যে ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি সৃষ্টি হয়। এরপর মিশ্রণের মধ্যে রেডিও তরঙ্গ পাঠানো হয়। যে সব প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্কের মান রেডিও তরঙ্গের কম্পাঙ্কের মানের সাথে সমান হয় সেই সব প্রোটন উক্ত রেডিও তরঙ্গ শোষণ করে। ডিটেক্টর (Detector) দ্বারা শোষণ চিত্রটি  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে সিগন্যাল আকারে দেখা যায়।

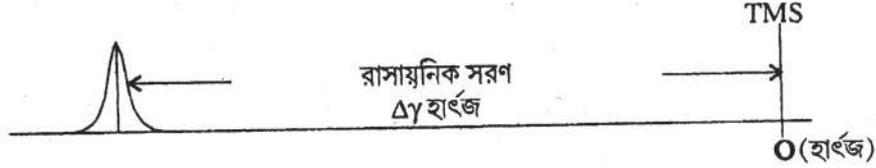
দ্বিতীয় পদ্ধতিতে TMS মিশ্রিত জৈব যৌগের দ্রবণটিকে একটি পরীক্ষানলে নিয়ে পরীক্ষানলটিকে একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট (যেমন— 60, 90, 100 300 MHz ইত্যাদি) রেডিও তরঙ্গের প্রবাহের মধ্যে রাখা হয়। এর পর মিশ্রণের উপর বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয় এবং চৌম্বক প্রাবল্য ধীরে ধীরে পরিবর্তন করা হয়। চৌম্বকপ্রাবল্য হ্রাস-বৃদ্ধির সাথে প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মানের ও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। এই ভাবে চৌম্বক প্রাবল্য হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান যখন রেডিও কম্পাঙ্কের মানের সমান হয় তখন উক্ত প্রোটন কর্তৃক রেডিও তরঙ্গ দ্বারা শোষিত হয় এবং ডিটেক্টর দ্বারা এই শোষণ প্রক্রিয়াটি  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে সিগন্যালের আকারে দেখা যায়। স্বাভাবিক কারণেই চৌম্বক বিচারে ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির প্রোটন ভিন্ন ভিন্ন প্রাবল্যমাত্রায় বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে রেডিও তরঙ্গ শোষণ করে ভিন্ন ভিন্ন সিগন্যাল প্রদর্শন করে।

দ্বিতীয় পদ্ধতিটিই হল বহুল প্রচলিত পদ্ধতি।

$^1\text{H}$  NMR স্কেলচিত্রে চৌম্বক প্রাবল্যকে X অক্ষ এবং শোষণ মাত্রাকে Y অক্ষ ধরা হয়। চৌম্বক শক্তি X অক্ষের বাম থেকে ডানদিকে বরাবর ক্রমশ বাড়তে থাকে। বহিঃস্থ চৌম্বক প্রাবল্য এবং প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন গতি জনিত কম্পাঙ্ক পরস্পর সমানুপাতিক বলে X-অক্ষটি কম্পাঙ্ক পরিবর্তনের অক্ষ হিসাবেও বিবেচনা করা যেতে পারে।

X-অক্ষের বামদিকের অঞ্চলকে নিম্নতর চৌম্বকপ্রাবল্যক্ষেত্র (down field) এবং ডানদিকের অঞ্চলকে উচ্চতর প্রাবল্যক্ষেত্র (upfield) অঞ্চল বলে। TMS এর সিগন্যালের অবস্থান প্রায় সকল প্রকার জৈবযৌগের

প্রোটনের সিগন্যালের অবস্থানের ডানদিকে অর্থাৎ উচ্চতর প্রাবল্যক্ষেত্রে গঠিত হয়। নির্দেশ যৌগ TMS এর প্রোটনের সিগন্যালের অবস্থানের সাপেক্ষে জৈবযৌগের প্রোটনের সিগন্যালের অবস্থান রাসায়নিক সরণ (chemical shift),  $\delta$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। TMS এর প্রোটনগুলির সিগন্যালের অবস্থানের মান শূন্য ধরা হয়। এই শূন্য মানের সাপেক্ষে ভিন্ন রাসায়নিক পরিবেশে অন্য প্রোটনের রেজোন্যান্স কম্পাঙ্কের ঐ প্রোটনের রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  বলে।



$$\text{রাসায়নিক সরণ} = \frac{\text{TMS প্রোট সিগন্যালের ব্যবধান, } \Delta\gamma \text{ (হার্জ)}}{\text{যন্ত্রে ব্যবহৃত রেডিও কম্পাঙ্ক (হার্জ)}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

অর্থাৎ, প্রতি দশ লক্ষ ভাগ (এক মিলিয়ন) প্রাবল্য বিশিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে নির্দেশ যৌগ TMS-এর প্রোটনের সাপেক্ষে ভিন্ন গঠন গত পরিবেশে নির্দিষ্ট প্রোটনের রেজোন্যান্স কম্পনে সরণকে যৌগের ঐ প্রোটনের রাসায়নিক সরণ বলে।

রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  একটি মাত্রাহীন (dimensionless) একক।

ইহা NMR যন্ত্রের চৌম্বকক্ষেত্রের উপর নির্ভর করে না।

যেমন, প্রযুক্ত 60 MHz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রেডিও তরঙ্গের ক্ষেত্রে সাধারণ শোষণমাত্রা অর্থাৎ  $\Delta\gamma$  এর মান ০ (শূন্য) থেকে 600 Hz পর্যন্ত বিস্তার লাভ করে, তাই রাসায়নিক সরণের সংজ্ঞানুযায়ী,

$$\delta = \frac{\Delta\gamma \text{ (Hz)}}{\text{প্রযুক্ত রেডিও কম্পাঙ্ক (Hz)}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$\delta = \frac{0\text{Hz}}{60\text{MHz}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$= \frac{0\text{Hz}}{60 \times 10^6 \text{Hz}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

০ (শূন্য) ppm

$$\text{আবার, } \delta = \frac{600\text{Hz}}{60 \times 10^6 \text{Hz}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$= 10 \text{ ppm}$$

অর্থাৎ, 60 MHz NMR যন্ত্রে রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  এর মান 0 (শূন্য) থেকে 10 ppm পর্যন্ত বিস্তার লাভ করে।

অনুরূপভাবে, প্রযুক্ত 100 MHz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রেডিও তরঙ্গের ক্ষেত্রে সাধারণ শোষণ মাত্রা 0 (শূন্য) থেকে 1000 Hz পর্যন্ত বিস্তার লাভ করে। এক্ষেত্রেও রাসায়নিক সরণ  $\delta$  এর মান 0 (শূন্য) থেকে 10 ppm পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। অর্থাৎ রাসায়নিক সরণ  $\delta$ -এর মান NMR যন্ত্রের চৌম্বকক্ষেত্রের উপর নির্ভর করে না।

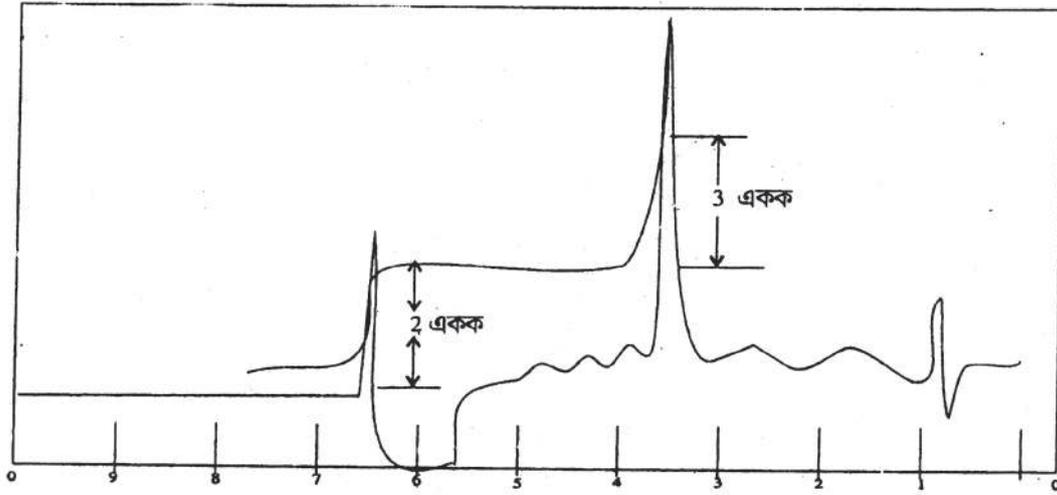
## অনুশীলনী 12

রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  কাকে বলে? এটি কি NMR যন্ত্রের চৌম্বকক্ষেত্রের উপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যা করুন।

## অনুশীলনী 13

60 MHz NMR যন্ত্রে  $CD_2Cl_2$  দ্রাবকে দ্রবীভূত জৈব যৌগের NMR বর্ণালিচিত্রে 60 Hz এ একটি সিগন্যাল গঠিত হয়। প্রোটিনটির রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  এর মান কত?

ইন্টিগ্রেশন রেখা :- সমতুল্য প্রোটনের আপেক্ষিক সংখ্যা  $^1H$  NMR বর্ণালিচিত্রে থেকে ইন্টিগ্রেশন রেখার সাহায্যে গণনা করা হয়।



NMR যন্ত্রের মধ্যে এমন ব্যবস্থা আছে যার দ্বারা বর্ণালিচিত্রের বাম থেকে ডান দিকে ইন্টিগ্রেশন রেখাটি বিভিন্ন প্রোটন দ্বারা উৎপন্ন সিগন্যালের ক্ষেত্রফলের মান নির্দেশ করে।

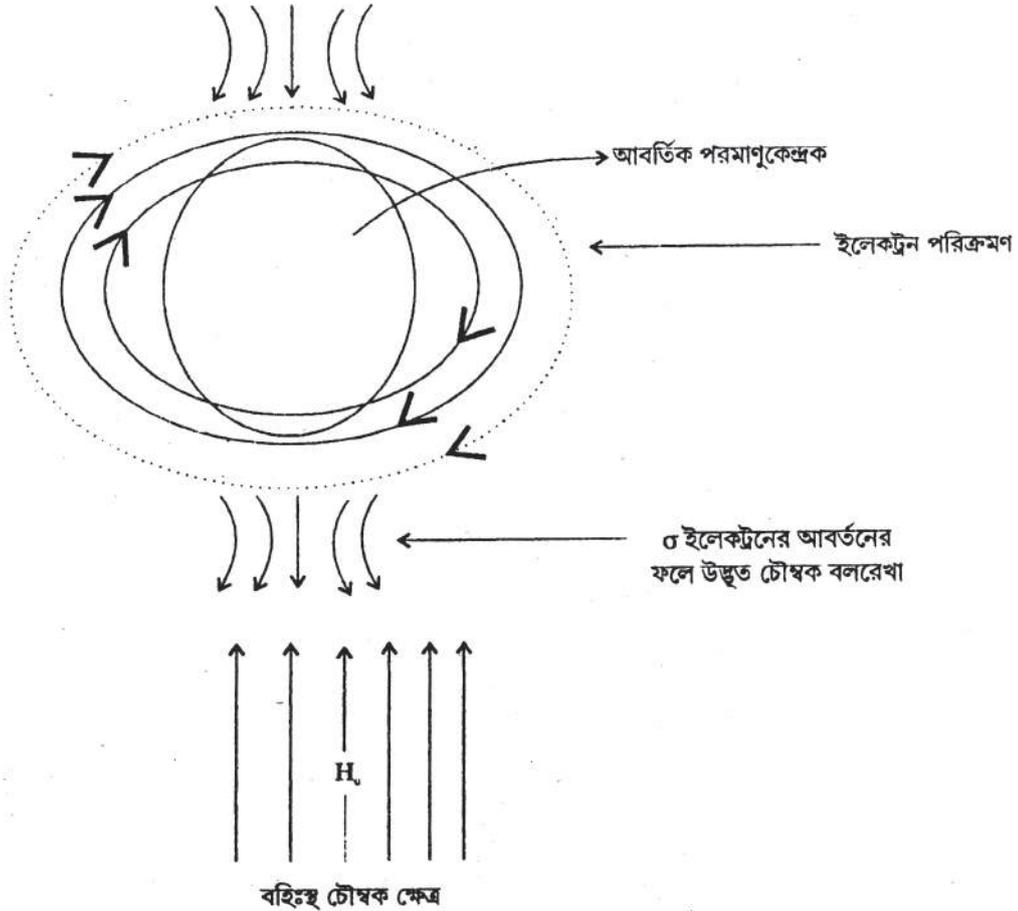
কোন সিগন্যাল না থাকলে রেখাটি একটি অনুভূমিক রেখা দ্বারা পরিস্ফুট হয়। সিগন্যালের অবস্থানে রেখাটি উন্নীত হতে থাকে। এইভাবে কোন সিগন্যালের অবস্থানে রেখাটির শুরু থেকে শেষ অবধি উচ্চতা হল ঐ সিগন্যাল দ্বারা সীমাবদ্ধ ক্ষেত্রফলের সাথে অর্থাৎ প্রোটন সংখ্যার সাথে সমানুপাতিক। সুতরাং এন্টিগ্রেশন রেখা দ্বারা পরিস্ফুট বিভিন্ন সিগন্যালের উচ্চতর অনুপাত থেকে সহজেই প্রোটনসংখ্যার অনুপাত গণনা করা যায়।

উপরোক্ত চিত্রে প্রোটন সংখ্যার অনুপাত 2 : 3

রাসায়নিক সরণ এর নিয়ামক সমূহ :

(1)  $\sigma$  (সিগমা) বন্ধন ইলেকট্রনের আচ্ছাদন : (আইসোট্রপিক)

অণুর মধ্যে  $\sigma$  বন্ধনে যুক্ত প্রোটনটি  $\sigma$  ইলেকট্রন দ্বারা আচ্ছাদিত থাকে। বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে  $\sigma$  বন্ধনের ইলেকট্রন এরূপ বিন্যাসসহ আবর্তিত হয় যে, আবর্তন জনিত উদ্ভূত চৌম্বক বলরেখাসমূহ প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখার বিপরীতমুখী হয়। ফলে  $\sigma$  ইলেকট্রন দ্বারা আচ্ছাদিত প্রোটনের উপর ক্রিয়াশীল নীট চৌম্বক প্রাবল্য বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য অপেক্ষা কম হয়। প্রোটনের উপর ইলেকট্রনের এরূপ আচ্ছাদন-জনিত প্রভাবকে ডায়াম্যাগনেটিক আচ্ছাদন (diamagnetic shielding) বলে। এর ফলে আচ্ছাদিত প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান কম হয়। NMR যন্ত্রে প্রবাহিত রেডিও কম্পাঙ্কের সাথে প্রোটনের এই ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান সমান করতে হলে এরূপ প্রোটনের উপর বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য আরও বাড়ানোর প্রয়োজন হয়। তাই এরূপ প্রোটনের সিগন্যাল উচ্চতর চৌম্বকক্ষেত্রে (signal upfield) দেখা যায় এবং রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  এর মান কম হয়।



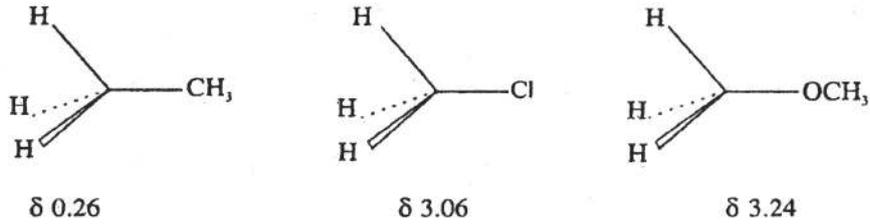
অর্থাৎ, রাসায়নিক সরণ যে সমস্ত বিষয়ের উপর নির্ভর করে সেগুলি হল :

- (1) পরিবেশে উপস্থিত পরমাণু বা গ্রুপের তড়িৎ ঋণাত্মক-আবেশ প্রভাব (Inductive effect)
  - (2) সংকরায়ণ (Hybridisation)
  - (3) আম্লিকতা এবং হাইড্রোজেন বন্ধন (Acidity and hydrogen-bonding)
  - (4) চৌম্বকীয় অ্যানিসোট্রপি (Magnetic anisotropy)
- (1) তড়িৎ ঋণাত্মকতা এবং আবেশ প্রভাব :

হাইড্রোজেন পরমাণু কেন্দ্রকের চারপাশের  $\sigma$ -ইলেকট্রন ঘনত্বের মাত্রা পরিবেশে উপস্থিতি পরমাণু বা গ্রুপের তড়িৎ ঋণাত্মকতা এবং আবেশ প্রভাবের উপর নির্ভর করে।

+I বা +R ক্রিয়ার প্রভাবে  $\sigma$  ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়ে এবং -I বা -R ক্রিয়ার ফলে  $\sigma$  ইলেকট্রন ঘনত্ব কমে। ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়লে আচ্ছাদন বাড়ে এবং প্রোটন এর সিগন্যালের উচ্চতর ক্ষেত্রে (upfield) এবং ইলেকট্রন ঘনত্ব কমলে নিম্নতর ক্ষেত্রে (downfield) এ সরণ ঘটে।

যেমন,



- (2) সংকরায়ণ যেহেতু p-অরবিট্যালের মত  $\delta$ -অরবিট্যাল ততটা বিস্তার লাভ করতে পারে না তাই S-অরবিট্যালের মাত্রা বৃদ্ধি পেলেও C-H বন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্বের মানের খুব একটা হেরফের হয় না। ফলে প্রোটনের সিগন্যালের অবস্থানের খুব একটা পরিবর্তন হয় না। সহজ কথা বলা যায় যে সংকরায়ণ প্রভাব চৌম্বকীয় অ্যানিসোট্রপির প্রভাবে ঢাকা পড়ে যায়।
- (3) আম্লিকতা এবং হাইড্রোজেন বন্ধন :

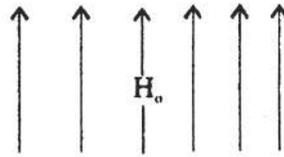
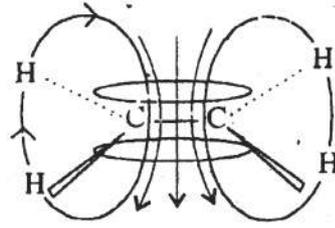
আম্লিক প্রোটন (acidic protons) সাধারণত অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। এক্ষেত্রে সিগন্যালের অবস্থান তাপ, দ্রাবকের প্রকৃতি এবং অণুর গঠন কাঠামোর উপর নির্ভর করে।

আবার হাইড্রোজেন বন্ধন বা কোন দ্বিমেরুক অণুর প্রভাবে যদি কোন প্রোটন আকর্ষিত হয় তা হলে প্রোটনটি যে  $\sigma$  ইলেকট্রন দ্বারা যুক্ত সেই ইলেকট্রনের প্রভাব থেকে কিছুটা মুক্ত হয়। এর ফলে  $\sigma$  ইলেকট্রনের আচ্ছাদনের প্রভাব কমে যায় এবং প্রোটনের সিগন্যাল নিম্নতর অঞ্চলে (downfield)-এ গঠিত হয়।

- (4) চৌম্বকীয় অ্যানিসোট্রপি :

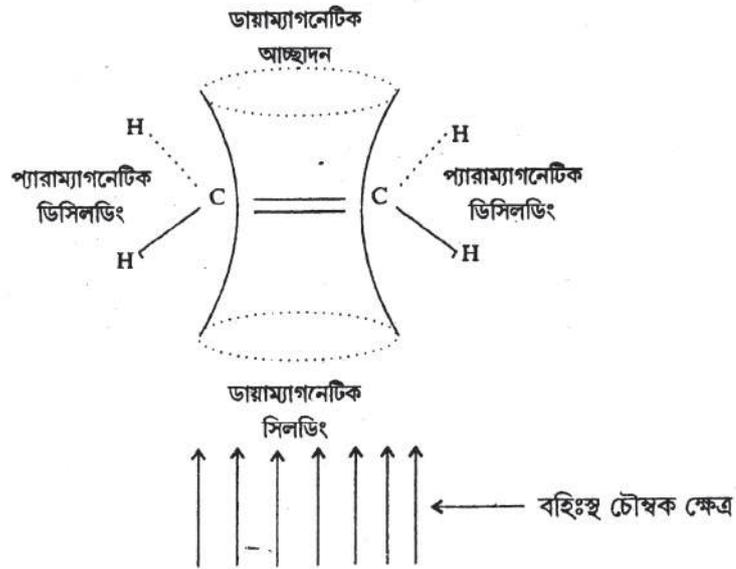
রেজোন্যান্স কম্পাঙ্কের উপর চৌম্বকীয় অ্যানিসোট্রপির প্রভাব খুব বেশি হয়। অসম্পৃক্ত যৌগের  $\pi$  ইলেকট্রনের আবর্তনে উদ্ভূত চৌম্বক ক্ষেত্রের জন্য এই ঘটনা ঘটে।

দ্বিবন্ধন সমন্বিত যৌগ যেমন, ইথিলিন, কার্বোলিন ইত্যাদি যৌগ যখন বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখা হয় তখন যৌগগুলি চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখের উল্লম্বতলে বিন্যস্ত হয়ে  $\pi$  ইলেকট্রনের এরূপ আবর্তন হয় যে আবর্তনের ফলে উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্র কোন কোন অঞ্চলে বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সমমুখী বা বিপরীতমুখী হয়। সমমুখী হলে প্যারাম্যাগনেটিক ডিসিলডিং (paramagnetic deshielding) এবং বিপরীতমুখী হলে ডায়াম্যাগনেটিক সিলডিং (diamagnetic shielding) অঞ্চল বলে।  $\pi$  বন্ধনের চারপাশের সমগ্র অঞ্চলে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রকৃতি একরূপ নয় অর্থাৎ আইসোট্রপিক (isotropic) নয় বলে  $\pi$  বন্ধনের এইরকম প্রভাবকে চৌম্বকীয় অ্যানিসোট্রপিক (magnetic anisotropy) বলে।



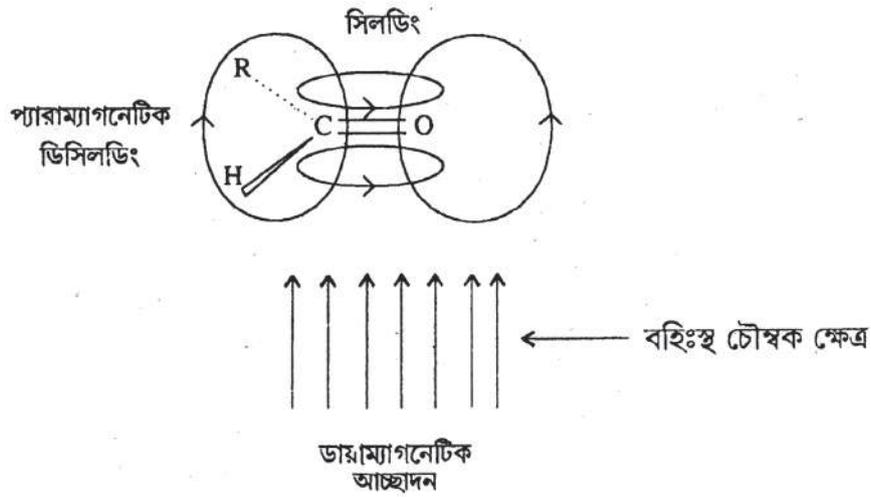
বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্র

অর্থাৎ,



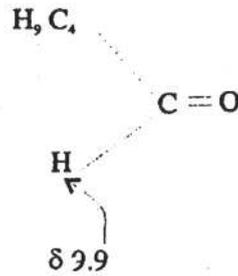
$\pi$  বন্ধনের চারপাশে যে সব অঞ্চলে ডায়াম্যাগনেটিক আচ্ছাদনের (diamagnetic shielding) প্রভাব থাকে সেই সব অঞ্চলে কোন প্রোটন অবস্থান করলে সেই প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান কম হয় এবং NMR যন্ত্রে প্রবাহিত রেডিও কম্পাঙ্কের মানের সাথে সমান করার জন্য বহিঃস্থ চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বাড়ানো হয় অর্থাৎ এরূপ প্রোটনের সিগন্যাল অপেক্ষাকৃত উচ্চতর অঞ্চলে (upfield) উৎপন্ন হয়। কিন্তু যে সমস্ত প্রোটন  $\pi$  বন্ধনের প্যারাম্যাগনেটিক ডিসিলডিং অঞ্চলে অবস্থান করে সেই সব প্রোটনের ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত কম্পাঙ্কের মান বেশি হয় এবং NMR যন্ত্রে প্রবাহিত রেডিও কম্পাঙ্কের মানের সাথে সমান করার জন্য প্রযুক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের মান কমানো হয় ফলে এই সব প্রোটনের সিগন্যাল অপেক্ষাকৃত নিম্নতর অঞ্চলে (downfield) উৎপন্ন হয়।

অনুরূপভাবে, কার্বনিল যৌগের ক্ষেত্রে



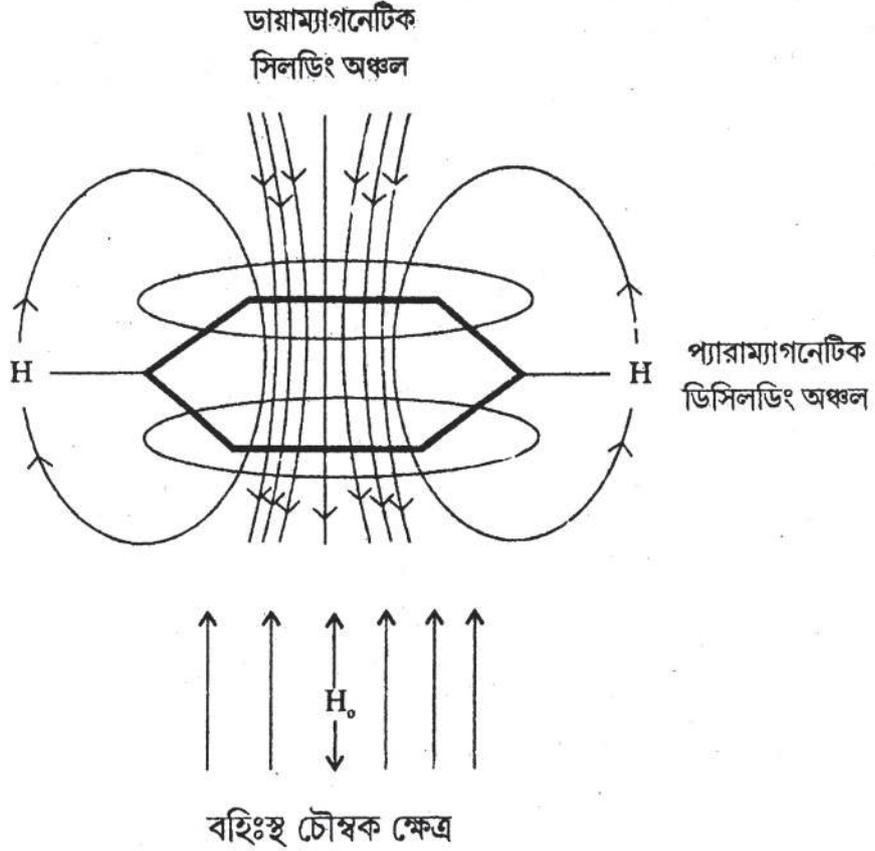
অ্যালডিহাইডীয় প্রোটন প্যারাম্যাগনেটিক ডিসিলডিং অঞ্চলে অবস্থান করে বলে এই সব প্রোটনের সিগন্যাল অনেক বেশি নিম্নতর অঞ্চলে দেখা যায়।

যেমন,



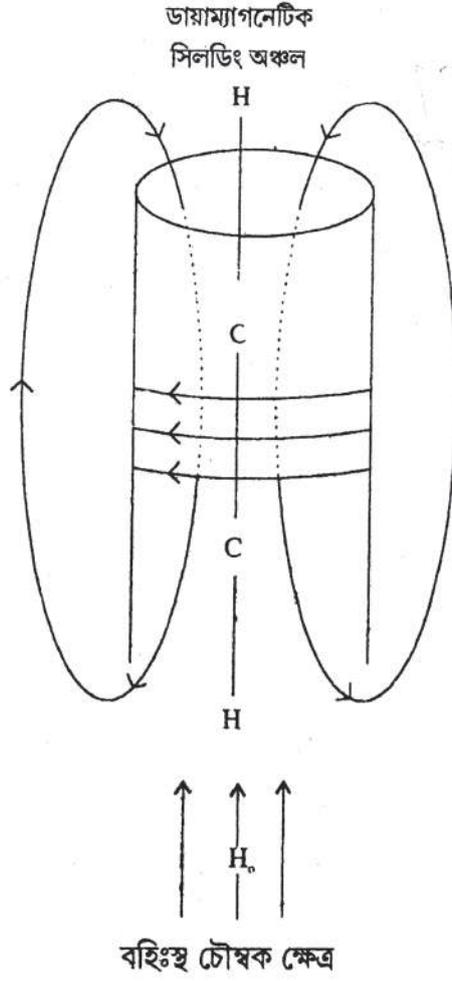
অ্যারোমেটিক যৌগ যেমন, বেঞ্জিন অণু বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে ইথিলিনের মত চৌম্বকক্ষেত্রে অভিমুখের

লম্বতলে বিন্যস্ত হয়ে  $\pi$  ইলেকট্রনের আবর্তনের ফলে উদ্ভূত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ নীচের চিত্রের ন্যায় দেখা যায়।



বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে বেঞ্জিনের  $\pi$  ইলেকট্রন এরূপভাবে আবর্তিত হয় যে, এই আবর্তনের ফলে উদ্ভূত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ বেঞ্জিনের উল্লম্বতল বরাবর বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের বিপরীতমুখী এবং বেঞ্জিনের অনুভূমিক তলে বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের সমমুখী হয়। অর্থাৎ, বেঞ্জিন বলয়ের সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি প্যারাম্যাগনেটিক ডিসিলডিং অঞ্চলে অবস্থান করে। এর ফলে এদের সিগন্যাল অপেক্ষাকৃত নিম্নতর অঞ্চলে (downfield) দেখা যায়। অর্থাৎ এই প্রোটনগুলির রাসায়নিক সরণ ( $\delta$  6.5-8.5) এর মান কম হয়।

অ্যালকাইল যেমন অ্যাসিটিলিন অণু বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে রাখলে  $\pi$  ইলেকট্রনের আবর্তনের ফলে উদ্ভূত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ অণুর  $\sigma$  কাঠামো বরাবর বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের বিপরীতমুখী হয়।



এক্ষেত্রে SpC-H-এর হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি ডায়াম্যাগনেটিক সিলডিং অঞ্চলে অবস্থান করে এবং হাইড্রোজেনের সিগন্যাল অপেক্ষাকৃত উচ্চতর অঞ্চলে (upfield) গঠিত হয়। অর্থাৎ, প্রোটনের রাসায়নিক সরণ ( $\delta$  2.9) এর মান কম হয়।

প্রোটনসমূহের রাসায়নিক সরণ (Chemical shift),  $\delta$  এর মানের একটি সাধারণ সমীক্ষা নিচে দেখানো হল।

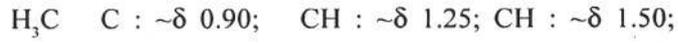
সমস্ত প্রোটনসমূহকে প্রধানত দু'শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

প্রথম শ্রেণী : কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত প্রোটনসমূহ।

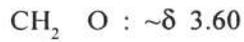
দ্বিতীয় শ্রেণী : কার্বন পরমাণু ব্যতিরেকে অন্যান্য পরমাণুতে যুক্ত প্রোটনসমূহ।

প্রথম শ্রেণী :

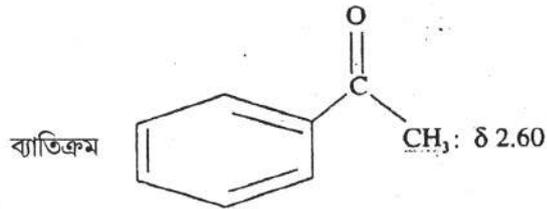
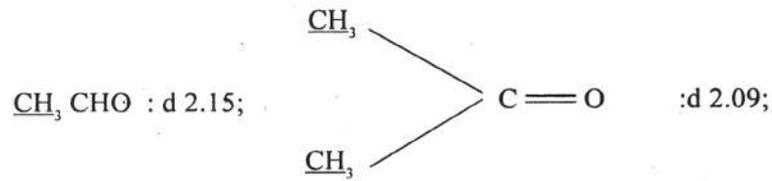
- (i) অ্যালিফেটিক প্রোটনসমূহ-যে কোন রকম ডিসিলডিং প্রভাবের অনুপস্থিতিতে এই প্রোটনগুলি উচ্চতর অঞ্চলে  $\delta$  এর মান প্রদর্শন করে।



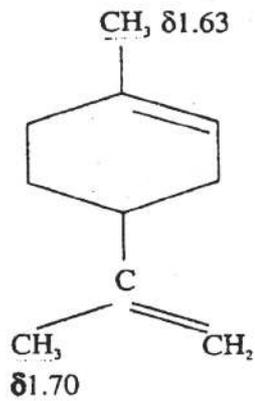
- (ii) ইপোক্সাইড (epoxide) এর মিথিলিন প্রোটনসমূহ :  $\sim\delta \ 2.30$



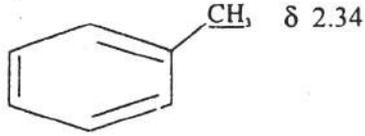
- (iii)  $>\text{C} - \text{O}$  তে যুক্ত মিথিলিন প্রোটনসমূহ :  $\sim\delta \ 1.9-2.2$



- (iv)  $\text{C} = \text{C}$  দ্বিবন্ধনে যুক্ত মিথাইল প্রোটন :  $\delta \ 1.6-1.8$



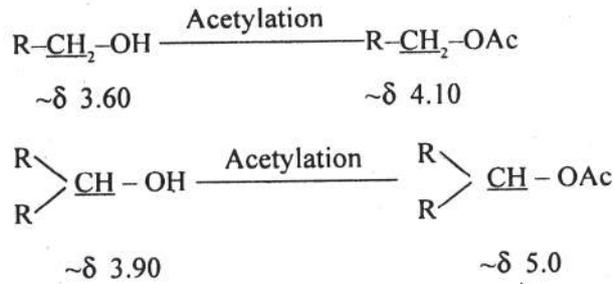
(v) অ্যারোমেটিক বলয়ে যুক্ত মিথাইল প্রোটন :  $\delta$  2.34



(vi) O এবং N পরমাণুতে যুক্ত মিথাইল প্রোটনসমূহ

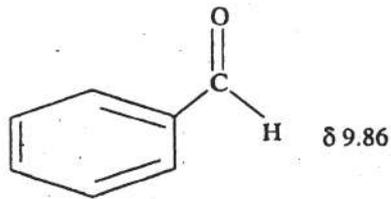
	অ্যালিফেটিক	অ্যারোমেটিক	মিথাইল এস্টার
OCH	$\sim\delta$ 3.50	$\sim\delta$ 3.70-4.0	$\sim\delta$ 3.65-3.75
-NCH	$\sim\delta$ 2.2	$\sim\delta$ 3.0	

(vii) OH এবং OAc তে যুক্ত মিথাইল এবং মিথাইন প্রোটন :

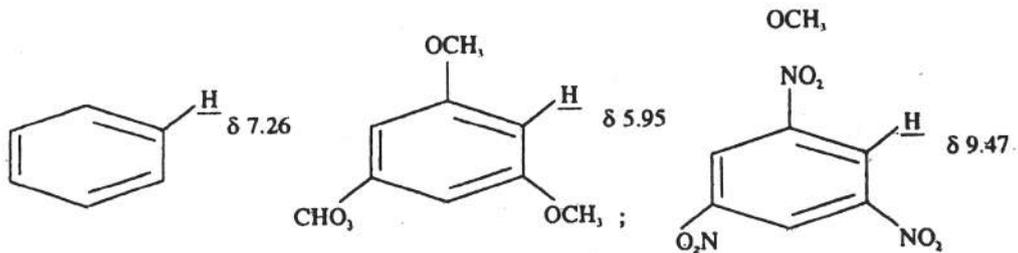


(viii) অ্যাসিটিলিনীয় প্রোটন :  $\sim\delta$  2.5-3.0

(ix) অ্যালডিহাইডীয় প্রোটন :  $\sim\delta$  10.0

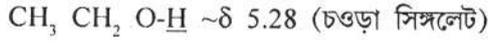
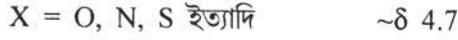


(x) অ্যারোমেটিক প্রোটন সমূহ : (i) কার্বোচক্রীয় (carbocyclic) :  $\delta$  6.5-8.5

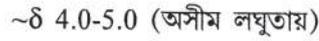


দ্বিতীয় শ্রেণী :

(i) অ্যালকোহল :  $\sim\delta$  4.0-5.5

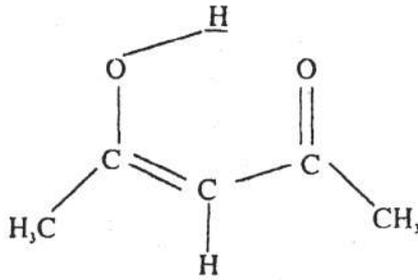


(ii) ফেনল :  $\sim\delta$  6.0-7.7 (মাঝারি ঘনত্বে)

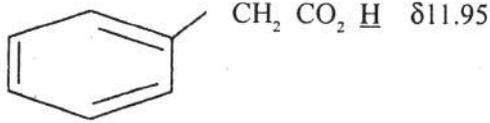


(iii) ইনল :  $\sim\delta$  15-16 (তীব্র আন্তরাণব হাইড্রোজেন বন্ধন হেতু নিম্নতর অঞ্চলে সিগন্যাল দেখা যাবে)

814.92

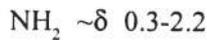


(iv) কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড, -CO<sub>2</sub>H  $\sim\delta$  10.5-12.0

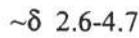


(v) অ্যামিন :

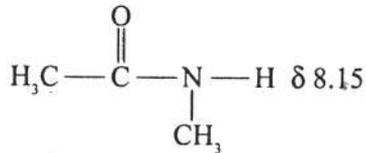
অ্যালিফেটিক



অ্যারোমেটিক



(vi) অ্যামাইড :  $\sim\delta$  5.0-8.5

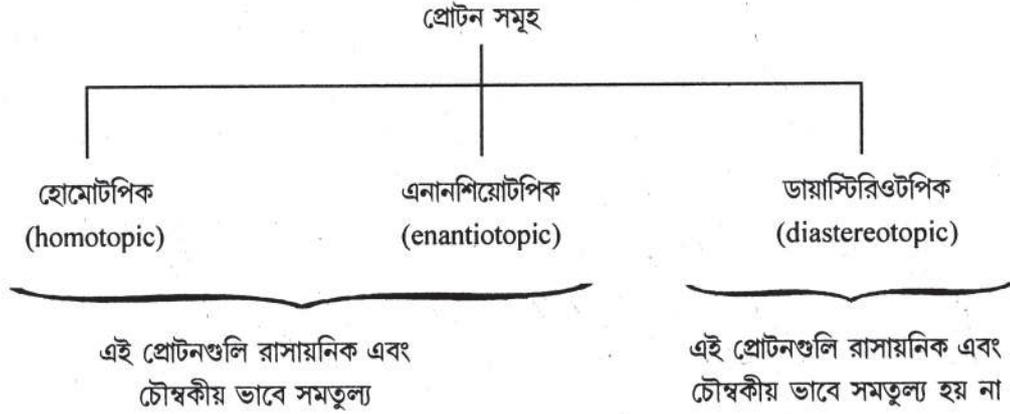


### 7.7.2 সমতুল্য অসমতুল্য প্রোটন (Equivalent and nonequivalent proton) :

প্রোটনসমূহ রাসায়নিক এবং চৌম্বকীয় ভাবে সমতুল্যের হয় তখনই যখন প্রত্যেক প্রোটনের রাসায়নিক পরিবেশ একই হয়।

একই কার্বনে যুক্ত প্রোটন সমূহ সাধারণ সমতুল্যের হয়।

ভিন্ন কার্বনে যুক্ত প্রোটন সমূহের মধ্যে সম্পর্ক নিম্নরূপ হয়।



নিচের যৌগগুলির মধ্যে যত হাইড্রোজেন বর্তমান তা দেখানো হল।

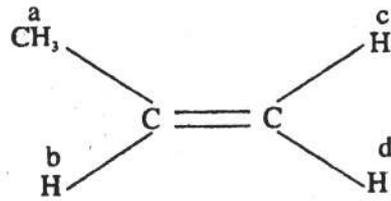
a, b, c, d ইত্যাদি সংকেত দ্বারা ভিন্ন প্রকারের প্রোটনগুলিকে চিহ্নিত করা হয়েছে।

(a)  $\text{CH}_3 \text{ CH}_3$  এক প্রকার এবং সবকটিই সমতুল্য।

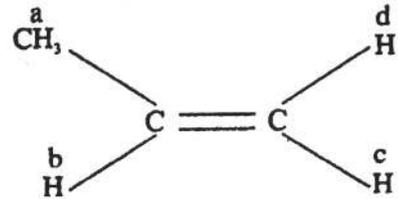
(b)  $\overset{a}{\text{CH}_3} \overset{b}{\text{CH}_2} \overset{a}{\text{CH}_3}$  দু'প্রকার।

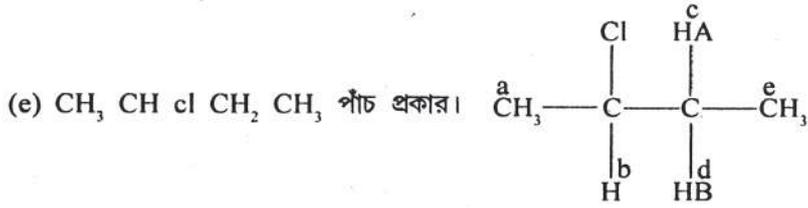
(c)  $\left(\overset{a}{\text{CH}_3}\right)_2 \overset{b}{\text{CH}} \overset{c}{\text{CH}_2} \overset{d}{\text{CH}_3}$  চার প্রকার।

(d)  $\text{CH}_3 \text{ CH}=\text{CH}_2$  চার প্রকার। কারণ,



বা





### 7.7.3 ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন (Sping-spin coupling) :

জৈব যৌগের NMR বর্ণালিচিত্রে কোন কোন প্রোটনের সিগন্যালের একটি মাত্র পিক (peak) দেখা যায় আবার অনেক ক্ষেত্রে ঐ সিগন্যালের একাধিক পিক দেখা যায়। প্রত্যেক পিক-এর অবস্থান রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

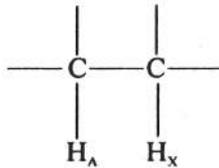
একটি সিগন্যাল একাধিক সিগন্যালে বিভক্ত হওয়ার কারণ হল পার্শ্ববর্তী প্রোটনের ঘূর্ণনের (spin) ফলে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব। এই বিশিষ্ট হওয়ার ঘটনাকে ঘূর্ণন-ঘূর্ণন বিশ্লেষণ (spin-spin splitting) বা ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন (sping-spin coupling) বলে।

বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রে একটি প্রোটন দুটি পরস্পর বিপরীত বিন্যাস সহ আবর্তিত হতে পারে। এর ফলে বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের সমমুখী এবং বিপরীতমুখী দুটি চৌম্বক ক্ষেত্রের উদ্ভব হয় এবং বন্ধনে যুক্ত প্রোটনের ঘূর্ণনজাত চৌম্বকক্ষেত্রের প্রতি প্রভাব বিস্তার করে। ফলে সামগ্রিকভাবে বন্ধনে যুক্ত প্রোটনটি দুটি ভিন্ন ভিন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাব যুক্ত হয়। NMR যন্ত্রে প্রবাহিত রেডিও কম্পাঙ্কের সাথে সমান করার জন্য ভিন্ন প্রাবল্যের চৌম্বকক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয়। এজন্য একটি মাত্র পিক এর পরিবর্তে বন্ধনে যুক্ত প্রোটনটির সিগন্যাল একটি যুগ্ম পিক বা ডাবলেট (doublet) রূপে বর্ণালিচিত্রে দেখা যায়।

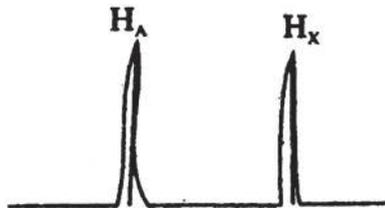
নীচে ভিন্ন ভিন্ন ধরনের-ঘূর্ণন সংযোজন আলোচনা করা হল।

#### (1) Ax ধরনের ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন (Ax type sping-spin coupling) :

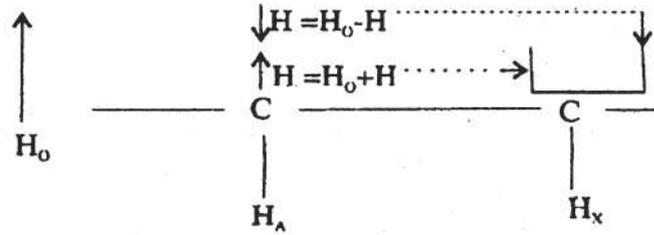
চৌম্বক বিচারে দুটি ভিন্ন প্রোটন  $\text{H}_A$  and  $\text{H}_X$  পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুতে অবস্থান করে।



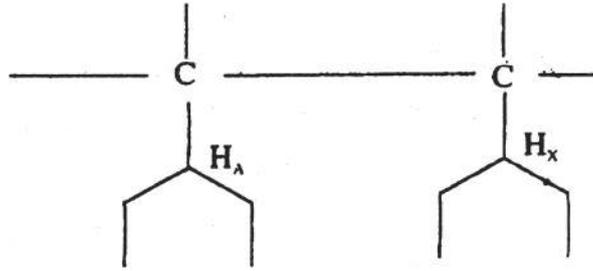
$\text{H}_A$  এবং  $\text{H}_X$  এর মধ্যে কোনরকম প্রতিক্রিয়া (interaction) না হলে ভিন্ন ভিন্ন অঞ্চলে তাদের সিগন্যাল-এর প্রকৃতি হত—



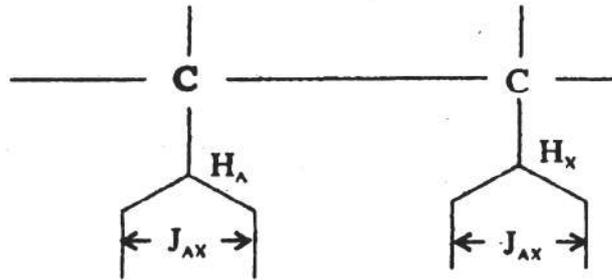
বাস্তবিক পক্ষে  $H_A$  এর দুটি বিপরীতমুখী ঘূর্ণনের বিন্যাসের ফলে উদ্ভূত দুটি চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের একটি সমমুখী এবং অপরটি বিপরীতমুখী হয়। সমমুখী চৌম্বকক্ষেত্র  $H_X$ -এর মান ঘূর্ণাবর্তে-আবর্তন জনিত গতি বাড়িয়ে দেয় এবং  $H_X$ -এর সিগন্যাল নিম্নতর অঞ্চলে (downfield) গঠিত হয়। একই কারণে বিপরীতমুখী চৌম্বকক্ষেত্রের ফলে উচ্চতর অঞ্চলে (up field) আরেকটি সিগন্যাল গঠিত হয়।



ফলে  $H_X$ -এর সিগন্যাল  $H_A$  এর জন্য যুগ্ম পিক বা ডাবলেট (doublet) চিত্ররূপে দেখা যায়। একইভাবে  $H_A$ -এর সিগন্যাল  $H_X$ -এর জন্য ডাবলেট (doublet) চিত্ররূপে দেখা যায়। অর্থাৎ,

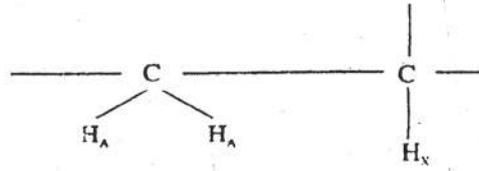


ডাবলেট চিত্রের পিক দুটোর অবস্থানের অন্তরফলকে সংযোজন ধ্রুবক (coupling constant),  $J_{AX}$  বলে। প্রতিটি ডাবলেটের কেন্দ্রীয় অবস্থান থেকে  $H_X$  এবং  $H_A$ -এর রাসায়নিক সরণ,  $\delta$  এর মান হিসাব করা হয়।

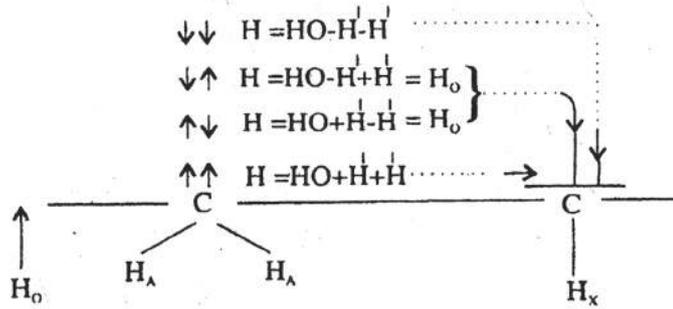


(2)  $A_2X$  ধরনের ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন ( $A_2X$  type spin-spin coupling) :

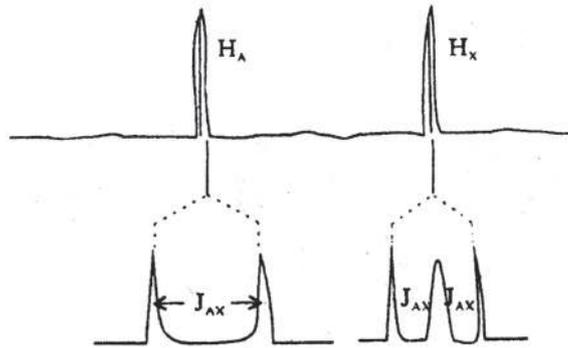
চৌম্বক বিচারে দুটি সদৃশ প্রোটন  $H_A$  এবং একটি ভিন্ন প্রোটন  $H_X$  দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুতে অবস্থান করে।



$H_X$  এবং  $H_A$ -এর সম্ভাব্য ঘূর্ণন (spin) বিন্যাসগুলি নীচে দেখানো হল—

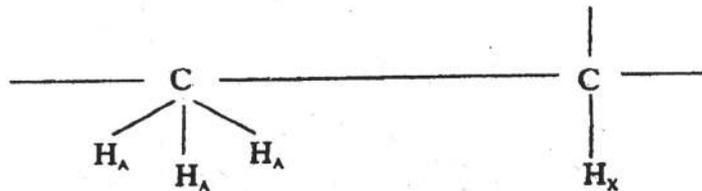


দুটি  $H_A$ -এর বিভিন্ন বিন্যাসের ফলে তিনটি পৃথক পৃথক অঞ্চলে তিনটি পিক 1:2:1 অনুপাতে গঠিত হবে।  $H_X$  প্রোটন দুটির ডাবলেট (doublet) এবং  $H_X$  প্রোটনটির একটি ট্রিপলেট (triplet) চিত্ররূপে দেখা যাবে।

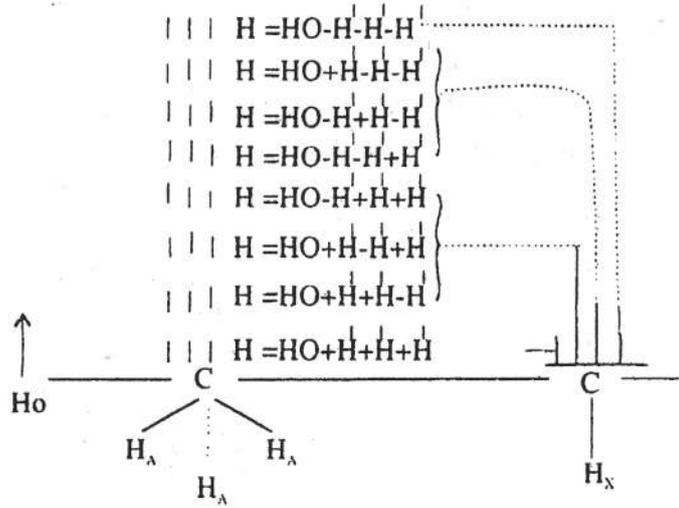


(3)  $A_3X$  ধরনের ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন ( $A_3X$  type spin-spin coupling)

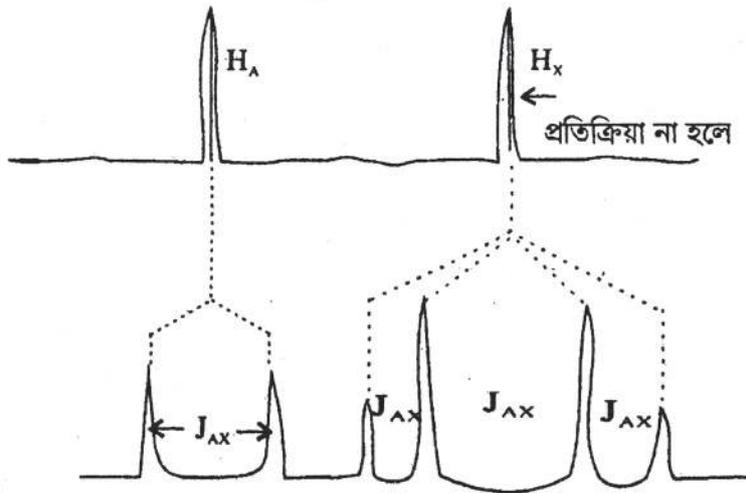
যৌগের আংশিক গঠন—



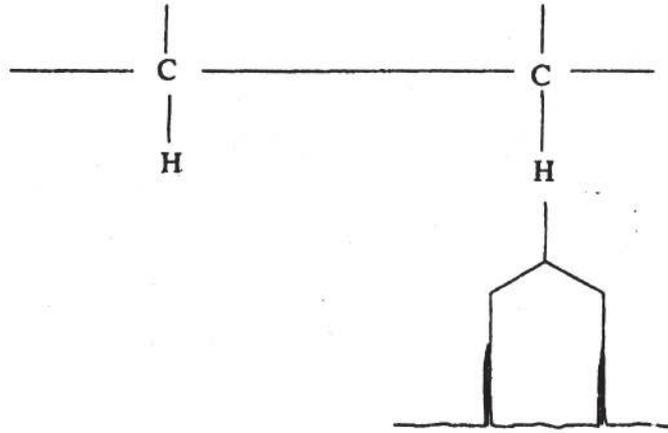
$H_A$ ,  $H_A$  ও  $H_A$ -এর ভিন্ন ভিন্ন ঘূর্ণন (spin) বিন্যাস হল



এক্ষেত্রে তিনটি  $H_A$  বিভিন্ন বিন্যাসের ফলে চারটি পৃথক অঞ্চলে চারটি পিক 1:3:3:1 অনুপাত (Quartet) গঠিত হবে। অর্থাৎ  $H_X$  প্রোটনটির কোয়ার্টেট এবং  $H_A$  প্রোটন তিনটির ডাবলেট দেখা যাবে।



সমতুল্য প্রোটন ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন দেখায় না কিন্তু অসমতুল্য প্রোটন ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন দেখায়। AX,  $A_2X$  এবং  $A_3X$  যৌগগুলির ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন এর পিকগুলির উচ্চতার অনুপাত নীচে দেখানো হল।



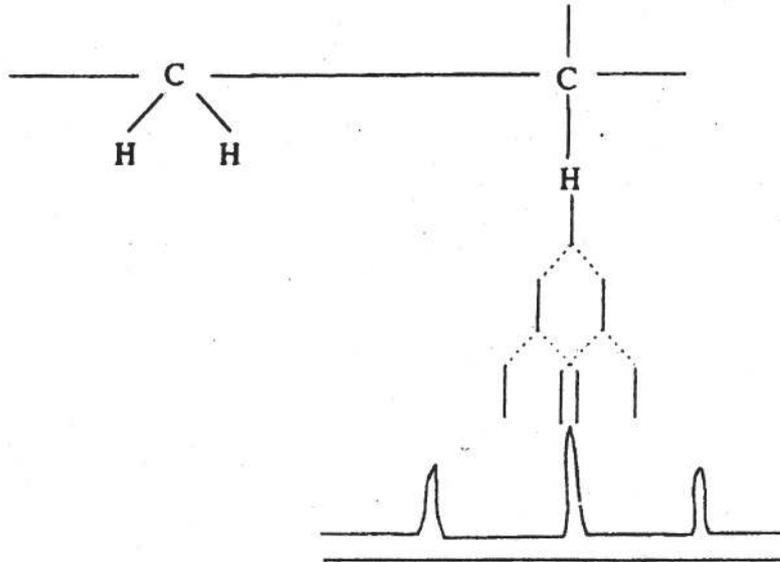
$A_x$  ধরনের যৌগের বিভাজন সিগন্যাল (multiplicity of signal)  $(n+1)$  সূত্র প্রয়োগ করে নির্ণয় করা হয়।

যেখানে  $n = \alpha$  কার্বনে যুক্ত প্রোটনের সংখ্যা।

এক্ষেত্রে প্রোটন সংখ্যা = 1

অতএব পিকের সংখ্যা =  $1 + 1 = 2$  (ডাবলেট)

$A_2X$  ধরনের



$n = 2$  পিকের সংখ্যা =  $2 + 1 = 3$  (ট্রিপলেট)

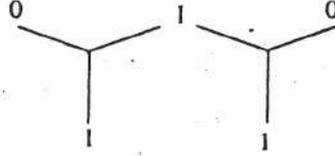
## অনুশীলনী 14

$A_3X$  ধরনের যৌগের ক্ষেত্রে উপরোক্ত চিত্র কেমন হবে এঁকে দেখান?

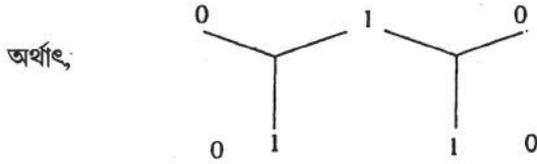
পিক এর সংখ্যা উচ্চতার অনুপাত পাস্কাল ত্রিভুজ (Pascal's triangle) থেকে সরাসরি জানা যায়।

## 7.8 পাস্কাল ত্রিভুজ (Pascal's triangle)

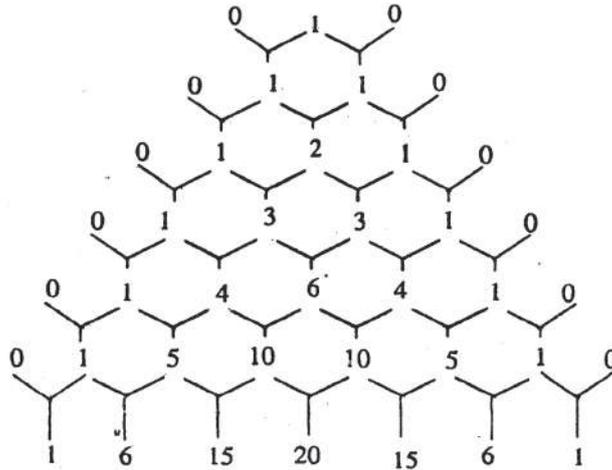
পাস্কাল ত্রিভুজ তৈরি করার জন্য সবার উপরে 1 লিখুন। তারপর 1 এর দুদিকে দুটি শূন্য লিখুন। তারপর 0 এবং 1 ও 1 এবং 0 এর যোগফল পরের লাইনে লিখুন। অর্থাৎ



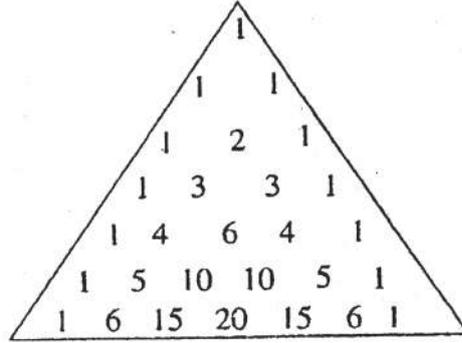
এরপর 1 এর দুদিকে দুটি শূন্য লিখুন



এখন 0 এবং 1, 1 এবং 1 ও 1 এবং 0 এর যোগফল নীচের লাইনে লিখুন। অর্থাৎ এইভাবে এগোলে আমরা পুরো ত্রিভুজটি নীচের মত পাবো।

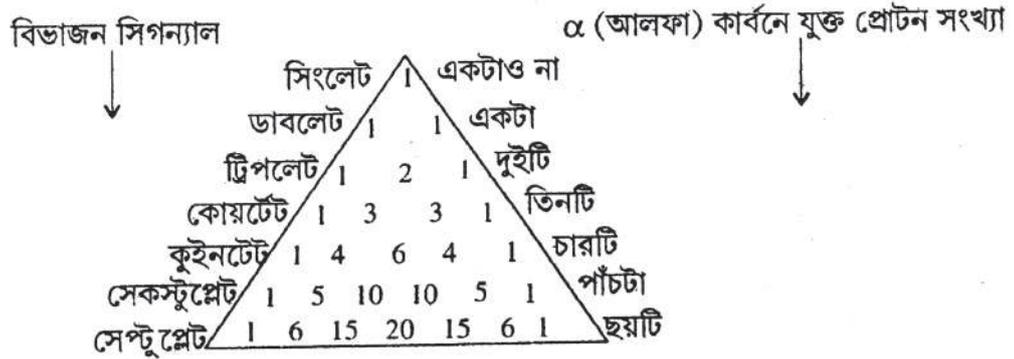


শূন্যগুলো বাদ দিলে ত্রিভুজটি হয় :



যখন একটি প্রোটিন  $n$  সংখ্যা সমতুল্য প্রোটিনের সাথে সংযোজিত হয় তখন  $(n+1)$  সংখ্যক পিক গঠিত হয়। এই পিকগুলির অনুপাত পাস্কাল ত্রিভুজ থেকে জানা যায়।

যেমন, পাস্কাল ত্রিভুজের ডানদিকে সমতুল্য প্রোটিন সংখ্যা ধরলে বামদিকে বিভাজন সিগন্যাল (multiplicity of signal) ধরবো।



বিভাজন সিগন্যাল

$1\alpha$  (আলফা) কার্বনে যুক্ত প্রোটিন সংখ্যা

সিঙ্গেলট (singlet)

একটাও না

ডাবলেট (doublet)

একটা

ট্রিপলেট (triplet)

দুইটি

কোয়ার্টেট (quartet)

তিনটি

কুইনটেট (quintet)

চারটি

সেক্সটুপ্লেট (sextuplet)

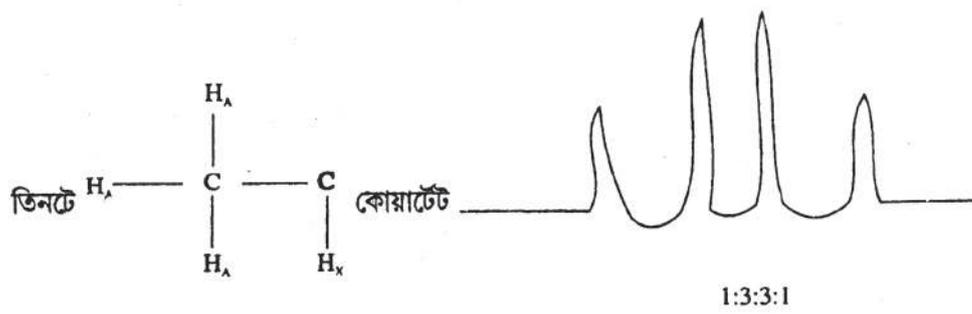
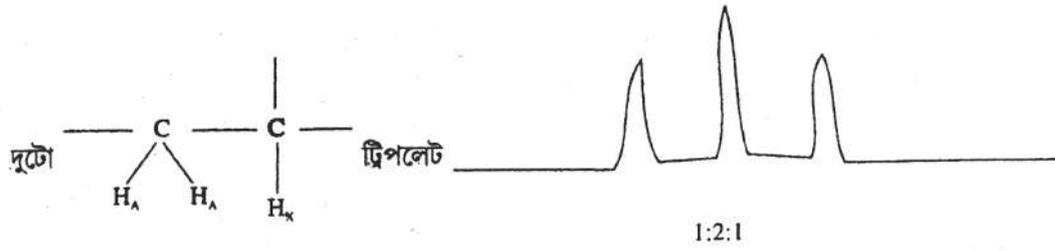
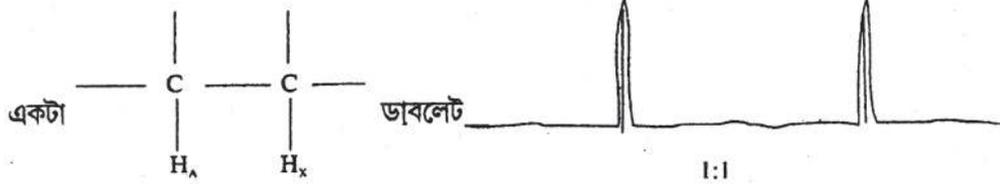
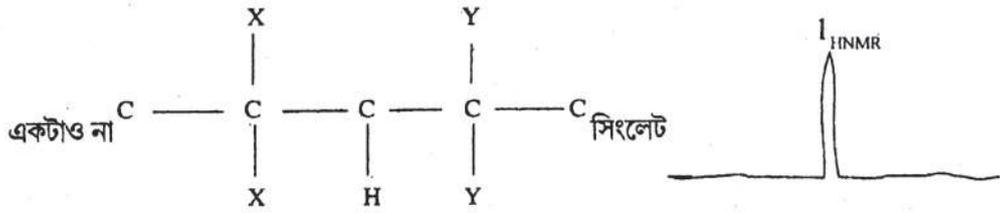
পাঁচটি

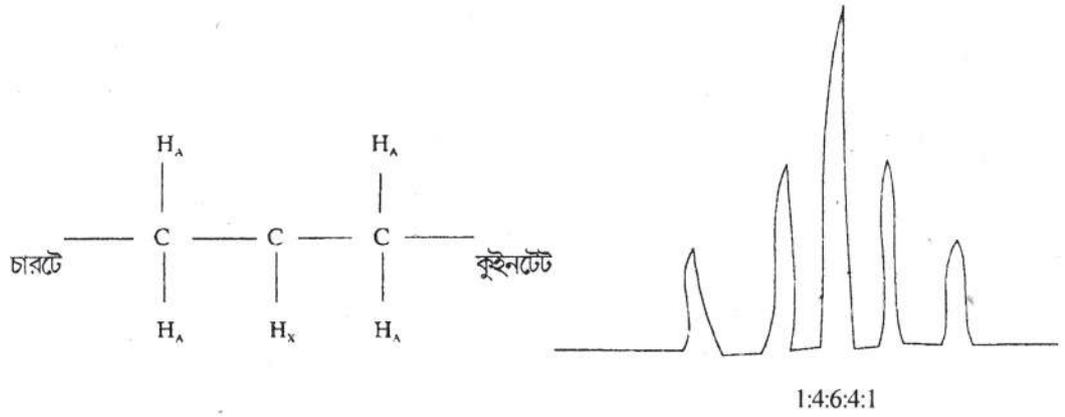
সেপ্টুপ্লেট (septuplet)

ছয়টি

অর্থাৎ,  $\alpha$  (আলফা) কার্বন পরমাণুতে যুক্ত প্রোটন সংখ্যা

$H_x$  এর  
বিভাজন সিগন্যাল

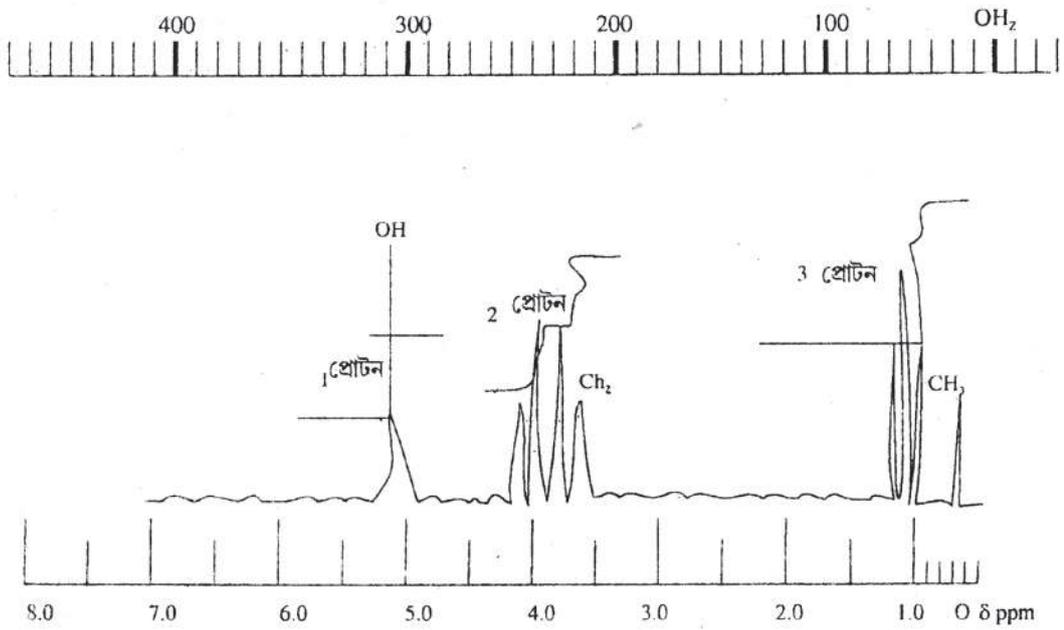




## 7.9 NMR বর্ণালি চিত্র বিশ্লেষণ :

নীচে কয়েকটি <sup>1</sup>H NMR বর্ণালিচিত্র আলোচনা করা হল।

(1) ইথাইল অ্যালকোহলের <sup>1</sup>H NMR বর্ণালিচিত্র নিম্নরূপ : 60 MHz যন্ত্রে এটি রেকর্ড করা হয়েছে।  
CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>, OH



প্রাথমিক দ্রবণে ইথানলের NMR চিত্র

TMS-এর প্রোটন সিগন্যালের অবস্থানকে 0 (শূন্য) ধরা হয়। চিত্রে মিথাইল গ্রুপের প্রোটন সিগন্যালের কেন্দ্রীয় অবস্থান 72 Hz। সুতরাং মিথাইল প্রোটনের রাসায়নিক সরণ,  $\delta = \frac{.72}{60 \times 10^6} \times 10^6$  ppm বা 1.2 ppm। মিথিলিন প্রোটনের কেন্দ্রীয় অবস্থান 222 Hz। সুতরাং মিথিলিন প্রোটনের রাসায়নিক সরণ,  $\delta = \frac{222}{60 \times 10^6} \times 10^6$  ppm বা 3.7 ppm। OH প্রোটনের সিগন্যালের অবস্থান হল 300 Hz। সুতরাং, OH প্রোটনের রাসায়নিক সরণ,  $\delta = \frac{300}{60 \times 10^6} \times 10^6$  ppm বা 5 ppm।

এন্টিগ্রেশন রেখার প্রতিটি ধাপের উন্নতির অনুপাত থেকে প্রোটন সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায় 3:2:1।

$\delta$  5 অবস্থানের সিগন্যাল হল OH প্রোটনের সিগন্যাল।

পার্শ্ববর্তী মিথিলিন গ্রুপের দুটি প্রোটনের সাথে ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন (spin-spin coupling) এর ফলে (n+1) সূত্র অনুসারে (2+1) অর্থাৎ ট্রিপলেট আকার গঠন করে (J = 6Hz)।

$\delta$  3.7 অবস্থানের সিগন্যাল হল মিথিলিন গ্রুপের দুটি প্রোটনের সিগন্যাল। পার্শ্ববর্তী তিনটি মিথাইল প্রোটনের সাথে ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন হেতু (n+1) সূত্রানুসারে (3+1) বা 4 অর্থাৎ কোয়ার্টেট quartet (J = 8Hz) গঠন করে।

মিথিলিন প্রোটনের অপর পার্শ্বে OH গ্রুপের প্রোটনের সাথে ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন এর ফলে কোয়ার্টেট চিত্রের পিক ডাবলেট রূপে (J = 6Hz) বিভাজিত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহলে অ্যাসিড বা ক্ষার জাতীয় কোন অশুদ্ধি থাকলে OH গ্রুপের প্রোটন এক অণু থেকে অন্য অণুতে দ্রুত স্থানান্তরিত হয় বলে OH গ্রুপের প্রোটন দ্বারা কোন ঘূর্ণন-ঘূর্ণন সংযোজন পরিলক্ষিত হয় না।

অ্যালকোহলের সাথে D<sub>2</sub>O মিশিয়ে ঝাঁকালে নীচের বিক্রিয়া হয়।



এর ফলে <sup>1</sup>H NMR বর্ণালিচিত্রে  $\delta$  5 অবস্থানের সিগন্যালের অবলুপ্তি ঘটে।  $\delta$  3.7 অবস্থানে মিথিলিন প্রোটনের জন্য কোয়ার্টেট এবং  $\delta$  1.2 অবস্থানে মিথাইল প্রোটনের জন্য ট্রিপলেট আকারে দুটি সিগন্যাল পাওয়া যায়।

(2) ইথাইল ব্রোমাইড (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>Br) :

এক্ষেত্রে <sup>1</sup>H NMR বর্ণালিচিত্রে  $\delta$  1.7 এবং  $\delta$  3.4 অবস্থানে দুটি সিগন্যাল গঠিত হয়।

মিথাইল প্রোটনের চিত্রটি একটি ট্রিপলেট আকারে এবং মিথিলিন প্রোটনের চিত্রটি একটি কোয়ার্টেট আকারে দেখা যাবে।

সংযোজন ধ্রুবক (coupling), J এর মান 8Hz।

## 7.10 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে সমস্ত তথ্য জানতে পেরেছেন সেগুলি হল—

- IR, UV (এক্ষেত্রে uv-vis) এবং NMR (এক্ষেত্রে  $^1\text{H}$  NMR) বর্ণালিবিদ্যা (spectroscopy) বলতে কী বুঝায়?
- IR, UV এবং  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্র ও কয়েকটি ক্ষেত্রে এই চিত্রের বিশ্লেষণ।
- UV, বর্ণালিবিদ্যায় অনুবন্ধ পলিইন, ইনোন ইত্যাদি যৌগের ক্ষেত্রে দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda_{\text{max}}$  গণনার জন্য উডওয়ার্ড-ফাইজার ও উডওয়ার্ডের নিয়মের প্রয়োগ।
- $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিবিদ্যায় রাসায়নিক সরণ (chemical shift) কাকে বলে? এই রাসায়নিক সরণের মানের সাহায্যে অণুর মধ্যে বিভিন্ন পরিবেশে হাইড্রোজেন পরমাণুক কেন্দ্রের (প্রোটন) শনাক্তকরণ।

## 7.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

- (1) একটি জৈব যৌগের আণবিক সংকেত  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ । যৌগটি ir বর্ণালিচিত্রে  $1715\text{ সেমি}^{-1}$  অবস্থানে একটি তীব্র পটি (strong band) এবং  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে  $\delta$  1.0 ও  $\delta$  2.0 অবস্থানে 3:1 উচ্চতার অনুপাতে দুটো সিংলেট (singlet) প্রদর্শন করে। যৌগটির গঠন সংকেত নির্ণয় করুন।
- (2) একটি জৈব যৌগের আণবিক সংকেত  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ । যৌগটি UV বর্ণালিচিত্রে দীর্ঘতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda_{\text{max}} = 300\text{nm}$  (E-40) তে শোষণ, ir বর্ণালিচিত্রে  $1720\text{ সেমি}^{-1}$  অবস্থানে তীব্র পটি (strong band) এবং  $^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে  $\delta$  2.0 ppm অবস্থানে একটি সিগন্যাল (signal) প্রদর্শন করে। যৌগটির গঠন সংকেত নির্ণয় করুন।
- (3)  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$  আণবিক সংকেত বিশিষ্ট একটি জৈব যৌগ নিম্নলিখিত বর্ণালিজনিত উপাত্ত (spectral data) প্রদর্শন করে।

IR :  $1730\text{ সেমি}^{-1}$

$^1\text{H}$ NMR :	$\delta$ 7.3	$\delta$ 4.30	$\delta$ 2.93	$\delta$ 2.0
	সিংলেট	ট্রিপলেট	ট্রিপলেট	সিংলেট
		$J=7\text{Hz}$	$J=7\text{Hz}$	-
	5H	2H	2H	3H

যৌগটির গঠন সংকেত নির্ণয় করুন।

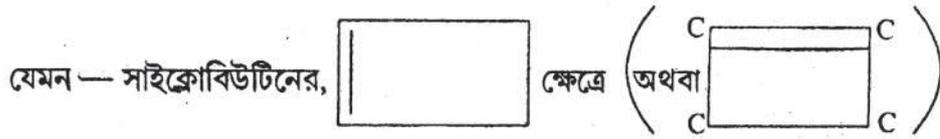
## 7.12 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

$$\gamma_{C-D} < \gamma_{C-H}$$

অনুশীলনী-2

C=C বন্ধনের প্রসারণ স্পন্দনের প্রভাব পার্শ্ববর্তী C-C বন্ধনের প্রসারণ ও নমন স্পন্দনের উপর পড়ে। তাই কোন কোন ক্ষেত্রে C=C বন্ধনের দৃঢ়তা কখনও বাড়ে আবার কখনও কমে। অন্যকথায়  $\gamma_{C=C}^{Str}$  কখনও বাড়ে আবার কখনও কমে।



C=C এর প্রসারণ স্পন্দনের প্রভাব এর উল্লম্ব অবস্থানে অবস্থিত C-C বন্ধনের নমন স্পন্দনের উপর পড়ে ফলে C=C স্পন্দনের দৃঢ়তা অপেক্ষাকৃত কমে যায়।

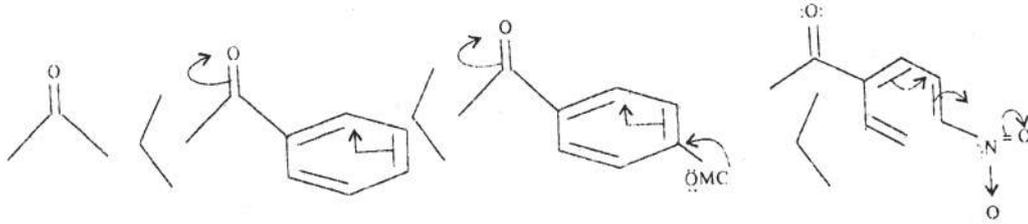
ফলে  $\gamma_{C=C}^{Str}$  এক্ষেত্রে কমে  $1566 \text{ cm}^{-1}$  হয়।

অন্যান্য ক্ষেত্রে, অর্থাৎ C-C বন্ধন উল্লম্ব অবস্থান থেকে সরলরৈখিক অবস্থানের দিকে পরিবর্তিত হওয়ায় C=C বন্ধনের স্পন্দনের প্রভাব C-C বন্ধনের প্রসারণ ও নমন-উভয় স্পন্দনের উপরই পড়ে। তাই C=C বন্ধনের দৃঢ়তা বেড়ে যায়। ফলস্বরূপ  $\gamma_{C=C}^{Str}$  বেড়ে যায়। সাইক্লোবিউটিন ব্যতিরেকে উপরের সব ক্ষেত্র উদাহরণের এই প্রভাব পরিলক্ষিত হয়।

অনুশীলনী-3

(i) দ্বিতীয় যৌগটি  $\alpha, \beta$  অসম্পৃক্ত যৌগ কিন্তু প্রথমটি নয়। অতএব দ্বিতীয় যৌগ প্রথম যৌগ অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কে শোষণ প্রদর্শন করবে।

(ii)



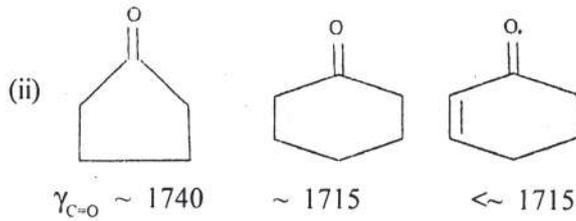
যুগ্মতা  
কম্পাঙ্কের  
মান কমিয়ে  
দেয়।

মিথোক্সি  
প্রতিস্থাপক  
C=O বন্ধনের  
বন্ধন ক্রম শুধুমাত্র  
ফিনাইল গ্রুপ  
অপেক্ষা আরও  
কমিয়ে দেয়।

এখানে  
C=O বন্ধনের  
বন্ধন ক্রম  
বেড়ে যায়

#### অনুশীলনী-4

(i) প্রোপিয়োনালডিহাইডে অ্যালডিহাইডিক হাইড্রোজেনের জন্য C-H স্পন্দন হেতু দুটো পিক পাওয়া যাবে।

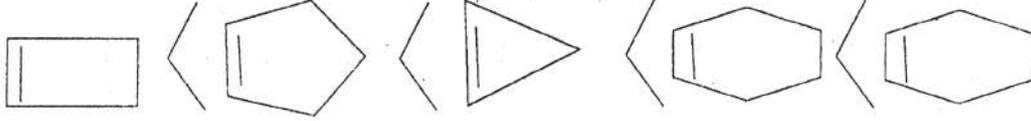


(সেমি<sup>-1</sup>)

#### অনুশীলনী-5

পাঠ্যপুস্তক দেখুন।

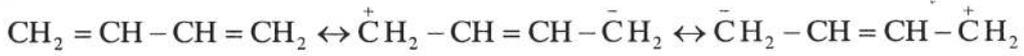
অনুশীলনী-6



কারণ দর্শানোর জন্য পাঠ্যপুস্তক দেখুন।

অনুশীলনী-7

1, 3 বিউটাডাইন নিম্নলিখিত রেজোন্যান্স গঠন (resonance structure) প্রাপ্ত হয়।

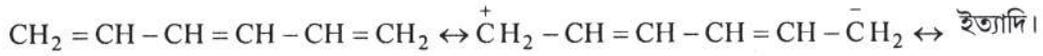


রেজোন্যান্স অর্থাৎ কনজুগেশন (conjugation) এর ব্যাপ্তি যত বৃদ্ধি পায়  $\Delta E_{\text{HOMO} \rightarrow \text{LUMO}}$  ততই হ্রাস পায় এবং  $\lambda_{\text{max}}$  দীর্ঘতর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের হয়।

মূলমান 215 nm

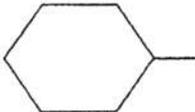
1, 3 বিউটাডাইন  $\lambda_{\text{max}}$  এর এই মান 217 nm হয়।

1, 3, 5 হেক্সাট্রাইইন নিম্নলিখিত রেজোন্যান্স গঠন সংকেত প্রদর্শন করে।

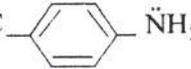


এক্ষেত্রেও রেজোন্যান্স অর্থাৎ কনজুগেশন এর ব্যাপ্তি 1, 3 বিউটাডাইন অপেক্ষা বেশি। ফলে  $\lambda_{\text{max}}$  এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান 217 nm অপেক্ষা বেশি হয়। এক্ষেত্রে এই মান 258 nm হয়।

অনুশীলনী-8

(i) বেঞ্জাইলঅ্যামিনে,   $\text{CH}_2 - \text{NH}_2$  বাধাদানকারী মিথিলিন গ্রুপের উপস্থিতির জন্য

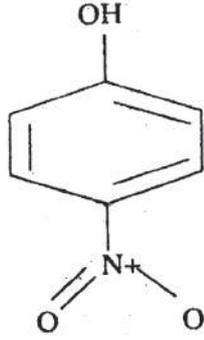
নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় এবং বেঞ্জিনের HOMO এর মিথস্ক্রিয়া বা p- $\pi$  যুগ্মতা

(p- $\pi$  conjugation) সম্ভব না হয়। কিন্তু, এই মিথস্ক্রিয়া প্যারা টলুইডিনে,   $\text{NH}_2$  সম্ভব।

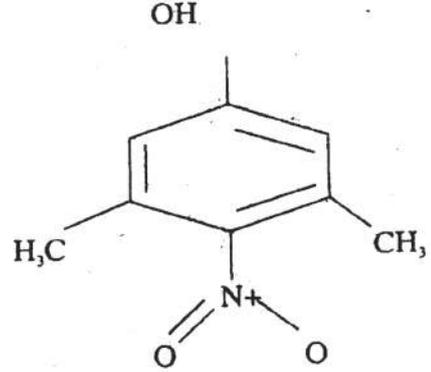
ফলে, প্যারা টলুইডিনে HOMO-LUMO এর শক্তি পার্থক্য বেঞ্জাইলঅ্যামিনের HOMO-LUMO এর শক্তিপার্থক্যের চেয়ে কম। তাই, ইলেকট্রন পরিবৃত্তিজনিত  $\lambda_{\text{max}}$  প্যারা টলুইডিন যৌগে বেঞ্জাইলঅ্যামিন যৌগের অপেক্ষা দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট হয়। সুতরাং UV-বর্ণালিচিত্রে  $\lambda_{\text{max}}$  এর তুলনামূলক অবস্থান থেকে যৌগ দুটিকে সহজেই শনাক্ত করা যাবে।

(ii) 4-নাইট্রোফেনল এবং 4-নাইট্রো-3, 5-ডাইমিথাইলফেনল

অর্থাৎ,



এবং

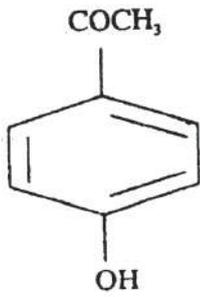


4-নাইট্রোফেনলের ক্ষেত্রে বেঞ্জিন বলয়ের  $\pi$  অরবিটালের সাথে অনুবন্ধ অবস্থার (extended conjugation) বৃদ্ধির ফলে  $\lambda_{\max}$  এর মান বাড়ে।

4-নাইট্রো-3, 5-ডাইমিথাইলফেনলের ক্ষেত্রে স্টেরিকজনিত রেজোন্যান্সে বাধাদানকারী (Steric inhibition of resonance) দুটি মিথাইল গ্রুপের উপস্থিতির ফলে  $\lambda_{\max}$  এর মান প্রথম যৌগ অপেক্ষা কম হবে।

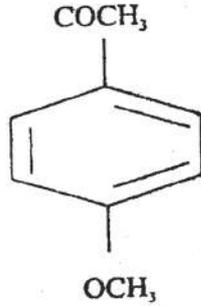
(iii) 4-হাইড্রোক্সি অ্যাসিটোফেনোন (I) এবং 4-মিথোক্সিঅ্যাসিটোফেনোন (II)

অর্থাৎ,

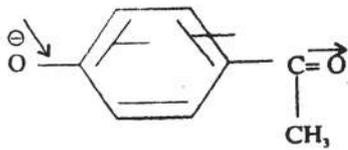


(1)

এবং



(2)



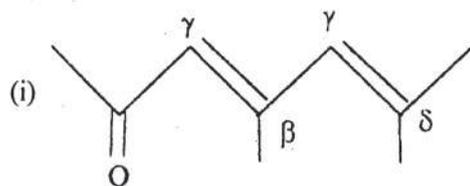
ক্ষারের উপস্থিতিতে যৌগ (I) এর অনুবন্ধতা (conjugation) বেড়ে

যাওয়ায়  $\lambda_{\max}$  এর মান বেড়ে যাবে।

কিন্তু, ক্ষারের উপস্থিতিতে যৌগ (II) এর  $\lambda_{\max}$  মানের কোন পরিবর্তন হবে না।

ফেনল যৌগে ক্ষার যোগ করে PH বৃদ্ধি ঘটালে  $\lambda_{\max}$  দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দিকে সরে যায় অর্থাৎ, bathochromic shift ঘটে।

অনুশীলনী 9



এটি  $\alpha, \beta$  অসম্পৃক্ত কিটোন মূলমান 215nm

$\beta\text{sp}^2\text{c}$  এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +12nm

$\delta\text{sp}^2\text{c}$  এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ

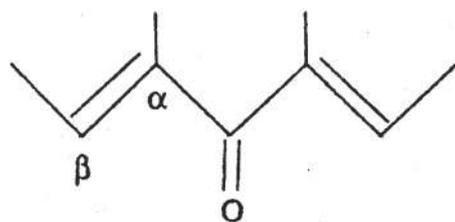
$2 \times 18\text{nm}$  +36nm

$\alpha, \beta$  অসম্পৃক্ত কিটোনের সাথে

অনুবদ্ধ অবস্থায় একটি

দ্বিবন্ধন  $\left( \begin{array}{c} -\text{C}=\text{C}- \\ | \quad | \end{array} \right)$  এর জন্য +30nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max} =$  293nm



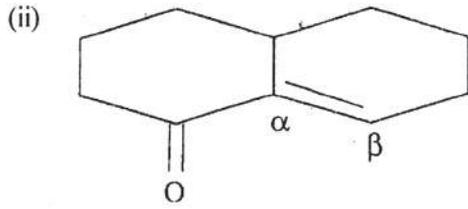
$\alpha, \beta$  অসম্পৃক্ত কিটোনের মূলমান 215nm

$\alpha\text{sp}^2\text{c}$  এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +10nm

$\beta\text{sp}^2\text{c}$  এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ +12nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{\max} =$  237nm

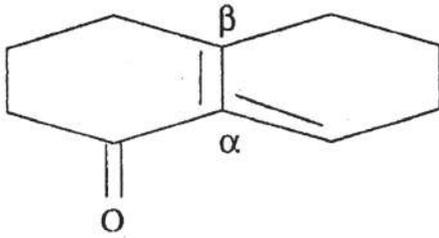
অপর দ্বিবন্ধনটি cross-conjugation থাকবার ফলে এর কোন অবদান নেই।



$\alpha, \beta$ অসম্পৃক্ত কিটোন মূলমান	215nm
$\alpha sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10nm
$\beta sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+12nm
বলয়ের শীর্ষকার্বনের সাথে	
বহিঃস্থ C-এর দ্বিবন্ধনের জন্য	+5nm

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{max} =$  242nm



$\alpha, \beta$ অসম্পৃক্ত কিটোন মূলমান	215nm
$\alpha sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10nm
$2\beta sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+24nm
গণনালব্ধ $\lambda_{max} =$	249nm

(iii) প্রথম যৌগের ক্ষেত্রে, এটি একটি  $\alpha, \beta$ -অসম্পৃক্ত কিটোন।

এর মূলমান	215nm
$\alpha sp^2c$ এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10nm
$\beta sp^2c$ এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ	
$2 \times 12$	+24nm

---

গণনালব্ধ  $\lambda_{max} =$  249nm

দ্বিতীয় ট্রান্স-ইন-ডাইওন যৌগটিতে যে কোন একটি অংশকে  $\alpha, \beta$  অসম্পৃক্ত কিটোন হিসাবে ধরা যেতে পারে।

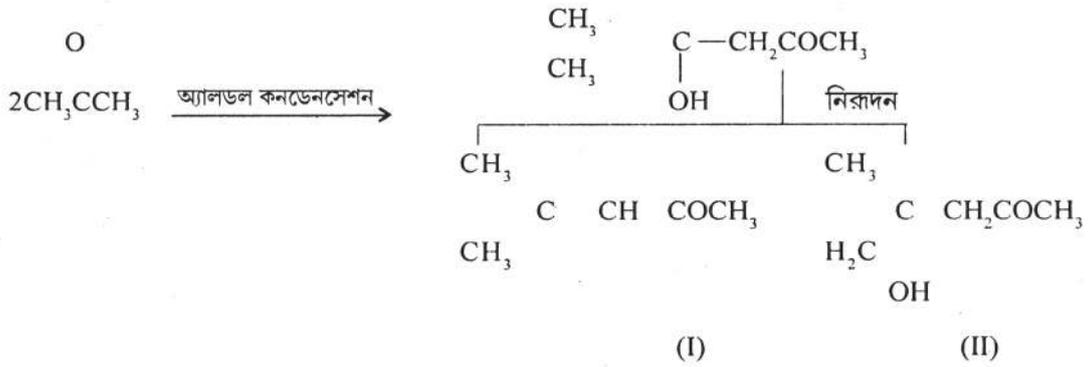
তাহলে এর মূলমান	215nm
$\alpha$ sp <sup>2</sup> C এ যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ	+10nm
$\beta$ sp <sup>2</sup> C এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ	
2×12	+24nm

গণনালক  $\lambda_{\max} =$  249nm

পরীক্ষালক মান  $\lambda_{\max}$  269nm ( $\epsilon$ , 12,500)

অর্থাৎ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সাধারণভাবে  $\alpha$ ,  $\beta$ -অসম্পৃক্ত কিটোনের সাথে C = O গ্রুপের  $\pi$  অরবিটালের অভিলেপন ধরা না হলেও বাস্তবিক ক্ষেত্রে অভিলেপন ঘটে। তাই এক্ষেত্রে গণনালক থেকে পরীক্ষালক  $\lambda_{\max}$  এর মান বাড়ে।

### অনুশীলনী 10



উৎপন্ন (I) যৌগটি একটি  $\alpha$ ,  $\beta$  অসম্পৃক্ত কিটোন। অর্থাৎ,  $\alpha$ ,  $\beta$  অনুবন্ধ কার্বোনিল যৌগ।

অতএব,

এর মূলমান 215nm

$\beta$ sp<sup>2</sup>C এ যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ

2×12 +24nm

অতএব গণনালক  $\lambda_{\max} =$  239nm

এর পরীক্ষালক মান  $\lambda_{\max}$  240 ( $\log \epsilon$  4.0)

দ্বিতীয় যৌগটি (II) অননুবন্ধ কার্বোনিল যৌগ।

এর পরীক্ষালক  $\lambda_{\max}$  315nm ( $\log \epsilon$  1.7)

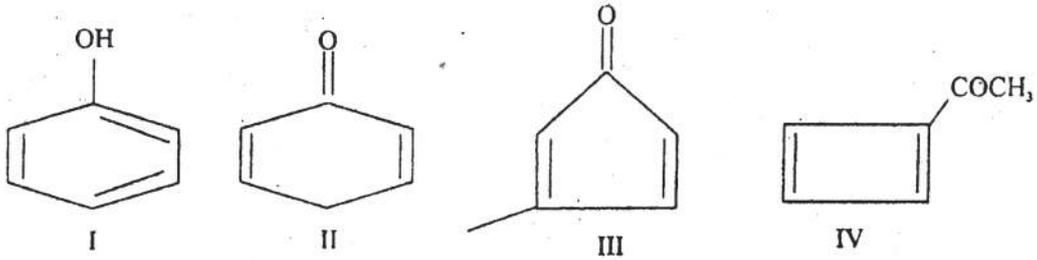
অনুশীলনী 11



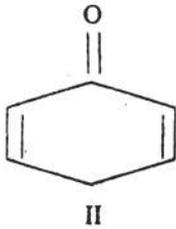
অতএব  $-COCH_3$  এবং/অথবা  $-CH(OH)CH_3$

গ্রুপ যৌগটিতে অনুপস্থিত।

$C_6H_6O$  দ্বারা উৎপন্ন যৌগগুলি :



যেহেতু যৌগটি আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না, অতএব (IV) যৌগ হতে পারে না। 1 নং যৌগটি ফেনল এক্ষেত্রে  $\lambda_{max} = 210 \text{ nm}$ ; অতএব এটি নয়।



এক্ষেত্রে  $\alpha, \beta$  অসংপৃক্ত কিটোন

মূলমান

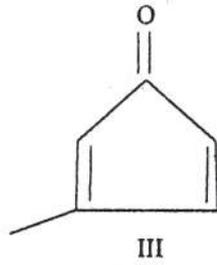
215nm

একটি  $sp_2c$  এ যুক্ত বলয় অবশিষ্টাংশ

12nm

গণনালব্ধ  $\lambda_{max} =$

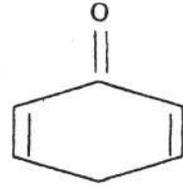
227nm



এক্ষেত্রে  $\alpha$ ,  $\beta$  অসম্পৃক্ত কিটোন

মূলমান	207nm
একটি $\alpha sp^2C$ যুক্ত প্রতিস্থাপক	+12nm
একটি $\beta sp^2C$ এ যুক্ত বলয় অবশিষ্টাংশ	+12nm
<hr/>	
গণনালব্ধ $\lambda_{max}$ =	231nm

পরীক্ষালব্ধ  $\lambda_{max}$  এর মান যেহেতু II নং যৌগের কাছাকাছি অতএব যৌগটি হল



অনুশীলনী 12

পাঠ্যপুস্তক দেখুন।

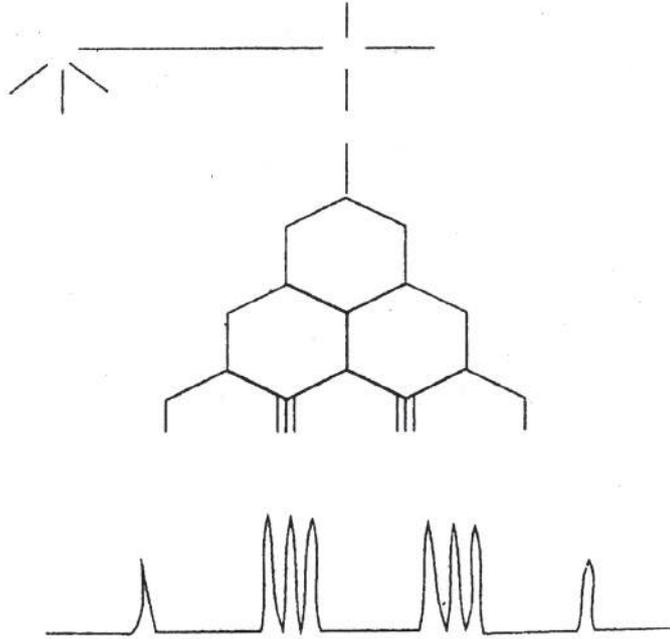
অনুশীলনী 13

$$\delta = \frac{\Delta\gamma \text{ (Hz)}}{\text{প্রযুক্ত রেডিও কম্পাঙ্ক (Hz)}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$= \frac{60 \text{ Hz}}{60 \times 10^6 \text{ Hz}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

$$= 1 \text{ ppm}$$

অনুশীলনী 14



উত্তরমালা : সর্বশেষে প্রশ্নাবলি

- (1) IR বর্ণালিচিত্রে  $1715 \text{ সেমি}^{-1}$  এ তীব্র পটি (Strong band) কার্বোনিল গ্রুপ (carbonyl group) নির্দেশ করে।

$^1\text{H}$  NMR বর্ণালিচিত্রে দেখা যায় যে, যৌগটিতে দু'ধরনের রাসায়নিক পরিবেশে একটিতে 9টি এবং অন্যটিতে 3টি প্রোটন বর্তমান। এই 3টি প্রোটনের সিংলেট ( $\delta$  2.0) অর্থাৎ ইলেকট্রন আকর্ষী সম্বিহিত মিথাইল গ্রুপ ( $-\text{COCH}_3$ ) এবং 9টি প্রোটনের সিংলেট ( $\delta$  1.0) অর্থাৎ টারসিয়ারী বিউটাইল গ্রুপ

নির্দেশ করে। অর্থাৎ যৌগটির গঠন সংকেত হল  $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3$

- (2)  $1720 \text{ সেমি}^{-1}$ — কার্বোনিল গ্রুপ ( $> \text{C} = \text{O}$ ) নির্দেশ করে।  $2700$  এবং  $2900 \text{ সেমি}^{-1}$  এ কোন পিক্ (peak) না থাকায় এটি—CHO নয়। অতএব এটি কিটো কার্বোনিল গ্রুপ।

$\lambda_{\text{max}}$   $300 \text{ nm}$  এ দুর্বল শোষণ ( $\epsilon \sim 40$ ) কিটো গ্রুপের ( $n \rightarrow \pi^*$ ) উপস্থিতি সমর্থন করে।

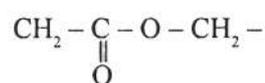
$\delta$  2.0 অবস্থানে সিগন্যালটি ও অ্যাসিটোন যৌগ নিশ্চিত করে। অতএব যৌগটি  $\text{CH}_3 \text{CO CH}_3$

- (3)  $1730 \text{ সেমি}^{-1}$  — এস্টার ( $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}'$ ) এস্টার নির্দেশ করে।

সিগন্যালের অবস্থান এবং সংযোজন (coupling) নীচের আংশিক গঠন সংকেতগুলি নির্দেশ করে।

$C_6H_5$  ( $\delta 7.3$ ),  $CH_2 - CH_2$  ( $\delta 4.30$  এবং  $\delta 2.93$ ),  $CH_3-[COO]$  ( $\delta 2.0$ )

$CH_3$  ( $\delta 2.0$ ) এবং  $CH_2$  ( $\delta 4.30$ ) নীচের আংশিক গঠন সংকেত নির্দেশ করে।



উপরের আংশিক গঠন সংকেতগুলি যোগ করলে  $\overset{\delta 2.0}{CH_2} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{C}} - O - \overset{\delta 4.3}{CH_2} - \overset{\delta 2.0}{CH_2} - \overset{\delta 7.3}{C_6H_5}$  পাওয়া যায়।

অর্থাৎ যৌগটির গঠন সংকেত হল  $CH_3 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{C}} - O - CH_2 - CH_2 - C_6H_5$

### 7.13 অতিরিক্ত সহায়ক গ্রন্থসমূহ

1. J. R. Dyer, "Application of Absorption Spectroscopy of Organic Compounds". Prentice-Hall of India Private Limited, 1974.
2. W. Kemp, "Organic Spectroscopy", E.L.B.S., 1979.
3. R. M. Silverstein, G. C. Basler and T. C. Morrill, "Spectrometric Identification of Organic Compounds", John Wiley, 1981.
4. P. S. Kalsi, "Spectroscopy of Organic Compounds", New Age International Limited, 1995.
5. V. R. Dani, "Organic Spectroscopy", Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1995.

---

## একক ৪ □ জৈব যৌগের ব্যবহারিক প্রয়োগ

---

গঠন

8.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

8.2 দৈনন্দিনের প্রধান খাদ্য

8.2.1 শর্করা

8.2.2 প্রোটিন

8.2.3 চর্বি ও তেল

8.2.4 ভিটামিন

8.3 পরিধান ও ব্যবহারিক সামগ্রী

8.3.1 প্রাকৃতিক উৎস থেকে উৎপন্ন তুলা, পাট ও রেশম

8.3.2 সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন তন্তু

নাইলন—

টেরিলিন—

8.4 রোগ প্রতিরোধকারী এবং রোগ উপশমকারী ওষুধ

8.4.1 প্যারাসিটামল

8.4.2 অ্যাসপিরিন

8.4.3 মারকিউরোকোম

8.4.4 সালফাওয়ানিডিন

8.4.5 পেনিসিলিন ও ক্লোরো অ্যামফিনিকল

8.4.6 ক্লোরোকুইন

8.4.7 অ্যাট্রোপিন

8.5 কৃষিকার্যের জন্য ব্যবহৃত সার এবং পোকা, ছত্রাক ও আগাছা ধ্বংস করার জন্য কীটনাশক জৈব যৌগ।

8.6 পলিমার যৌগের অবদান

8.7 প্রসাধন দ্রব্য

8.8 সাবান ও ডিটারজেন্ট

8.9 জ্বালানি

8.10 সারাংশ

8.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

8.12 উত্তরমালা

---

## 8.1 প্রস্তাবনা

---

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে জৈব যৌগের অবদান অপরিসীম। আমরা যে খাদ্য গ্রহণ করি অথবা যে বস্ত্র পরিধান করি সেগুলি জৈব যৌগ দিয়েই গঠিত। যেমন ধরুন ভাত, রুটি বা চিনি প্রভৃতিতে শক্তি উৎপাদনকারী শর্করা জাতীয় জৈব যৌগ মাছ, মাংস, ডিম বা ডালে শরীর গঠনকারী প্রোটিন জাতীয় জৈব যৌগ; তেল, ঘি, মাখন বা চর্বিজাতীয় খাবারে শক্তি উৎপাদনকারী টি.জি.-র (ট্রাইগ্লিসারাইড) মধ্যেও জৈব যৌগের উপস্থিতি অস্বীকার করার উপায় নেই।

শর্করা, প্রোটিন ও চর্বি জাতীয় খাবার ছাড়াও বিভিন্ন ভিটামিন ও খনিজ সমূহ আমাদের খাদ্য তালিকায় থাকবেই। তা না হলে সুস্বাদু খাদ্য প্রস্তুত করা যাবে না। এই ভিটামিনগুলিও জৈব যৌগ।

আমরা যে বস্ত্র পরিধান করি তাও জৈব যৌগ দিয়েই গঠিত। প্রাকৃতিক উৎস থেকে উৎপন্ন তুলা, পাট বা রেশম দিয়ে বস্ত্র তৈরি করা হয়। বর্তমানে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে কৃত্রিম তন্তু—নাইলন বা টেরিলিন উৎপন্ন করা হয়। তুলাতে উপস্থিত জৈব যৌগ হল সেলুলোজ। আবার কৃত্রিম তন্তু নাইলন বা টেরিলিনেও পলি অ্যামাইড বা পলি এস্টার শ্রেণীর জৈব যৌগ বর্তমান।

রোগে আক্রান্ত হলে আমরা রোগ নিরাময়ের জন্য যে সকল ওষুধ ব্যবহার করি সেগুলিও বেশিরভাগই জৈব যৌগ দিয়ে তৈরি। যেমন— প্যারাসিটামল, পেনিসিলিন, স্ট্রেপ্টোমাইসিন, ক্লোরোমাইসিটিন, কুইনিন, ক্লোরোকুইন, মারকিওরোক্রেম, অ্যাসপিরিন, সালফানিলামাইড, সালফাডায়াজিন, সালফাওয়ানিডিন, মেসকালিন, বারবিটলিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

কৃষিকাজের জন্য জমিতে সার হিসাবে ইউরিয়ার ব্যবহার আমরা জানি। ইউরিয়াও একটি জৈব যৌগ। এছাড়া জমির ফসল নষ্ট করে এমন সব পোকা ধ্বংস করতে চাষিভাইরা যে কীটনাশক পদার্থ ব্যবহার করেন সেগুলিও জৈব যৌগ। যেমন, 2, 5 ডাইক্লোরোবেঞ্জিন-1-সালফোনিক অ্যাসিড, বি. এইচ. সি, ডি. ডি. টি, ডিসপারলার, অ্যালড্রিন ইত্যাদি। এদের মধ্যে ডি.ডি.টির ব্যবহার এখন নিষিদ্ধ। পোকা বিনাশকারী রাসায়নিক জৈব যৌগগুলি ব্যবহার করার সময় সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে। তা না হলে মৃত্তিকা ও জল দূষিত হবে যা জনজীবনের ক্ষেত্রে বিপর্যয় ডেকে আনবে।

গৃহস্থালিতে ব্যবহারের জন্য নানা রঙের চেয়ার, টেবিল, টুল, বালতি প্রভৃতি বাজারে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। এগুলিও বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের পলিমার।

তাছাড়া জলসেচ করার জন্য ছোট বড় পাইপ, টেলিফোনের তার আচ্ছাদনের জন্য বিভিন্ন রঙিন পাইপ জৈব যৌগের পলিমার দিয়েই তৈরি। যেমন— পলি ভিনাইল ক্লোরাইড (PVC)।

নানারকম প্রসাধনী দ্রব্য অথবা আমাদের জীবনযাত্রার সঙ্গে অঙ্গাঙ্গিভাবে জড়িয়ে আছে এমন সব প্রয়োজনীয় দ্রব্য, যেমন— দাঁতের মাজন, ট্যালকম পাউডার, স্নো, নানা ধরনের সুগন্ধি দ্রব্য, শ্যাম্পু, নখের পালিশ, লিপস্টিক, গায়ের সাবান, এমনকি কাপড় কাচা সাবানের পরিবর্তে ডিটারজেন্ট পাউডার—যা খর জলেও ব্যবহার করা যায়—এ সবতেই বিভিন্ন শ্রেণীর জৈব যৌগের অবদান রয়েছে।

কিছু কঠিন তরল ও গ্যাসীয় জ্বালানিও বিভিন্ন জৈব যৌগ দিয়ে তৈরি।

এককের এই অংশে আমরা কিছু সুনির্দিষ্ট জৈব যৌগের গঠন, সরল প্রস্তুতি ও ব্যবহার সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোকপাত করব।

---

## উদ্দেশ্য

---

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে যে তথ্য সংগ্রহ করতে পারবেন সেগুলি হল :

- শর্করা, প্রোটিন, চর্বি ও তেল কী ধরনের জৈব যৌগ। তাদের রাসায়নিক গঠন কেমন। এদের প্রাকৃতিক উৎস কী। এরা আমাদের শরীর গঠনে কীভাবে সাহায্য করে।
- ভিটামিনের শ্রেণীবিভাগ এবং আমাদের খাদ্যে এদের প্রয়োজন কেন।
- আমরা যে বস্ত্র পরিধান করি, রাসায়নিক বিচারে তারা কী ধরনের যৌগ। এদের প্রাকৃতিক উৎস কী। সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে যে তত্ত্ব তৈরি করা হয় (যেমন— নাইলন, টেরিলিন বা ডেকরন) তারা কোন ধরনের জৈব যৌগ দিয়ে গঠিত। এগুলি তৈরি করতে প্রয়োজনীয় কাঁচামাল কীভাবে সুলভে সংগ্রহ করা যায়।
- বিভিন্ন রোগ উপশমের জন্য বা রোগের প্রতিষেধক হিসাবে যে সমস্ত ওষুধ ব্যবহৃত হয় তাদের নাম ও রাসায়নিক প্রকৃতি কেমন।
- কৃষিকার্যে ব্যবহৃত সার ও শস্যের ক্ষতি রোধ করতে যে সমস্ত রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয় তাদের প্রকৃতি কীরূপ। পরিবেশ দূষণের সঙ্গে এদের সম্পর্ক কী এবং এগুলি ব্যবহারের সময় কী ধরনের সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত।
- বিভিন্ন পলিমার যৌগের রাসায়নিক প্রকৃতি, সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুতি এবং ব্যবহার সম্বন্ধে ধারণা।
- সাবান ও ডিটারজেন্টের মধ্যে পার্থক্য কী এবং ডিটারজেন্ট কেন খর জলেও ব্যবহৃত হতে পারে।
- অধিকাংশ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় জ্বালানি কী ধরনের জৈব যৌগ দিয়ে গঠিত? এদের উৎস কী? গৃহস্থালিতে ও শিল্পে এদের ব্যবহারের ব্যাপকতা।

---

## 8.2 দৈনন্দিনের প্রধান খাদ্য

---

### 8.2.1 শক্তি উৎপাদনকারী শর্করা জাতীয় খাদ্য (Carbohydrates)

ভাত, রুটি, ময়দা, আলু প্রভৃতি প্রধান খাদ্য হিসাবে আমরা প্রায় রোজই গ্রহণ করে থাকি। এই খাদ্যগুলিতে টার্চ

নামক জৈব যৌগ বর্তমান। এদের সাধারণ আণবিক সংকেত হল  $C_6H_{10}O_5$ । স্টার্চ সুনির্দিষ্ট এন্জাইমের সাহায্যে অথবা অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অবশেষে গ্লুকোজে পরিণত হয়। আখের রসে যে শর্করা থাকে তাকে আমরা চিনি (Sucrose) বলি। এই যৌগও আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজে ও ফ্রুকটোজে রূপান্তরিত হয়।

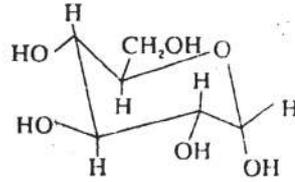
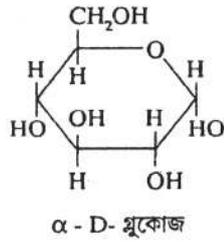
এখানে এই যৌগগুলির আণবিক সংকেত ও অভিক্ষেপ সংকেত দেখান হল।

গ্লুকোজ : আণবিক সংকেত ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত



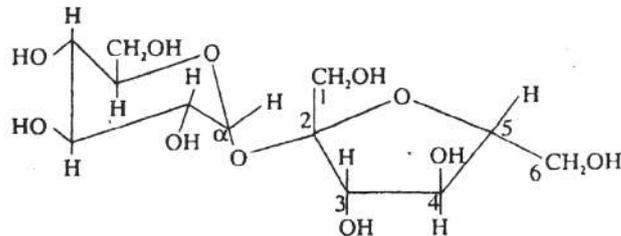
হাওয়ার্থ অভিক্ষেপ সংকেত

চেয়ার অণুবিন্যাস

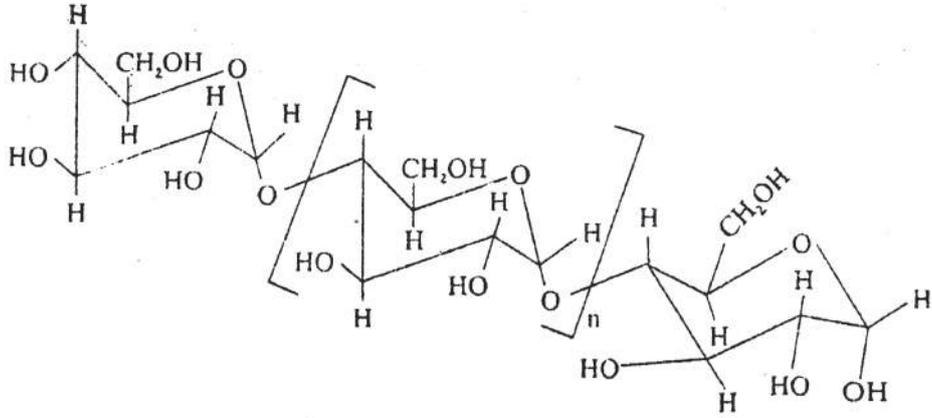


চিনি (Sucrose) : আণবিক সংকেত;  $C_{12}H_{22}O_{11}$ । গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ অণু দিয়ে গঠিত গঠন সংকেত

গঠন সংকেত -



স্টার্চ (starch) : আণবিক সংকেত  $(C_6H_{10}O_5)_n$

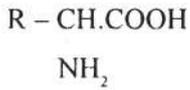


ল্যাকটোজ (lactose) শিশু খাদ্য ও সেলুলোজ কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়। ল্যাকটোজ-গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজ (galactose) দিয়ে তৈরি। সেলুলোজ গ্লুকোজ অণু দিয়ে তৈরি।

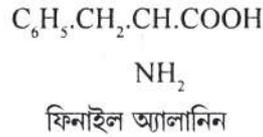
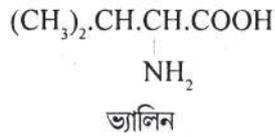
উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডল থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্রহণ করে প্রথমে গ্লুকোজ ও পরে সেলুলোজ তৈরি করে। কিন্তু মানুষ ও পশুরা বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাইঅক্সাইড থেকে সেলুলোজ উৎপন্ন করতে পারে না। এর কারণ মানুষ বা পশুদের দেহে রাইবিউলোজ-1, 5-বিস্ফসফেট-কার্বক্সিলেজ (ribulose- 1, 5-bisphosphate carboxylase) নামক নির্দিষ্ট এনজাইম তৈরি হয় না, কিন্তু উদ্ভিদ দেহে এটি উৎপন্ন হয়।

### 8.2.2 প্রোটিন (Protein) :

আমাদের খাদ্য তালিকায় প্রোটিন অন্যতম। প্রোটিন নাইট্রোজেন সমন্বিত জৈব যৌগ। প্রোটিন বিশ্লেষণে অ্যামিনো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। শরীরের কোষকলা গঠনে প্রোটিনের অবদান অপরিসীম। অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন হল :



অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি মধ্যে দশটি অ্যামিনো অ্যাসিড অতি প্রয়োজনীয়। এগুলি হল, ভ্যালিন, লিউসিন, আইসোলিউসিন, ফিনাইল অ্যালানিন, থ্রিওনিন, মেথিওনিন, ট্রিপটোফ্যান, লাইসিন, আরজিনিন ও হিস্টিডিন। এদের কয়েকটির রাসায়নিক গঠন নীচে দেখান হল—





এখানে  $R \cdot C \cdot OH$  হচ্ছে দীর্ঘশৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড। যেমন—পামিটিক অ্যাসিড, স্টিয়ারিক অ্যাসিড, ওলেইক অ্যাসিড, লিনোলেইক অ্যাসিড, লিনোলেনিক অ্যাসিড ইত্যাদি। এই অ্যাসিডগুলির মধ্যে এক বা একাধিক অসম্পৃক্ততা (দ্বিবন্ধন) আছে। একটি অসম্পৃক্ততা থাকলে জৈব অ্যাসিডটিকে বলা হয় MUFA (Mono Unsaturated Fatty Acid)। যেমন, ওলেইক অ্যাসিড। আবার একের অধিক অসম্পৃক্ততা থাকলে অ্যাসিডকে বলা হয় PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acid)। যেমন, লিনোলেইক অ্যাসিডে দুটি এবং লিনোলেনিক অ্যাসিডে তিনটি অসম্পৃক্ততা আছে।

উৎস : নারকেল তেল, মাছ ও মাংসের চর্বি, মাখন, ডিমের কুসুম, দুধ প্রভৃতি।

#### 8.2.4 ভিটামিন :

আমাদের খাদ্য তালিকায় ভিটামিনের উপস্থিতি অনস্বীকার্য। এদের আরেক নাম খাদ্যপ্রাণ। ভিটামিনের অভাবে দেহে নানারকম জটিল রোগের সৃষ্টি হয়। সব ভিটামিনই জৈব যৌগ। এদের মধ্যে গঠনগত মিল খুব কম। ভিটামিনগুলিকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। কিছু ভিটামিন চর্বিতে দ্রবীভূত হয় আবার কিছু ভিটামিন জলে দ্রাব্য।

চর্বি দ্রবীভূত ভিটামিন

জলে দ্রবীভূত ভিটামিন

ভিটামিন A

ভিটামিন B

ভিটামিন D

ভিটামিন C

ভিটামিন E

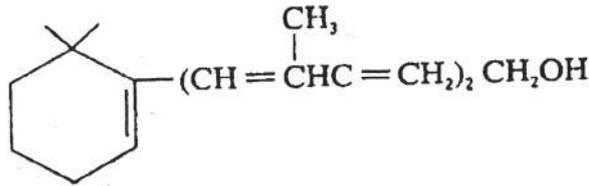
ভিটামিন K

জলে দ্রবীভূত ভিটামিনগুলি সাধারণত জারণ বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। কিছু ভিটামিনের উৎস, রাসায়নিক গঠন এবং এদের অভাবে কী কী রোগ হতে পারে সে সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হল।

##### (1) ভিটামিন A (Retinol)

উৎস : সবুজ শাকসব্জি, টোমেটো, দুধ, মাখন, মাছের তেল।

গঠন :



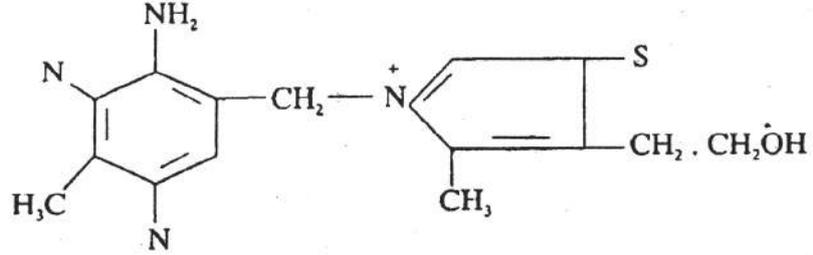
উপকারিতা : চোখের দৃষ্টিহীনতা রোধ করে।

(2) ভিটামিন B : এখানে আমরা তিনটি ভিটামিন B এর উল্লেখ করব।

(a) ভিটামিন B<sub>1</sub> - (Thiamine)

উৎস : চাল, গম, দুধ, ডিম ইত্যাদি।

গঠন :

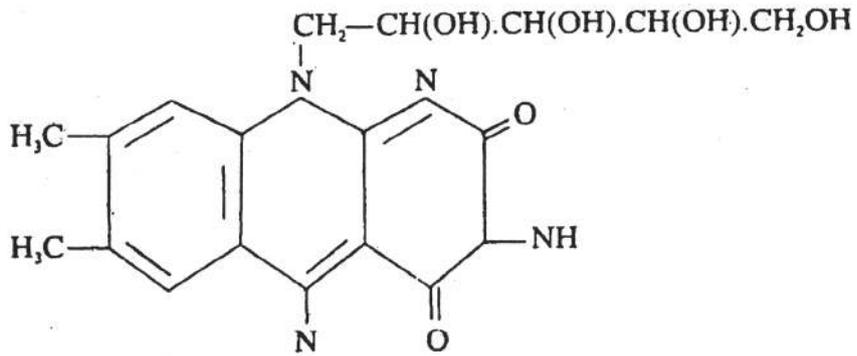


উপকারিতা : বেরিবেরি রোগ প্রতিরোধ করে।

(b) ভিটামিন B<sub>2</sub> (Riboflavin)

উৎস : দুধ, ডিম, নানারকম শস্যদানা (cereals), লিভার ইত্যাদি।

গঠন :



উপকারিতা :

- যে সমস্ত হরমোন কার্বোহাইড্রেট পরিপাকে সাহায্য করে তাদের পরিচালনে সাহায্য করে।
- ভিটামিন B<sub>2</sub> দুটি কো-এনজাইম উৎপন্ন করে— FMN (Flavin Mono Nucleotide) এবং FAD (Flavin Adenine Dinucleotide)। এই কোএনজাইমগুলিকে Flavoprotein বলে। খাদ্য পরিপাক ক্রিয়ার সময় জারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(c) ভিটামিন B<sub>12</sub>

এই ভিটামিনকে সায়ানো কোবলামিন বলে।

উৎস: লিভারের নির্ধাস থেকে তৈরি করা হয়। এছাড়া কিডনি, ডিম, মাছ, মাংস, দুধ প্রভৃতিতেও পাওয়া যায়।

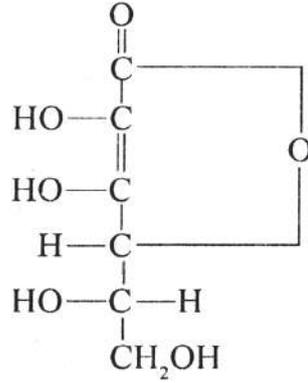
গঠন : এই যৌগে কোবাল্ট ধাতু বর্তমান। অত্যন্ত জটিল যৌগ বলে এখাানে এর গঠন দেখান হল না।

উপকারিতা : দীর্ঘদিন অসুস্থতার ফলে রক্তাল্পতা (pernicious anaemia) দেখা দিলে এই ভিটামিন ব্যবহার করা হয়।

(d) ভিটামিন C (অ্যাস্করবিক অ্যাসিড)

উৎস : কমলালেবু, পাতিলেবু, টমেটো, কাঁচালঙ্কা, পেয়ারা ইত্যাদি।

গঠন :

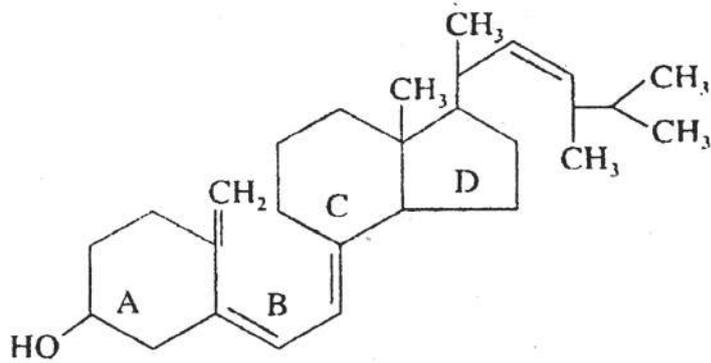


উপকারিতা : স্কার্ভি রোগ নিরাময়ের জন্য সমুদ্রে যাতায়াতকারী নাবিকদের মধ্যে এই রোগ দেখা যায়। শরীরের রক্তে লৌহকণিকা শোষণের জন্য অতি প্রয়োজনীয়।

(e) ভিটামিন D (Calciferol)

উৎস : মাছের তেল, মাখন, ডিমের সাদা অংশ। এই ভিটামিন সবচেয়ে সহজ উপায়ে তৈরি হয় যখন সূর্যরশ্মি গায়ে চামড়ায় আপতিত হয়। এজন্য ভিটামিন D কে সানসাইন ভিটামিন (Sunshine Vitamin) বলা হয়।

গঠন : ভিটামিন জৈব যৌগগুলি সবই Sterol শ্রেণীভুক্ত। ভিটামিন A-এর তুলনায় ভিটামিন D অনেক বেশি সুস্থির। রান্নার সাধারণ তাপমাত্রায় এগুলি নষ্ট হয় না।



ভিটামিন D<sub>2</sub>

উপকারিতা : ভিটামিন D-এর উপস্থিতিতে ক্যালসিয়াম এবং ফসফরাসের শোষণ বৃদ্ধি পায়, তাই শরীরের হাড় মজবুত করতে সাহায্য করে এবং রিকেট রোগ তেকে শরীরকে রক্ষা করে।

### অনুশীলনী-2

- (i) ট্রাইগ্লিসারাইডের আদ্রবিচ্ছেদে দীর্ঘশৃঙ্খল যুক্ত এমন একটি ফ্যাটি অ্যাসিডের নাম গঠন লিখুন যাতে মাত্র একটি অসম্পৃক্ততা (দ্বিবন্ধ) আছে।
- (ii) একটি চর্বি দ্রবীভূত ও একটি জলে দ্রবীভূত ভিটামিনের নাম, উৎস ও ব্যবহার উল্লেখ করেন।
- (iii) সানসাইন (Sunshine) ভিটামিন কোন ভিটামিনকে বলা হয়? এই নামকরণের কারণ কী? এই ভিটামিনের উপকারিতা সম্বন্ধে লিখুন।

---

## 8.3 পরিধান ও ব্যবহারিক সামগ্রী

---

### 8.3.1 প্রাকৃতিক উৎস থেকে উৎপন্ন তুলা, পাট ও রেশম

প্রায় ৫০ বছর আগে আমাদের দেশ যখন স্বাধীন হল তখন সূতির বস্ত্রই ছিল আমাদের প্রধান পরিধেয়। প্রকৃতিজাত তুলার যোগান আসত ভারতের দক্ষিণ-পশ্চিমের কৃষ্ণমৃত্তিকা অঞ্চল গুজরাট, মহারাষ্ট্র থেকে। পূর্বাঞ্চলে আমাদের পশ্চিমবাংলায় যে পাটের চাষ হয় তা থেকে যেমন বস্ত্র তৈরি হত তেমনি বিভিন্ন মিলে পাটের তৈরি ব্যাগ বা বস্তাও উৎপাদিত হত। এগুলি সবই সেলুলোজ জৈব যৌগ দিয়েই তৈরি। কিন্তু প্রকৃতিজাত রেশমে অ্যামাইড জাতীয় জৈব যৌগ থাকে। অর্থাৎ রেশম হল পলি অ্যামাইড (Polyamide)।

### 8.3.2 সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন তন্তু

সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন তন্তুর শিল্পে ব্যবহার প্রকৃতিজাত তুলা ও পাটশিল্প থেকে অনেক এগিয়ে গিয়েছে। ফলে তুলা ও পাটের ভবিষ্যৎ এখন নানা সমস্যায় জর্জরিত।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন দু'ধরনের তন্তুর নাম উল্লেখ করা যেতে পারে। এগুলি হল—

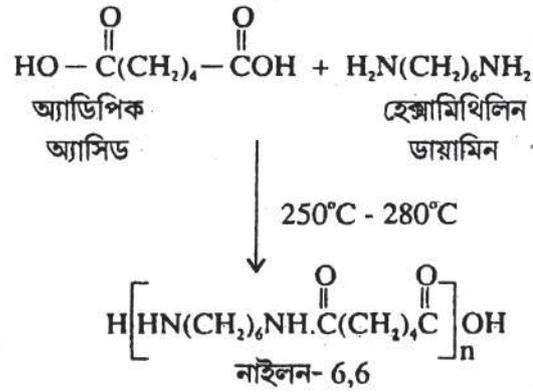
(a) নাইলন (Nylon)

(b) টেরিলিন (Terylene) বা ডেক্রন (Dacron)

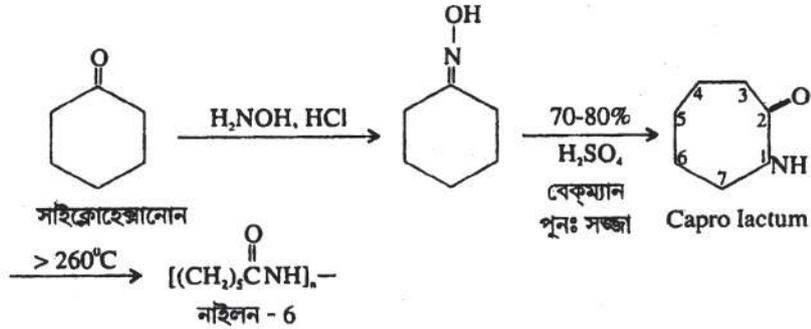
(a) নাইলন : নাইলন তন্তু রাসায়নিক বিচারে পলিঅ্যামাইড (Polyamide)

প্রস্তুতি : এখানে দুটি সহজ পদ্ধতি উল্লেখ করা হল।

1)

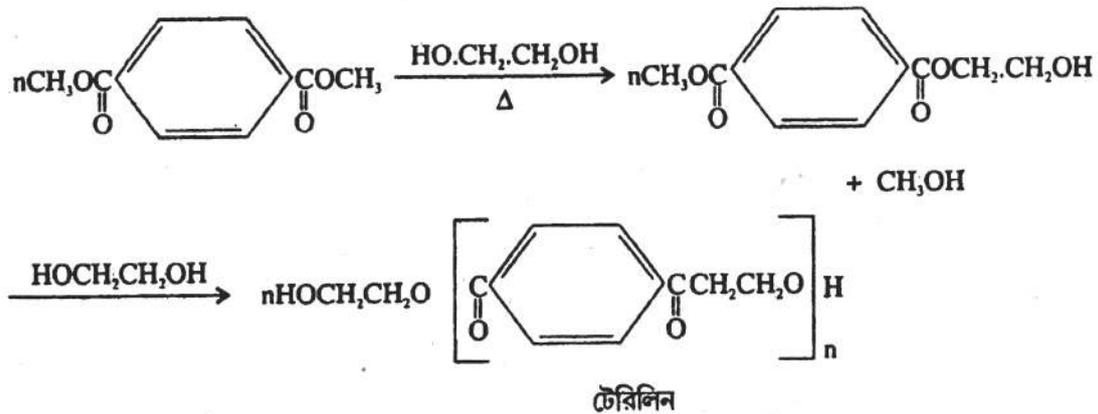


2)



(b) টেরিলিন : নাইলন যেমন পলি অ্যামাইড তেমন টেরিলিন হচ্ছে পলি এস্টার। টেরিথ্যালিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন হয় বলে এই তন্তুকে টেরিলিন বলা হয়।

প্রস্তুতি : টেরিথ্যালিক অ্যাসিডের মিথাইল এস্টার এবং ইথিলিন গ্লাইকলের বিক্রিয়ায় টেরিলিন উৎপন্ন হয়।



টেরিলিন এখন আমাদের পরিধেয় প্রস্তুতের জন্য প্রায় অপরিহার্য।

## 8.4 রোগ প্রতিরোধকারী এবং রোগ উপশমকারী ওষুধ

গার্হস্থ্য রসায়নের পর্যায় 2 এর একক 4এ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এগুলি প্রায় সবই জৈব যৌগ। এখানে কয়েকটি ওষুধের নাম, গঠন ও ব্যবহার উল্লেখ করা হল।

### 8.4.1 প্যারাসিটামল (Paracetamol) :

প্যারা অ্যামিনো ফিনল থেকে এ ওষুধ প্রস্তুত করা হয়।

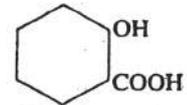


প্যারা অ্যামিনোফিনল

ব্যবহার : জ্বর, ব্যথা-বেদনা, যেমন—মাথা ধরা, দাঁতের ব্যথা উপশমের জন্য ব্যবহৃত হয়।

### 8.4.2 অ্যাসপিরিন (aspirin) :

স্যালিসাইলিক অ্যাসিড থেকে তৈরি করা হয়।

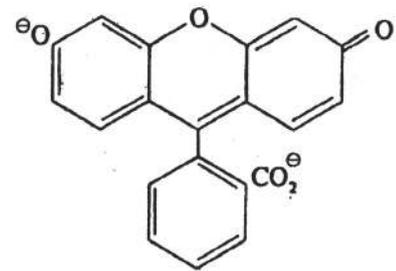
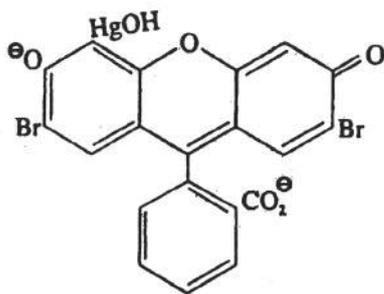


স্যালিসাইলিক অ্যাসিড

ব্যবহার : ব্যথা বেদনা, মাথা ধরা থেকে উপশমের জন্য ব্যবহৃত হয়।

### 8.4.3 মারকিউরোক্রোম (mercuriochrome)

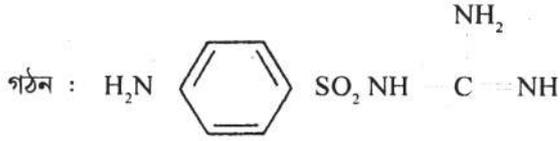
এই রঞ্জক যৌগটি ফ্লুরিসিন (fluorecein) এর জাতক হিসাবে গণ্য করা যায়।



ফ্লুরিসিন

ব্যবহার : পচন নিবারক ওষুধ (antiseptic drug)—হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

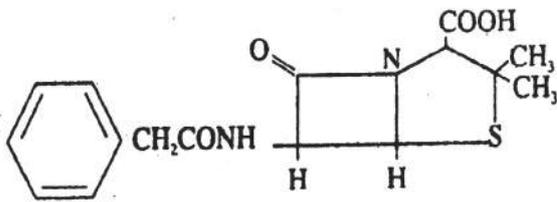
8.4.4 সালফাগুয়ানিডিন (sulphaguanidine) :



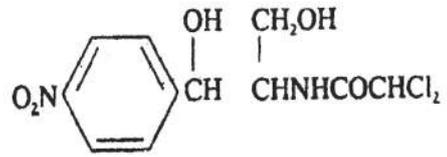
ব্যবহার : ব্যাসিলারি আমাশয় (bacillary dysentery) এর চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত হয়।

8.4.5 পেনিসিলিন (penicillin) ও ক্লোরঅ্যামফিনিকল (chloramphenicol) :

গঠন :



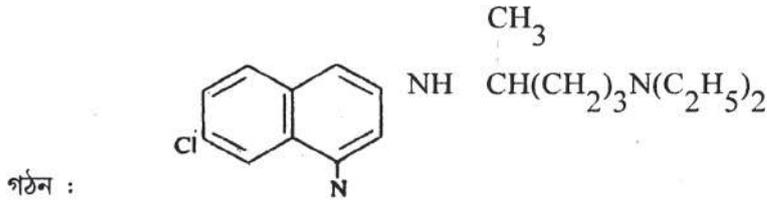
পেনিসিলিন G



ক্লোরঅ্যামফিনিকল

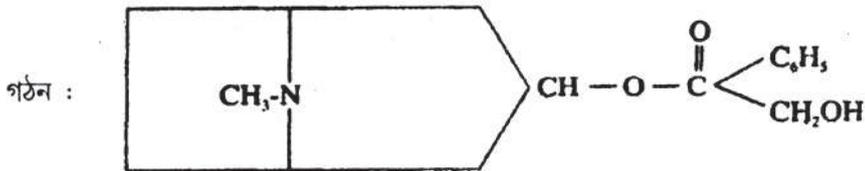
- ব্যবহার: 1) পেনিসিলিন G জীবাণুনাশক ও সংক্রামক রোগ থেকে নিরাময়ের জন্য ব্যবহার করা হয়।  
2) ক্লোরঅ্যামফিনিকল (chloramphenicol) টাইফয়েড বা প্যারাটাইফয়েড এর চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত হয়।

8.4.6 ক্লোরোকুইন (chloroquin) :



ব্যবহার : ম্যালেরিয়া রোগ নিরাময়ের জন্য ব্যবহার করা হয়।

8.4.7 অ্যান্ট্রোপিন (antropine) :



এটি একটি উপস্কার। চোখের ছানি কাটার আগে চোখ পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত হয়।

## 8.5 কৃষিকার্যের জন্য ব্যবহৃত সার এবং পোকা ছত্রাক ও আগাছা ধ্বংস করার জন্য কীটনাশক ওষুধ

(1) সার : আমরা ফসলের উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য জমিতে যে সার ব্যবহার করি তা জৈব ও অজৈব দু'রকমই হতে পারে। জমির মাটি বিশ্লেষণ করে প্রয়োজন মত N.P.K. (নাইট্রোজেন, ফসফরাস, পটাশিয়াম) সমন্বিত যৌগ সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন ঘটিত অজৈব সার অ্যামোনিয়াম সালফেট  $[(NH_4)_2SO_4]$  এবং নাইট্রোজেন

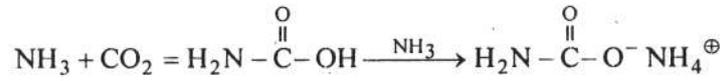
ঘটিত জৈব সার উইরিয়ার  $\left[ \left( H_2N \cdot \overset{O}{\parallel} C NH_2 \right)_2 \right]$  নাম আমরা সবাই শুনেছি।

উইরিয়া জৈব যৌগে 47% শতাংশ নাইট্রোজেন আছে। অ্যামোনিয়াম সালফেটে নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় 21%।

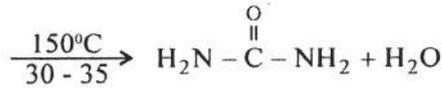
(ফসফরাসের জন্য সুপার ফসফেট এবং পটাশের জন্য KCl ব্যবহার হয়)

ইউরিয়া প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতি :

তরল অ্যামোনিয়া এবং তরল কার্বন ডাইঅক্সাইড এর বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়াম কার্বামেটকে 30-35 বায়ুমণ্ডলের চাপে এবং প্রায় 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ইউরিয়া পাওয়া যায়।



অ্যামোনিয়াম  
কার্বামেট

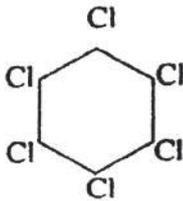


বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ইউরিয়া

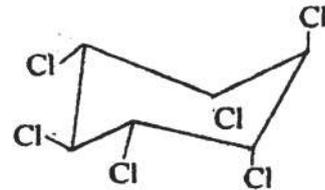
(2) কীটনাশক পদার্থ (pesticides) :

জমিতে উৎপন্ন শস্য পোকা, ছত্রাক বা আগাছার হাত থেকে রক্ষা করার জন্য নানা প্রকার রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করা হয়। এগুলি প্রায় সবই জৈব যৌগ। নীচে কয়েকটি যৌগের নাম ও গঠনে উল্লেখ করা হল।

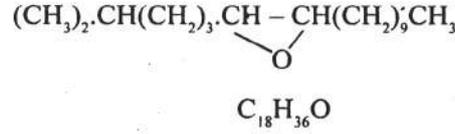
(a) গামাক্সিন (gammaxene)



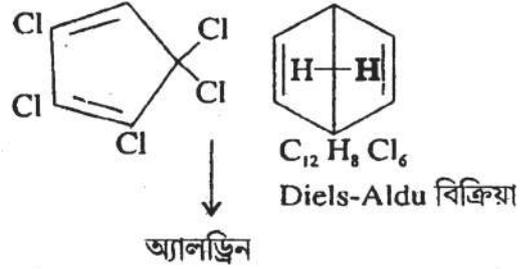
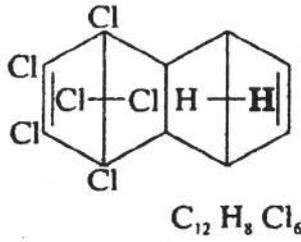
অথবা  
 $C_6H_6Cl_6$



(b) ডিসপারলার (disparlure)



(c) অ্যালড্রিন (aldrin)



জমিতে সার ও কীটনাশক পদার্থ ব্যবহার করার সময় সাবধানতা অবলম্বন করা উচিত। কারণ প্রয়োজনের তুলনায় বেশি ব্যবহার করলে জমি, জলাশয় এবং পরিবেশ দূষিত হতে পারে। প্রাণীর পক্ষে ইহা ক্ষতিকর।

## 8.6 পলিমার যৌগের অবদান

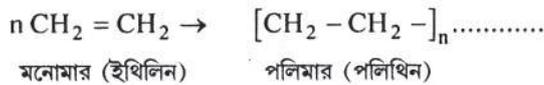
আজকাল বাড়িতে বা অফিসে কাঠের তৈরি চেয়ার টেবিলের পরিবর্তে নানা রঙের প্লাস্টিকের আসবাবপত্র ব্যবহৃত হচ্ছে। কাঠের তুলনায় প্লাস্টিকের তৈরি জিনিসের দাম অনেক কম। কচিকাঁচাদের জন্য তৈরি হচ্ছে রকমারি রঙ-বেরঙের খেলনা। ঘরে ব্যবহারের জন্য লোহার পরিবর্তে প্লাস্টিকের বালতি, গামলা ইত্যাদি এখন বাজারে অঢেল বিক্রি হচ্ছে। এই সকল প্রয়োজনীয় জিনিসগুলিও জৈব যৌগের পলিমার দিয়ে গঠিত। পলিমার দু'রকম পদ্ধতিতে তৈরি হতে পারে। যেমন,

- 1) সংযোজন পদ্ধতি (addition reaction)
- 2) ঘনীভবন পদ্ধতি (condensation reaction)

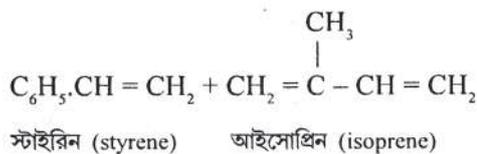
সংযোজন পদ্ধতিতে উৎপন্ন দু'ধরনের প্লাস্টিকের নাম ও গঠন উল্লেখ করা হল।

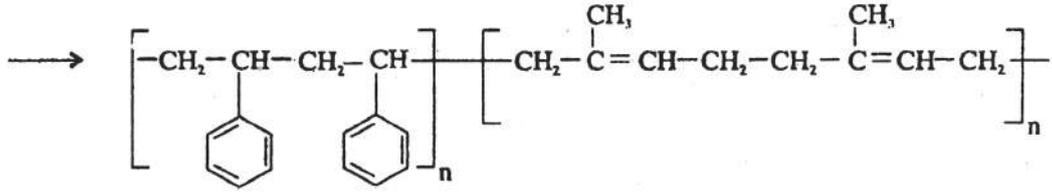
1) সংযোজন বিক্রিয়া

a) পলিথিন ইথিলিনের পলিমার।

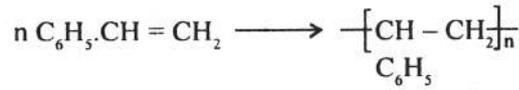


b) স্টাইরিন-আইসোপ্রিন ব্লক পলিমার





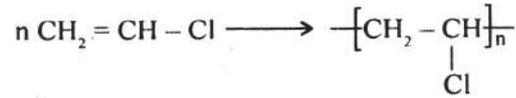
c) পলিস্টাইরিন (polystyrene)



স্টাইরিন

পলিস্টাইরিন

d) পলিভিনাইল ক্লোরাইড (polyvinyl chloride)

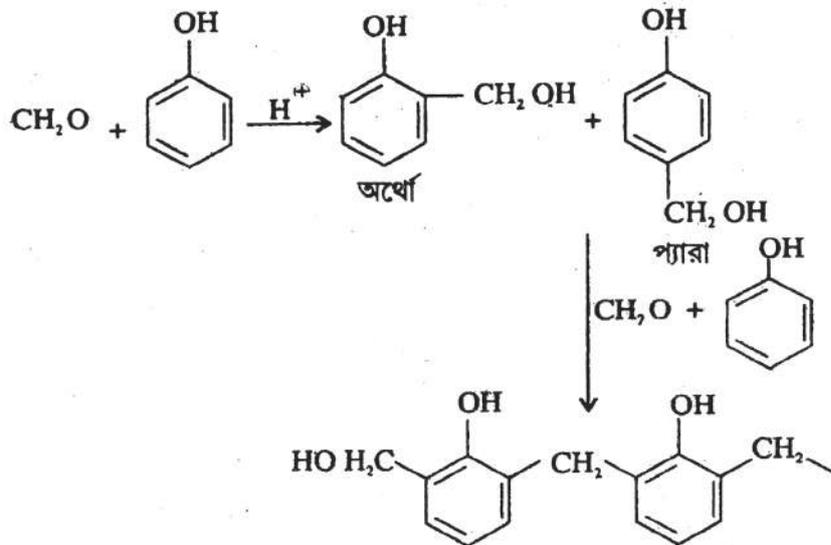


ভিনাইল ক্লোরাইড

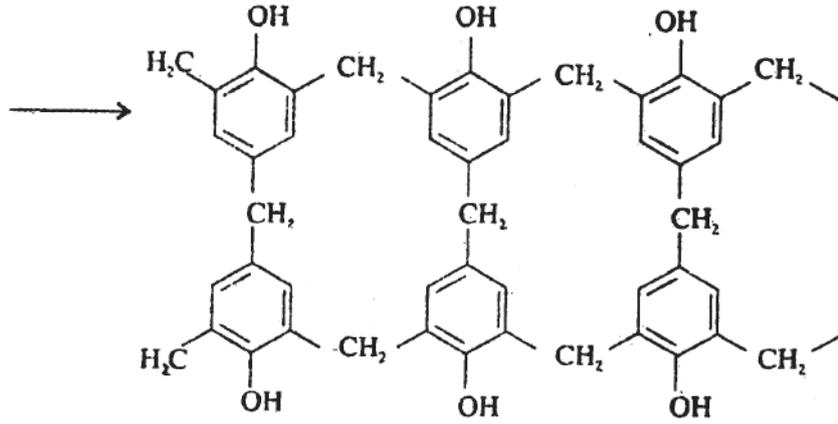
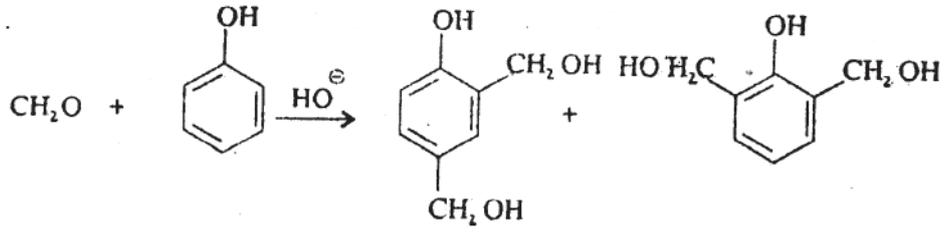
পলিভিনাইল ক্লোরাইড

2) ঘনীভবন বিক্রিয়া

ফিনল-ফরম্যালিডিহাইড প্রাস্টিক (ব্যাকেলাইট - bakelite)



আবার অধিক ফরম্যালডিহাইড এবং ক্ষারের উপস্থিতিতে থার্মোসেটিং প্রাস্টিক উৎপন্ন হয়।



ইলেকট্রিক সুইচ, প্লাগ ইত্যাদি তৈরি করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

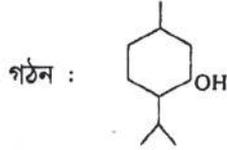
### অনুশীলনী-3

- নাইলন নামটির উৎপত্তি কী ভাবে হয়েছে? টেরিলিনের সঙ্গে নাইলনের রাসায়নিক গঠনের পার্থক্য কী?
- প্যারা অ্যাসিটামল এবং সালফাণ্ড্যানিডিন জৈব যৌগ দুটির গঠন লিখুন। প্রত্যেকটির একটি করে ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ করুন।
- ইউরিয়া জৈব যৌগটিকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? সমীকরণ লিখুন।
- PVC কী ধরনের জৈব যৌগ? এটি শিল্পে প্রস্তুত করার জন্য কোন্ কাঁচামাল কীভাবে সংগ্রহ করা হয়? এটির ব্যবহার উল্লেখ করুন।

## 8.7 প্রসাধন দ্রব্য

আমরা দৈনন্দিন জীবনে যে প্রসাধন দ্রব্য ব্যবহার করি সেগুলি বেশিরভাগই জৈব যৌগ দিয়ে তৈরি করা হয়। এখানে কয়েকটি যৌগের নাম, রাসায়নিক গঠন, প্রস্তুতি ও ব্যবহার উল্লেখ করা হল।

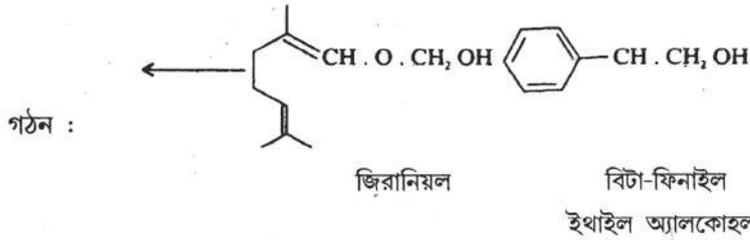
a) মেনথল (menthol) :



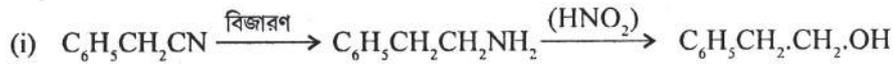
ব্যবহার : এই জৈব যৌগটি আমরা বিভিন্ন কাজে দৈনন্দিন ব্যবহার করি—

- (i) ভিকস্ ইনহেলার (Vicks inhaler) : সর্দি কাশিতে ভিকস্ ইনহেলার প্রয়োগ করে উপকার পাওয়া যায়।
- (ii) আমরা যে ক্রিম বা লোশন ব্যবহার করি তাতে মেনথল থাকায় ঠাণ্ডা ও বরঝরে ভাব অনুভূত হয়।
- (iii) শিল্প পদ্ধতিতে দাঁতের মাজন ও চুইংগাম তৈরি করার সময় মেনথল ব্যবহৃত হয়।

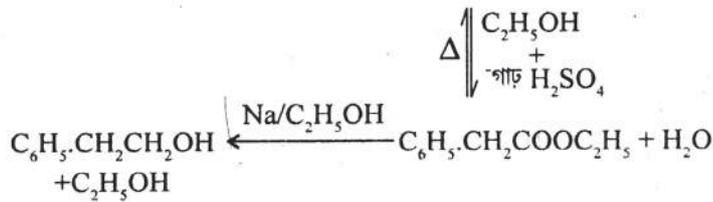
b) জিরানিয়ল (Geraniol) ও বিটা-ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল ( $\beta$ -phenyl ethyl alcohol) :



প্রস্তুতি : বিটাফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহলের সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুতি নিম্নরূপ—



ফিনাইল অ্যাসিটো  
নাইট্রাইল



ব্যবহার :

মেনথল এবং জিরানিয়ল টারপিন (terpene) শ্রেণীভুক্ত জৈব যৌগ। কিন্তু বিটা-ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল টারপিন জৈব যৌগ নয়।

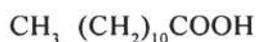
কৃত্রিম সুগন্ধি দ্রব্য তৈরি করতে জিরানিয়লের সঙ্গে বিটাফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়। যেমন, কৃত্রিম গোলাপ জল তৈরির জন্য বিটা-ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল 35% এবং জিরানিয়ল 48% এবং অবশিষ্ট অন্যান্য দ্রব্য।

## 8.8 সাবান ও ডিটারজেন্ট (Soaps and detergents)

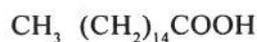
বাড়িতে বা লন্ড্রিতে কাপড় জামা পরিষ্কার করার জন্য আমরা সাবান ও ডিটারজেন্ট ব্যবহার করি। রাসায়নিক বিচারে সাবান হল দীর্ঘ শৃঙ্খল যুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের Na, K লবণ।



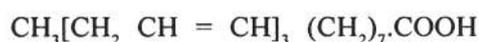
এই ফ্যাটি-অ্যাসিডগুলি সম্পৃক্ত (যেমন, লরিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড বা স্টিয়ারিক অ্যাসিড) অথবা অসম্পৃক্ত (যেমন, ওলেইক অ্যাসিড, লিনোলিক বা লিনোলেনিক অ্যাসিড) হতে পারে।



লরিক অ্যাসিড

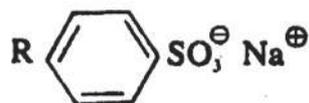


পামিটিক অ্যাসিড

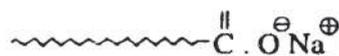


লিনোলেনিক অ্যাসিড

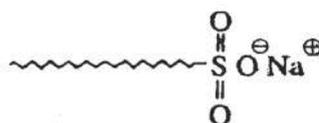
খরজলে ধাতুর লবণ (যেমন, Ca, Mg ও Fe এর লবণ) দ্রবীভূত থাকায় সাবানের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। ফলে যতক্ষণ না সংশ্লিষ্ট ধাতুগুলি দ্রবীভূত হচ্ছে ততক্ষণ কোন ফেনা উৎপন্ন হয় না। এর ফলে সাবানের অপচয় হয়। কিন্তু ডিটারজেন্ট মৃদু ও খর—দুরকম জলেই ব্যবহৃত হতে পারে। সাবান উচ্চতর কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ, আর ডিটারজেন্ট সালফোনিক অ্যাসিডের Na, K লবণ। সাবানে শুধু অ্যালকিলমূলক থাকে। আর ডিটারজেন্টে অ্যালকিল ও অ্যারিল মূলক দুটোই থাকে।



অ্যালকিল মূলক 'R' ও কার্বন সংখ্যা 10 থেকে 30 পর্যন্ত হতে পারে। সাবানের কার্বক্সিল মূলক অংশটি যেমন জলে দ্রব্য, তেমনি ডিটারজেন্টের সালফোনিক অ্যাসিড মূলক অংশটি জলে আরও বেশি দ্রব্য। অপরিস্ফুট কাপড়ে জৈব পদার্থ যেমন গ্রিজ বা তেল সহজেই হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খলে দ্রবীভূত হতে পারে। পরিষ্কার করার সময় যে মাইসেলি (micelle) তৈরি হয় তার চিত্র নীচে দেখান হল



সোডিয়াম লবণের সাবান



সোডিয়াম লবণের ডিটারজেন্ট



2) তরল জ্বালানি :

(a) পেট্রোল — 30°C – 150°C তাপমাত্রায় অশোধিত পেট্রোলিয়ামের পাতিত অংশে যে হাইড্রোকার্বন থাকে তাতে কার্বনের সংখ্যা C<sub>5</sub> – C<sub>9</sub>। গাড়ি চালনার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(b) কেরোসিন তেল — 150°C – 240°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশে যে হাইড্রোকার্বন থাকে তাতে কার্বনের সংখ্যা C<sub>10</sub> – C<sub>12</sub>।

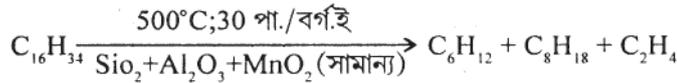
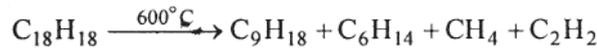
(c) ডিজেল তেল — 240°C – 350°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশে C<sub>13</sub> – C<sub>18</sub> কার্বন যুক্ত হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়। এই ভারী তেল ডিজেল ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়।

ডিজেল তেল দীর্ঘশৃঙ্খলযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 240°C – 360°C। এই তেলকে ক্র্যাকিং (cracking) প্রক্রিয়ার সাহায্যে পেট্রোলে রূপান্তর করা সম্ভব।

a) উচ্চ তাপমাত্রায় প্রয়োগ করে (thermal cracking)

b) উচ্চ তাপমাত্রা এবং অনুঘটকের উপস্থিতিতে (catalytic cracking)

উদাহরণ :



(d) স্পিরিট ল্যাম্পে যে তরল জ্বালানি ব্যবহৃত হয় তা হল রেকটিফায়েড স্পিরিট (rectified spirit), 95.6% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH।

3) গ্যাসীয় জ্বালানি :

(a) প্রাকৃতিক গ্যাস — প্রাকৃতিক গ্যাসে মিথেনের পরিমাণ প্রায় 95%। জ্বালানি ছাড়াও এই গ্যাস হাইড্রোজেন ও বিশুদ্ধ কার্বন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(b) কোল গ্যাস — নিম্ন তাপমাত্রায় (700°C) উৎপন্ন কোল গ্যাসে মিথেন এবং উচ্চতর অ্যালকেন আয়তনে প্রায় 65% থাকে।

উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন অ্যালকেনের পরিমাণ আয়তনে প্রায় 34%। এছাড়া কোলগ্যাসে CO, CO<sub>2</sub> ও H<sub>2</sub> আছে। কোল গ্যাস জ্বালানি হিসাবে শিল্পে এবং রসায়নাগারে ব্যবহৃত হয়।

(c) অ্যাসিটাইলিন গ্যাস — আলো উৎপাদনের জন্য এবং অক্সি অ্যাসিটিলিন শিখার জন্য ব্যবহৃত হয়। অক্সিজেনের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন প্রজ্জ্বলিত হয়ে প্রায় 3000°C তাপমাত্রা উৎপন্ন করে। ফলে এর শিখাকে ওয়েলডিং (welding) এর কাজে ব্যবহার করা হয়।

(d) এল.পি.জি. (LPG – Liquefied Petroleum Gas) : বিউটেন হাইড্রোকার্বনকে অধিক চাপে গ্যাস সিলিন্ডারে তরল অবস্থায় রাখা হয়। রান্নার কাজে, ছোট ছোট কারখানায় এবং বিজ্ঞানের পরীক্ষাগারে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

#### অনুশীলনী-4

- (i) এমন দুটি টারপিনয়েড যৌগের নাম ও গঠন লিখুন যেগুলি প্রসাধন দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
- (ii) সাবান ও ডিটারজেন্টের মধ্যে পার্থক্য কী? কাপড় কাচার জন্য কোন্টি বেশি সুবিধাজনক এবং কেন?
- (iii) উদ্ভিজ্জ তেল এবং পেট্রোলিয়ামজাত তেলের মধ্যে রাসায়নিক প্রকৃতিতে পার্থক্য কী? উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে দিন।

## 8.10 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি জানতে পেরেছেন যে আমাদের দৈনন্দিন জীবনে জৈব যৌগের প্রভাব অপরিসীম। আপনি জেনেছেন—

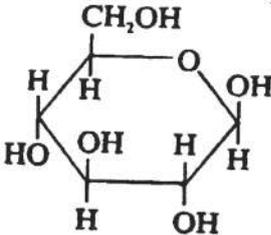
- প্রধান খাদ্য তালিকায় শর্করা, প্রোটিন, চর্বি ও তেল, ভিটামিনের অন্তর্ভুক্তি কেন। এদের রাসায়নিক গঠন কেমন। ভিটামিন A, B, C এবং D এর প্রয়োজনীয়তা কী? ভিটামিন D কে 'সানসাইন ভিটামিন' (sunshine vitamin) বলা হয় কেন?
- তুলা, পাট ও সিল্ক প্রাকৃতিক উৎস থেকে পাওয়া যায়। নাইলন ও টেরিলিন ইত্যাদি কৃত্রিম তন্তু সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে তৈরি করা হয়। নাইলন হচ্ছে পলি অ্যামাইড অর্থাৎ নাইলনে অনেকগুলি  $-CONH_2$ -মূলক বর্তমান। কিন্তু টেরিলিন 'পলিএস্টার'। টেরিলিনে অনেকগুলি এস্টারমূলক ( $-COOR$ ) বর্তমান।
- রোগ প্রতিরোধকারী ও রোগ উপশমকারী কয়েকটি জৈব যৌগের নাম, গঠন এবং উপকারিতা।
- কৃষিকার্যের জন্য ব্যবহৃত জৈব সার এবং পোকামাকড় ধ্বংস করার জন্য কিছু পেস্টিসাইডের নাম ও গঠন।
- জমিতে সারের ব্যবহার এবং ফসল রক্ষা করার সময় পেস্টিসাইডের ব্যবহারের সময় সতর্কতা অবলম্বনের প্রয়োজনীয়তা।
- আমাদের দৈনন্দিন জীবনে গৃহস্থালিতে এবং শিল্পে পলিমারের প্রয়োজনীয়তা কতখানি। পলিথিন, পি. ভি. সি. (PVC) এবং ফিনল ফরম্যালডিহাইড প্লাস্টিক কী কী কাজে ব্যবহৃত হয়।
- প্রসাধন দ্রব্যে জৈব যৌগের প্রভাব; মেঞ্চল, জিরানিয়ল এবং বিটা ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল কী কী প্রসাধন কাজে ব্যবহৃত হয়।
- সাবান ও ডিটারজেন্টের মধ্যে পার্থক্য কী? সাবান খর জলে ব্যবহার করলে অপচয় হয়। কিন্তু ডিটারজেন্ট মৃদু ও খর উভয় প্রকার জলেই ব্যবহার করা চলে।
- জ্বালানি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হতে পারে। রাসায়নিক দিক দিয়ে বিচার করলে এগুলি হাইড্রোকার্বন, অ্যালকোহল এবং এস্টার শ্রেণিভুক্ত।

## 8.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলি

- 1) গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনের প্রকৃতি উল্লেখ করে সুক্রোজের রাসায়নিক গঠন অঙ্কন করুন।
- 2) গ্লুকোজ এবং গ্যালাক্টোজের মধ্যে রাসায়নিক গঠনে পার্থক্য কী? এদের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ করুন।
- 3) গ্লাইসিন এবং ভ্যালিন—এই দুটো অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে কোনটি অতি প্রয়োজনীয় (essential)। এদের গঠনের মধ্যে মিল ও অমিল উল্লেখ করুন।
- 4) দুটি ভিটামিনের নাম, উৎস ও গঠন লিখুন যাদের একটি চোখের দৃষ্টিহীনতা রোধ করে এবং অন্যটি বেরিবেরি রোগ প্রতিরোধ করে।
- 5) বিউটাডাইন থেকে কীভাবে নাইলন প্রস্তুত করবেন? (কেবলমাত্র সমীকরণ দিন)।
- 6) (a) নাইট্রোজেন ও সালফার যুক্ত একটি জৈব যৌগের নাম ও গঠন লিখুন যেটি আমাশয় রোগের চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত হয়।  
(b) দুটি জৈব যৌগের নাম ও গঠন লিখুন যেগুলি কীটনাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।  
(c) ব্যাকেলাইট কাকে বলে এবং কীভাবে প্রস্তুত করা হয়? এদের কী কাজে ব্যবহার করা হয়?  
(d) 'টারপিনয়েড জৈব যৌগ নয়, অথচ প্রসাধন সামগ্রী প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়'—এমন একটি যৌগের নাম লিখুন এবং এটি প্রস্তুত করার জন্য বিক্রিয়ার ধাপগুলি লিখুন।
- 7) সাবান ও ডিটারজেন্টের মধ্যে পার্থক্য উদাহরণ দিয়ে বোঝান। ডিটারজেন্টের কার্যপ্রণালী উল্লেখ করুন।
- 8) ডিজেল তেল দীর্ঘশৃঙ্খল যুক্ত হাইড্রোকর্বন যৌগের মিশ্রণ এবং স্ফুটনাঙ্ক বেশি। এই তেল থেকে কীভাবে পেট্রোল পাওয়া সম্ভব? যে কোনও একটি পদ্ধতিতে উদাহরণ দিয়ে বোঝান।

## 8.12 উত্তরমালা

### অনুশীলনী-1

- (i) শর্করা শক্তি উৎপাদন করে এবং প্রোটিন দেহের কোষ কলা গঠন করে।
- (ii)

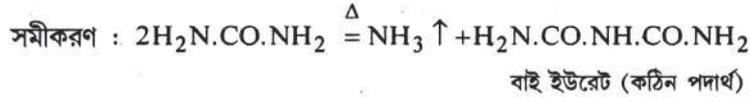
The diagram shows the cyclic structure of alpha-D-glucopyranose. It is a six-membered ring with an oxygen atom at the top right. The carbons are numbered 1 to 5. Carbon 1 has a CH<sub>2</sub>OH group pointing up. Carbon 2 has an OH group pointing down. Carbon 3 has an OH group pointing up. Carbon 4 has an OH group pointing down. Carbon 5 has an OH group pointing up. The ring is completed by an oxygen atom at the top right.
- (iii) 1 → শিশুখাদ্য; 2 → কাগজ  
3 → গ্লুকোজ; 4 → ফুকটোজ
- (iv) 8.2.2 দেখুন

### অনুশীলনী-2

- (i) ওলেইক অ্যাসিড  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$
- (ii) 8.2.4 দেখুন
- (iii) 8.2.4 দেখুন

### অনুশীলনী-3

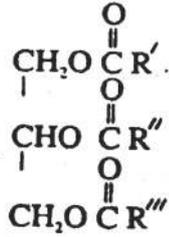
- (i) Newyork এবং London এই দুটি শব্দ থেকে
- (ii) 8.4.1 এবং 8.4.4 দেখুন
- (iii) অ্যামোনিয়া গ্যাস এবং বাইইউরেট (biuret) উৎপন্ন হয়।



- (iv) 8.6 দেখুন

### অনুশীলনী-4

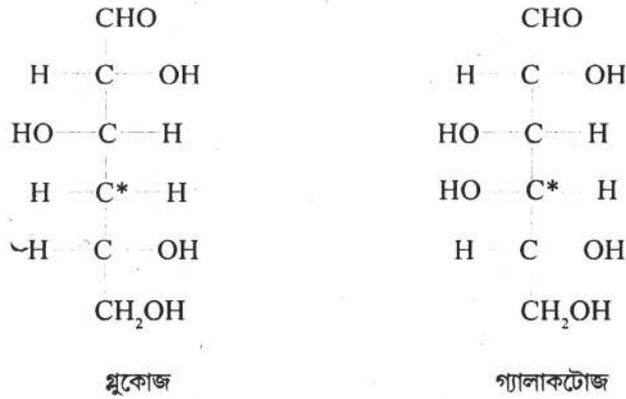
- (i) 8.7 দেখুন
- (ii) 8.8 দেখুন
- (iii) উদ্ভিজ্জ তেল ট্রাইগ্লিসারাইড সমূহের মিশ্রণ। এগুলি গ্লিসারল ও দীর্ঘ শৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন এস্টার যৌগ :



পেট্রোলিয়াম জাত তেল যথা পেট্রোল, কেরোসিন ও ডিজেল বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী :

- 1) 8.7 সূত্রোক্তের গ্রাইকোসাইডিক বন্ধন আলফা ( $\alpha$ )  
রাসায়নিক গঠন 9.2.1 দেখুন
- 2) রাসায়নিক গঠন (ফিশার অভিক্ষেপ)



(কেবলমাত্র \* কার্বনে H ও OH এর স্থান পরিবর্তন)

সম্পর্ক : এরা এপিমার (epimer)

3) অতি প্রয়োজনীয় অ্যামিনো অ্যাসিড — ভ্যালিন

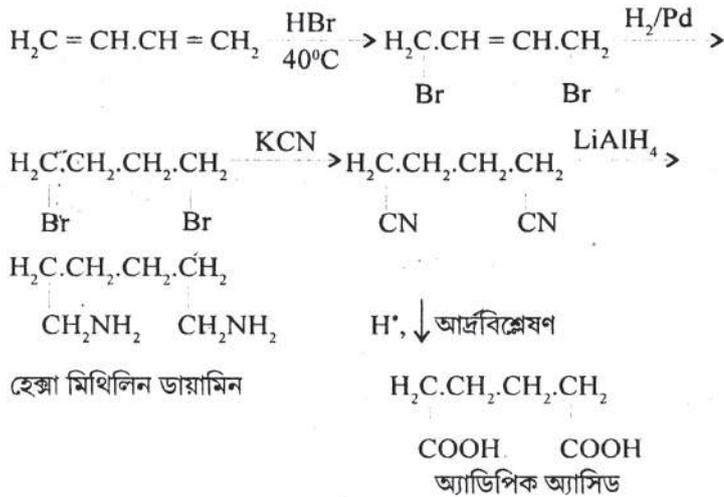
মিল — দু'টি অ্যামিনো অ্যাসিডই প্রশম।

অমিল — ভ্যালিনে একটি কাইরেল (chiral) কার্বন পরমাণু (\* দিয়ে চিহ্নিত) অর্থাৎ এটি আলোক সক্রিয়। কিন্তু গ্লাইসিনে কোন কাইরেল কার্বন নেই। এটি আলোক নিষ্ক্রিয় জৈব যৌগ।

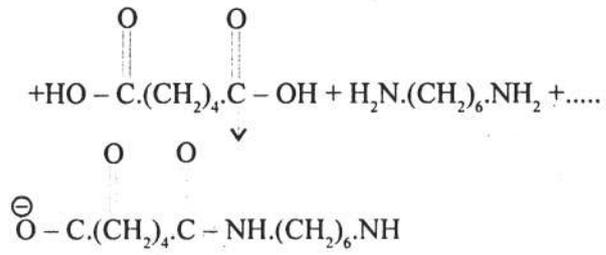


4) 8.2.4 দেখুন

5) (a) প্রথম ধাপ



b) দ্বিতীয় ধাপ



নাইলন

- 6) (a) 8.4.4 দেখুন      (b) 8.5 দেখুন  
(c) 8.6 দেখুন      (d) 8.7 দেখুন
- 7) 8.8 দেখুন
- 8) 8.9 দেখুন

---

## একক ৯ □ রঞ্জক দ্রব্য

---

গঠন

9.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

9.2 রঞ্জক দ্রব্য

9.3 রঞ্জকের শ্রেণিবিন্যাস

9.4 কয়েকটি রঞ্জকের সংশ্লেষণ ও ব্যবহার

9.4.1 মিথাইল অরেঞ্জ

9.4.2 কঙ্গো রেড

9.4.3 ম্যালাকাইট গ্রীন

9.4.4 কৃষ্টিাল ভায়োলেট

9.4.5 ফেনলথ্যালিন

9.4.6 ফ্লুরেসিন

9.4.7 অ্যালিজারিন

9.4.8 ইন্ডিগো বা ইন্ডিগোটিন

9.5 প্রঞ্জাবলি

9.6 উত্তরমালা

---

### 9.1 প্রস্তাবনা

---

আমরা ব্যবহারিক জীবনে বিভিন্ন রঞ্জক পদার্থ ব্যবহার করি। রঞ্জক দু'রকম—জৈব ও অজৈব। জৈব রঞ্জক আবার দুধরনের—প্রাকৃতিক ও সাংশ্লেষণিক। নীল এক সময় গাছের নির্যাস থেকে তৈরি হত। জার্মানিতে সাংশ্লেষণিক পদ্ধতিতে নীল উৎপাদন শুরু হলে ভারতে আইন করে নীল চাষ বন্ধ করে দেওয়া হয়। বর্তমান অধ্যায়ে রঞ্জক সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা দেওয়া হয়েছে, রঞ্জকের শ্রেণিবিন্যাস আলোচনা করা হয়েছে এবং কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ রঞ্জকের সংশ্লেষণ পদ্ধতি এবং ব্যবহারিক উপযোগিতা ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

---

### উদ্দেশ্য

---

এই এককটি পড়ে আপনারা জানতে পারবেন :

- রঞ্জক কাকে বলে?

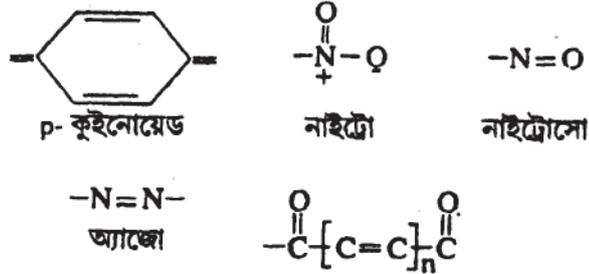
- রঞ্জকের রাসায়নিক গঠন।
- বিভিন্ন শ্রেণির জৈব রঞ্জকের প্রস্তুতি প্রণালী।
- জৈব রঞ্জকের ব্যবহার।

## 9.2 রঞ্জকবোয় সংক্রান্ত

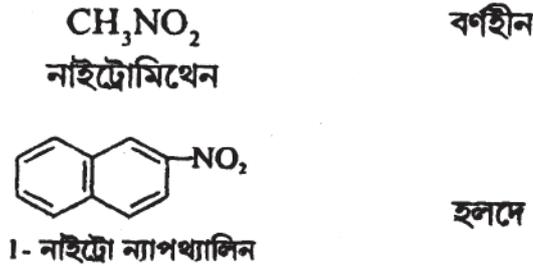
9.2.1 অনেক জৈব পদার্থই রঙিন। কিন্তু রঙিন বস্তু মানেই রঞ্জক নয়। রঞ্জক হল সেই সমস্ত রঙিন পদার্থ যা তুলো, কাপড় ও কাঠ ইত্যাদিতে প্রয়োগ করলে সেগুলোকে রঙিন করবে এবং সেই রঙ পাকা রঙ হবে অর্থাৎ ধুলে বা আলোয় রঙ ফিকে হবে না।

9.2.2 একটি জৈব পদার্থ তখনই রঞ্জক হবে যখন তার মধ্যে বহুবন্ধনী যুক্ত গ্রুপ থাকবে। এই গ্রুপগুলোকে ক্রোমোফোর (Chromophore) বলে। (ক্রোমো = রঙ, ফোর = ধারণ করে)

উদাহরণ—

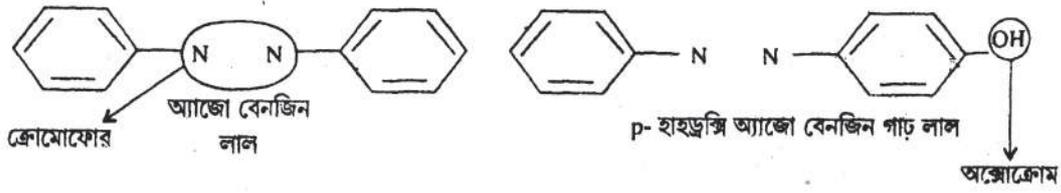


ক্রোমোফোর থাকলেই একটি বস্তু রঙিন নাও হতে পারে। ক্রোমোফোরটি একটি কনজুগেটেড গঠনের সঙ্গে যুক্ত হতে হবে।



9.2.3 কিছু গ্রুপ আছে যারা রঙের কারণ নয়, কিন্তু ক্রোমোফোরের সঙ্গে উপস্থিত থাকলে রঙের ঘনত্ব বা উজ্জ্বলতা বাড়িয়ে দেয়। এই সহায়ক গ্রুপগুলোকে বলে অক্সোক্রোম (auxochrome)। (অক্সো = বাড়ান, ক্রোম = রঙ) অক্সোক্রোমগুলো আম্লিক বা ক্ষারীয় গ্রুপ।





#### 9.2.4 রঞ্জকের ব্যবহার :

- |                    |                |                           |
|--------------------|----------------|---------------------------|
| (ক) বস্ত্রশিল্প    | (খ) চর্মশিল্প  | (গ) খাদ্য প্রস্তুতি       |
| (ঘ) কাগজ           | (ঙ) প্লাস্টিক  | (চ) কালি                  |
| (ছ) রঙিন ফটোগ্রাফি | (জ) ভেষজ শিল্প | (ঝ) রসায়নাগারে নির্দেশক। |

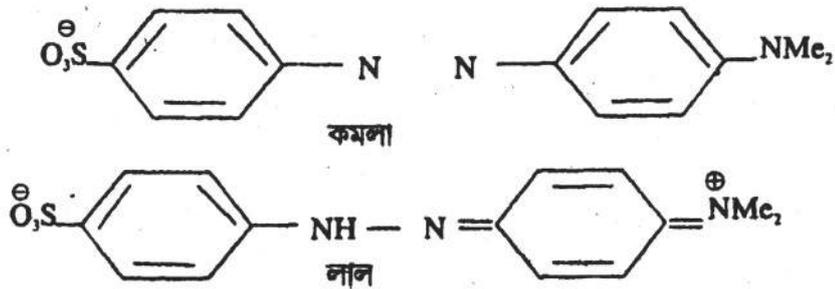
### 9.3 রঞ্জকের শ্রেণিবিন্যাস

- |                              |                                                                |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| (ক) আয়ো রঞ্জক               | : মিথাইল অরেঞ্জ, কঙ্গো রেড, মিথাইল রেড, বিসমার্ক ব্রাউন।       |
| (খ) ট্রাইফিনাইল মিথাইল রঞ্জক | : ক্রিস্টাল ভায়োলেট, ম্যালাকাইট গ্রীন, ফিনলফথ্যালিন ফ্লুরোসিন |
| (গ) অ্যান্থ্রাকুইনোন রঞ্জক   | : অ্যালিজারিন                                                  |
| (ঘ) ইন্ডিগো রঞ্জক            | : ইন্ডিগো                                                      |

### 9.4 কয়েকটি রঞ্জকের সংশ্লেষণ ও ব্যবহার

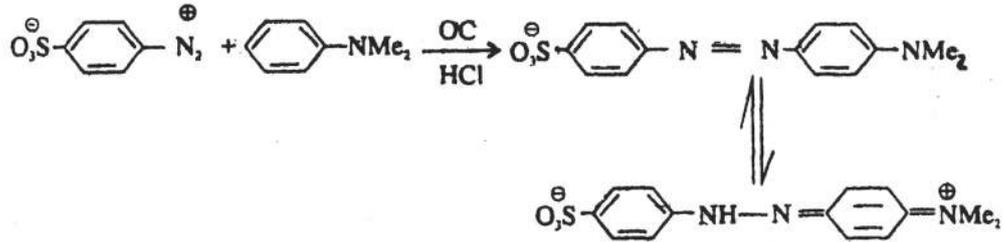
#### 9.4.1 মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl Orange) :

ডায়াজোটাইজইড মালফানিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের কাপলিং বিক্রিয়ায় এই রঞ্জক উৎপন্ন হয়। এটি ক্ষারীয় মাধ্যমে কমলা এবং অ্যাসিড মাধ্যমে লাল বর্ণের হয়।



ব্যবহার : এটি অ্যাসিডমিতি ক্ষারমিতিতে সূচক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

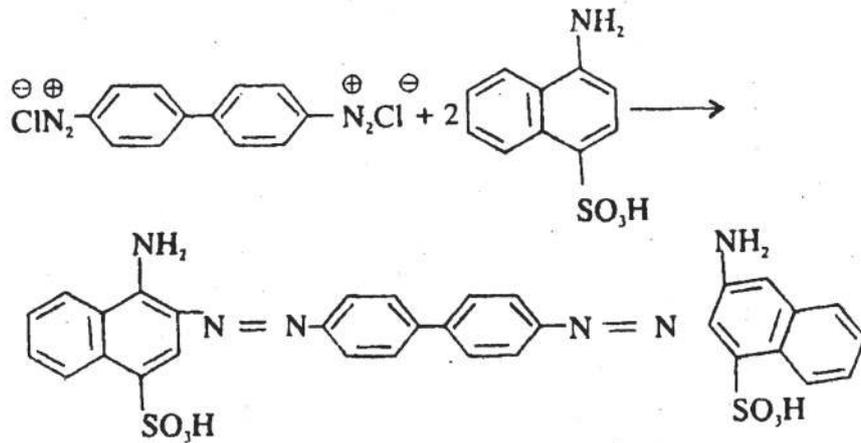
প্রস্তুতি :



#### 9.4.2 কঙ্গো রেড (Congo Red) :

প্রস্তুতি :

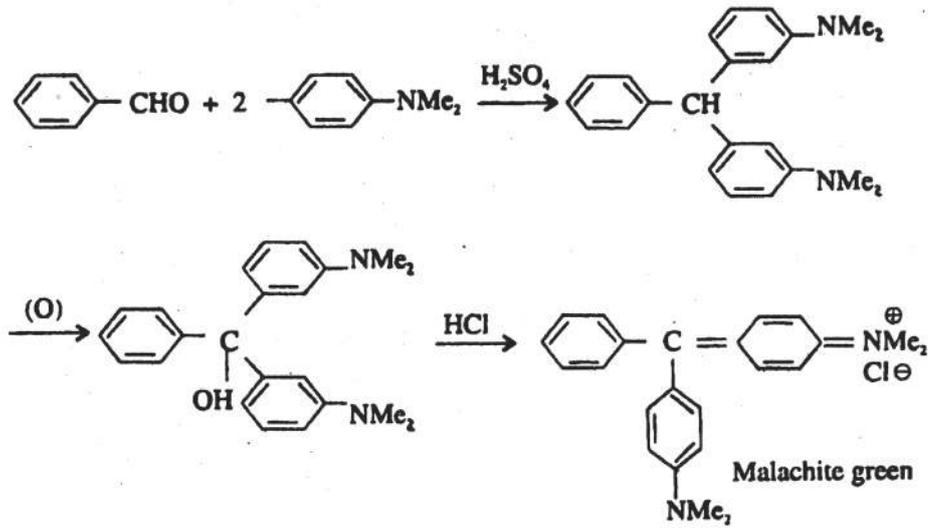
টেট্রাজোটাইজইড বেঞ্জিডিনের সঙ্গে দুই অণু ন্যাপথাইমোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার এই রঞ্জক উৎপন্ন হয়।



ব্যবহার : ক্ষারীয় মাধ্যমে এটি লালবর্ণ ধারণ করে। অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এটি লাল থেকে নীল বর্ণ ধারণ করে। সূতি বস্ত্র লাল রঙ করতে এবং নির্দেশক হিসেবে এর ব্যবহার হয়।

#### 9.4.3 ম্যালাকাইট গ্রীন (Malachite green) :

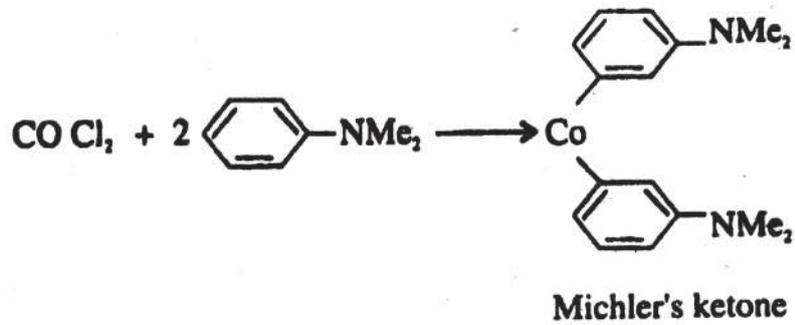
দুই অণু ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের সঙ্গে এক অণু বেঞ্জালডিহাইডের বিক্রিয়ায় এটি উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা 100°C এবং অনুঘটক গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড। উৎপন্ন পদার্থ জারণ অতঃপর অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ম্যালাকাইট গ্রীন রঞ্জকে পরিণত হয়।

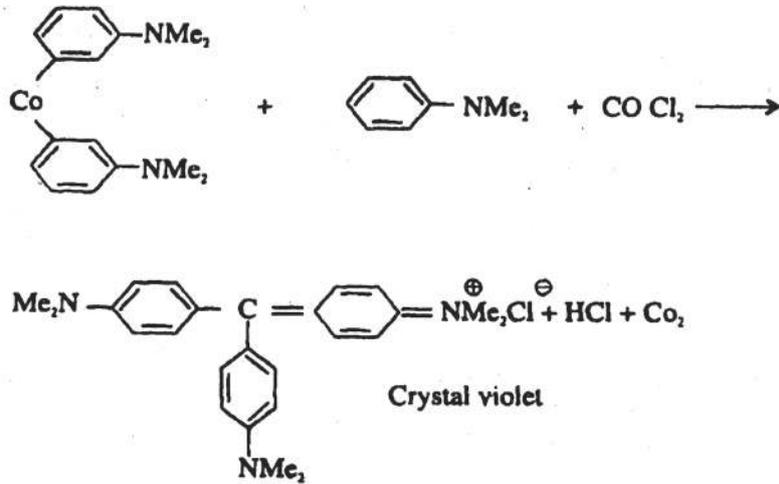


ব্যবহার : এটি উল ও সিল্কের রঞ্জক হিসেবে কাজ করে।

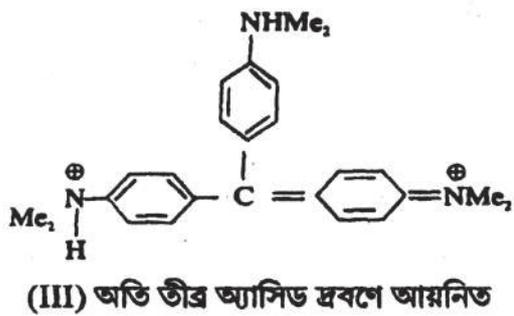
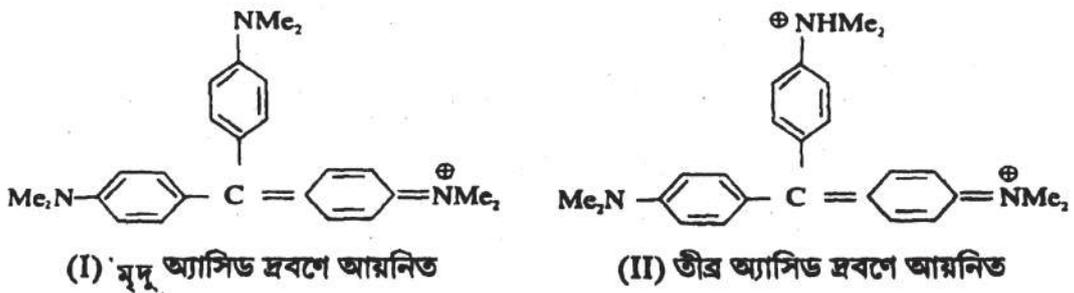
#### 9.4.4 কৃষ্টিাল ভায়োলেট (Crystal Violet) :

মিসলার কিটোনের (Meichler's Ketone) সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় ফসফোরিক ক্লোরাইড অথবা কার্বনিল ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে কৃষ্টিাল ভায়োলেট রঞ্জক উৎপন্ন হয়।



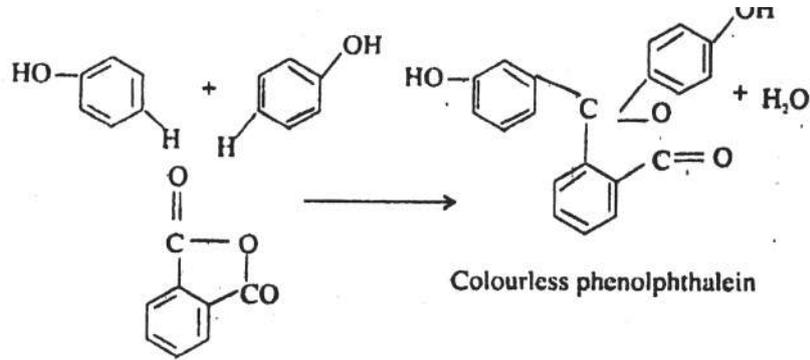


ব্যবহার : মৃদু অ্যাসিড দ্রবণে এটি মৃদু বেগুনি বর্ণ (purple) এবং তীব্র অ্যাসিড দ্রবণে এটি সবুজ বর্ণ ধারণ করে। এবং অতি তীব্র অ্যাসিড দ্রবণে এটি হলুদ বর্ণ ধারণ করে। এটি তীব্র রঞ্জক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

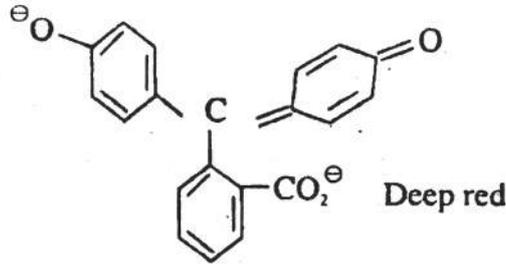


#### 9.4.5 ফিনলথ্যালিন (Phenolphthalein) :

এক অণু থ্যালিন অ্যানহাইড্রাইড এর সঙ্গে দুই অণু ফিনলের বিক্রিয়ায় তীব্র সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফিনলথ্যালিন উৎপন্ন হয়।



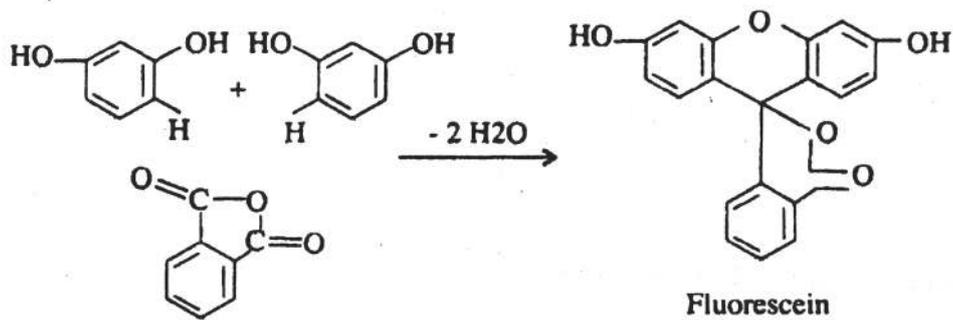
ব্যবহার : এটি সাদা ক্রিস্টাল। জলে অদ্রবণীয়। ক্ষারীয় মাধ্যমে এটি দ্রবীভূত হয়ে লাল বর্ণ ধারণ করে।



অতিরিক্ত ক্ষারীয় দ্রবণের এটি আবার বর্ণহীন হয়ে যায়। এটি অল্পমিতি ক্ষারমিতিতে সূচক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

#### 9.4.6 ফ্লুরেসিন (Fluorescein) :

এটি একটি Xanthane ডেরিভেটিভ। এই অণু থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে দুই অণু রেসরসিনলের বিক্রিয়ায় 200°C তাপমাত্রায় ফ্লুরোসিন উৎপন্ন হয়। অ্যানহাইড্রাস্ অক্সালিক অ্যাসিড অনুঘটক হিসেবে কাজ করে।

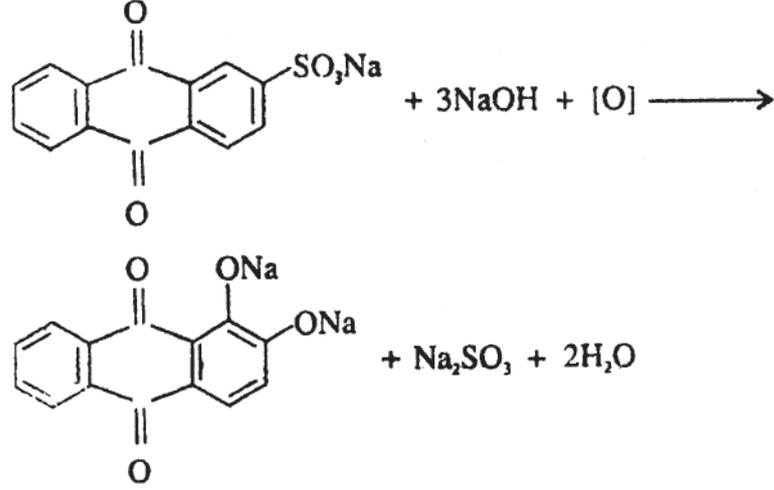


ব্যবহার : ক্ষারীয় মাধ্যমে এটি লাল-বাদামী বর্ণ উৎপন্ন করে যা লঘু মাধ্যমে তীব্র হলুদ সবুজ ফ্লুরোসেন্স উৎপন্ন করে। এর সোডিয়াম লবণকে ইউরানিন (Uranine) বলা হয়। এটি অ্যাসিড মাধ্যমে উল এবং সিল্ককে হলুদ বর্ণে রঞ্জিত করে।

#### 9.4.7 অ্যালিজারিন (Alizarin) :

অ্যানথ্রাকুইনোন রেড রঞ্জকের উদাহরণ হল অ্যালিজারিন। মাদার বৃক্ষের মূলে এটি প্রধান উপাদান।

প্রস্তুতি : অ্যানথ্রাকুইনোন সালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালিজারিন উৎপন্ন হয়। পটাশিয়াম ক্রোরেট জারক হিসেবে কাজ করে।

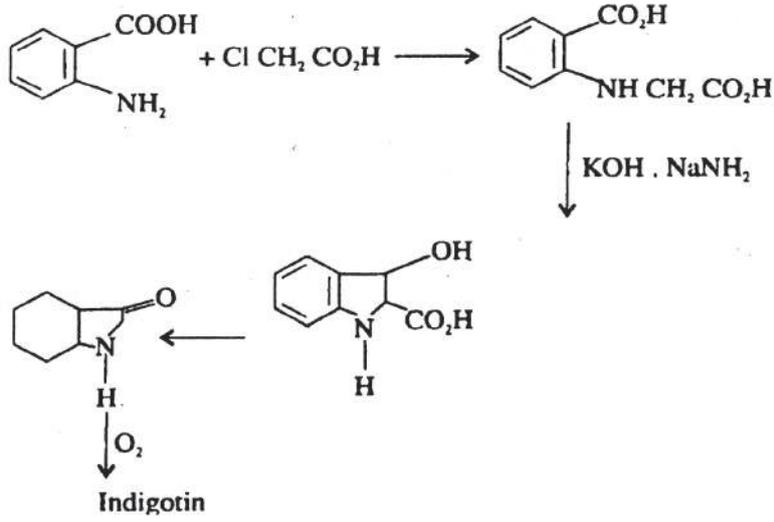


ব্যবহার : অ্যালিজারিক রুবি লাল কৃস্টাল। ক্ষারীয় মাধ্যমে এটি বেগুনি বর্ণ ধারণ করে। অ্যালুমিনিয়াম লাল বর্ণ (Turkey Red) আয়রন (ফেরিক) বেগুনি কাল এবং ক্রোমিয়াম বেগুনি-খয়েরী-বর্ণ ধারণ করে অ্যালিজারিনের উপস্থিতিতে। অ্যালুমিনিয়াম এবং আয়রন লেক তুলো রঞ্জক হিসেবে এবং প্রিন্টিং শিল্পে ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম ও ক্রোমিয়াম লেক কাষ্ঠ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

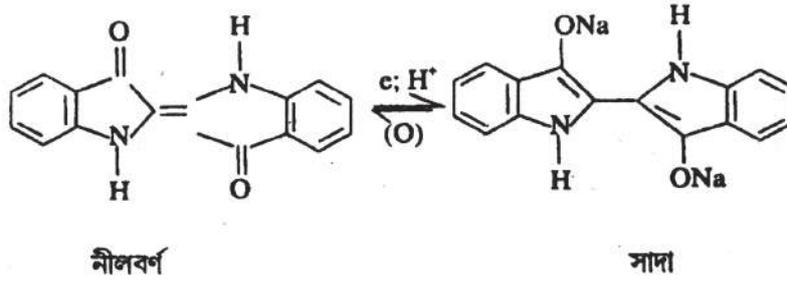
#### 9.4.8 ইন্ডিগো (Indigo) বা ইন্ডিগোটিন (Indigotin) :

প্রস্তুতি :

অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিড ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফিনাইল গ্লাইসিন — O — কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সোডামাইড ও পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইন্ডিগোটিন কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। অতঃপর কার্বন ডাইঅক্সাইড বর্জন করে ইন্ডিগো উৎপন্ন হয়।



ব্যবহার : তীব্র নীল বর্ণের রঞ্জক। জলে অদ্রবণীয়। কাপড়ের সাদা বর্ণ রঙ করতে এই ডাই বা রঞ্জক ব্যবহার করা হয়।



## 9.5 প্রশ্নাবলী

1. রঞ্জক কাকে বলে? রঙিন পদার্থমাত্রই রঞ্জক নয় কেন?
2. কোন জৈব যৌগের রঙের সঙ্গে গঠনের সম্পর্ক কী?
3. গঠনের ভিত্তিতে রঞ্জকের শ্রেণি বিন্যাস কীভাবে করা হয়?
4. একটি অ্যাজো রঞ্জকের নাম কর এবং তার প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার লেখ।
5. অল্পমিতি-ক্ষারমিতিতে নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করা হয় এমন দুটি রঞ্জকের নাম কর এবং অল্প ও ক্ষারে তাদের কী রঙ হয় উল্লেখ কর।
6. একটি লাল রঞ্জক, একটি নীল রঞ্জক এবং একটি সবুজ রঞ্জকের নাম লেখ। এদের কীভাবে প্রস্তুত করা হয়।
7. ভারতবর্ষে আগে চাষ করা হত এমন একটি রঞ্জকের নাম ও রাসায়নিক গঠন লেখ। কেন এই চাষ বন্ধ হয়ে গেল।

---

## NOTES

---

---

## NOTES

---

মানুষের জ্ঞান ও ভাবকে বইয়ের মধ্যে সঞ্চিত করিবার যে একটা প্রচুর সুবিধা আছে, সে কথা কেহই অস্বীকার করিতে পারে না। কিন্তু সেই সুবিধার দ্বারা মনের স্বাভাবিক শক্তিকে একেবারে আচ্ছন্ন করিয়া ফেলিলে বুদ্ধিকে বাবু করিয়া তোলা হয়।

— রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর

ভারতের একটা mission আছে, একটা গৌরবময় ভবিষ্যৎ আছে, সেই ভবিষ্যৎ ভারতের উত্তরাধিকারী আমরাই। নূতন ভারতের মুক্তির ইতিহাস আমরাই রচনা করছি এবং করব। এই বিশ্বাস আছে বলেই আমরা সব দুঃখ কষ্ট সহ্য করতে পারি, অন্ধকারময় বর্তমানকে অগ্রাহ্য করতে পারি, বাস্তবের নিষ্ঠুর সত্যগুলি আদর্শের কঠিন আঘাতে ধূলিসাৎ করতে পারি।

— সুভাষচন্দ্র বসু

Any system of education which ignores Indian conditions, requirements, history and sociology is too unscientific to commend itself to any rational support.

— Subhas Chandra Bose

**Price : ₹. 225.00**

(NSOU-র ছাত্রছাত্রীদের কাছে বিক্রয়ের জন্য নয়)