

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 শিক্ষাগ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এ-ক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে 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 অলক্ষ্যে 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 চেস্তায় 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 হতে 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 : এপ্রিল, 2016

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

পরিচিতি

বিষয় : রসায়ন

সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম : পর্যায় : ECH 10 : 01 & 02

ECH 10 : 01

	রচনা	সম্পাদনা
একক 1-2	ড. প্রশান্তকুমার ভৌমিক	ড. মুকুলচন্দ্র দাস
একক 3-4	ড. বিভূতিভূষণ মাজি	ড. মুকুলচন্দ্র দাস
একক 5	ড. মুকুলচন্দ্র দাস	ড. বিভূতিভূষণ মাজি
একক 6	ড. বিভূতিভূষণ মাজি	ড. মুকুলচন্দ্র দাস

ECH 10 : 02

একক 7-8	ড. মুকুলচন্দ্র দাস	ড. কুমারকান্তি মহলানবিশ
একক 9-10	অধ্যাপক কানাইলাল মুখোপাধ্যায়	ড. মুকুলচন্দ্র দাস
একক 11-12	অধ্যাপক নারায়ণ চক্রবর্তী	ড. সুমিত্রা চৌধুরী

প্রজ্ঞাপন

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

মোহন কুমার চট্টোপাধ্যায়
নিবন্ধক



নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

ECH 10

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

1

জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা, সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন,
অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (1)

একক 1	জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা (1) রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি	7-47
একক 2	জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা (2) জৈব যৌগের গঠনে ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব; সমযোজী বন্ধনের বিভাজন ও গঠন	48-104
একক 3	সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন	105-142
একক 4	অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকিন	143-183
একক 5	অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকাইন	184-215
একক 6	অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (1)—বেঞ্জিন ও সমগোণীয় শ্রেণি	216-255

পর্যায়

2

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (2) ;
ত্রিমাত্রিক সমাবয়তা; জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি

একক 7	অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (2) পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (প্রথম অংশ) বাইফিনাইল, ডাইফিনাইলমিথেন, ট্রাইফিনাইলমিথেন, হেক্সাফিনাইলইথেন, ন্যাপথ্যালিন ও প্রতিস্থাপিত যৌগ	257-290
একক 8	অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (2) পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (দ্বিতীয় অংশ) অ্যানথ্রাসিন, ফিনানথ্রিন, কুইনোলিন ও কার্সিনোজেনিক হাইড্রোকার্বনসমূহ	291-323
একক 9	মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়তা (1)	324-372
একক 10	বৃত্তাকার যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়তা (2)	373-390
একক 11	জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি (1)—প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া	391-434
একক 12	জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি (2)—সংযোজন ক্রিয়া ও অপনয়ন ক্রিয়া	435-480

একক 1 □ জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা (I)

রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি

গঠন

- 1.1 প্রস্তাবনা
 - উদ্দেশ্য
- 1.2 সূচনা
- 1.3 জৈব যৌগে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি
 - 1.3.1 আয়নীয় যোজ্যতা বা তড়িৎযোজ্যতা
 - 1.3.2 সমযোজ্যতা
- 1.4 সমযোজ্যতা বন্ধনের বৈশিষ্ট্য
 - 1.4.1 বন্ধন দূরত্ব
 - 1.4.2 বন্ধন কোণ
 - 1.4.3 বন্ধন বিয়োজন শক্তি ও বন্ধন শক্তি
- 1.5 কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস ও কার্বনের যোজ্যতা
 - 1.5.1 কার্বনের চতুঃ সমযোজ্যতার ব্যাখ্যা
 - 1.5.2 কার্বনের চারটি সমতুল্য সমযোজ্যতা বন্ধনের ব্যাখ্যা
 - 1.5.3 সমযোজী বন্ধন গঠন
 - 1.5.4 পারমাণবিক কক্ষক থেকে আণবিক কক্ষক গঠন
 - 1.5.5 মিথেনের কক্ষক চিত্র
 - 1.5.6 ইথেনের কক্ষক চিত্র
 - 1.5.7 ইথিনের কক্ষক চিত্র
 - 1.5.8 ইথাইনের কক্ষক চিত্র
- 1.6 জৈব যৌগ গঠনের বৈচিত্র্য
- 1.7 কার্যকরী মূলক এবং জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ
- 1.8 জৈব যৌগে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর শ্রেণীবিভাগ
- 1.9 জৈব যৌগের গঠন-সঙ্কেত লেখার বিভিন্ন পদ্ধতি
- 1.10 সারাংশ
- 1.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 1.12 উত্তরমালা

1.1 প্রস্তাবনা

সভ্যতার আদিযুগ থেকে মানুষের খাদ্য, বস্ত্র ও বাসস্থান যুগিয়েছে যে বস্তুগুলি সেগুলি সবই মূলত জৈব যৌগ দিয়ে গঠিত। সভ্যতার যত অগ্রগতি হয়েছে, নব নব আবিষ্কৃত জৈব যৌগের ব্যবহারও ততই বেড়েছে। বর্তমান সভ্যতার সঙ্গে জৈব যৌগের সম্পর্ক অবিচ্ছেদ্যভাবে জড়িত। আমাদের খাদ্য, পানীয়, বাসস্থান, বস্ত্র, জ্বালানি, প্রসাধনসামগ্রী, ঔষধ অর্থাৎ, আমাদের জীবনধারণের জন্য প্রয়োজনীয় ন্যূনতম উপাদান এবং উন্নততর, আরামপ্রদ, সুন্দর জীবনযাপনের জন্য প্রয়োজনীয় সামগ্রী সবের মধ্যেই আছে জৈব যৌগের স্থান। তাই জৈব রসায়নের অধ্যয়ন রসায়ন চর্চার একটি গুরুত্বপূর্ণ অঙ্গ।

উদ্দেশ্য

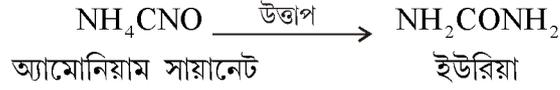
এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- জৈব রসায়নের বর্তমান সংজ্ঞা নির্দেশ করতে পারবেন এবং কোন্ যৌগগুলি জৈব রসায়নের অন্তর্গত তাদের চিহ্নিত করতে পারবেন।
- জৈব যৌগে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- সমযোজ্যতা বন্ধনের বৈশিষ্ট্য এবং জৈব যৌগের গঠনে তাদের প্রয়োগ—এ সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন।
- সংকরায়ণ তত্ত্বের সাহায্যে জৈব যৌগের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- জৈব যৌগের গঠনের বৈচিত্র্য উল্লেখ করতে পারবেন এবং কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ করতে সক্ষম হবেন।
- জৈব যৌগে কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরমাণুর শ্রেণীবিভাগ করতে পারবেন।
- জৈব যৌগের গঠন লেখার বিভিন্ন পদ্ধতি নির্দেশ করতে পারবেন।

1.2 সূচনা

জৈব যৌগ বলতে কার্বনের যৌগ বোঝায়। কিন্তু সব কার্বন যৌগেই অন্তর্ভুক্ত নয়। জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্যটা ঐতিহাসিক কারণে হয়েছে এবং এই পার্থক্য বস্তুত কৃত্রিম। প্রথমদিকে প্রাণ-উৎস (উদ্ভিদ ও প্রাণিজগৎ) থেকে প্রাপ্ত যৌগগুলিকে জৈব যৌগ ও খনিজ বা অপ্রাণ উৎস থেকে প্রাপ্ত যৌগগুলিকে অজৈব যৌগ বলা হত। 1815 খ্রিস্টাব্দে বাজেলিয়াস (Berzelius) প্রাণশক্তি তত্ত্বের (Vital force theory) সাহায্যে জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য করেন। এই তত্ত্ব অনুসারে উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহকোষের এক রহস্যময় শক্তির সাহায্যে জৈব যৌগের সংশ্লেষণ ঘটে। 1828 খ্রিস্টাব্দে জার্মান

রসায়নবিদ ফ্রিডরিখ ভোলার (Friedrich wöhler) অ্যামোনিয়াম সায়ানেটের জলীয় দ্রবণ প্রয়োগে শুষ্ক করে জৈব যৌগ ইউরিয়া প্রস্তুত করেন।



এর ফলে প্রাণশক্তি তত্ত্বের অসারতা প্রমাণিত হয়।

কার্বন-যৌগের সঙ্গে অন্য মৌলগুলির যৌগের কোন মূলগত পার্থক্য না থাকা সত্ত্বেও কার্বন-যৌগগুলির বিশেষত্ব হল যে তারা সংখ্যায় বিপুল। এই সংখ্যা ৪০ লক্ষ ছাড়িয়ে গিয়েছে। এ ছাড়াও প্রায় ৪০ হাজার করে নতুন কার্বন-যৌগ প্রতিবছর যোগ হচ্ছে। তাই কার্বন-যৌগগুলি আলোচনার জন্য রসায়নের একটি স্বতন্ত্র শাখা, জৈব রসায়ন, গড়ে উঠেছে। অবশ্য প্রথাগতভাবে কিছু কার্বন-যৌগকে জৈব রসায়নের আওতার বাইরে রাখা হয়েছে। কার্বনের অক্সাইড, ধাতব কার্বনেট ও বাইকার্বনেট, ধাতব সায়ানাইড ও ধাতব কার্বাইড ছাড়া আর সব কার্বন-যৌগের রসায়নই হল জৈব রসায়ন।

অনুশীলনী ১

- (i) জৈব যৌগ সংশ্লেষণের জন্য কি বিশেষ প্রাকৃতিক শক্তির প্রয়োজন?
- (ii) প্রথম কোন জৈব যৌগটি পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? কে কীভাবে জৈব যৌগটি প্রস্তুত করেন?
- (iii) অ্যামোনিয়াম সায়ানেট ও ইউরিয়ার আণবিক সঙ্কেত লিখুন। এদের পরস্পর কি বলা হয়? উত্তাপ প্রয়োগে অ্যামোনিয়াম সায়ানেট থেকে ইউরিয়া প্রস্তুত কি ধরনের বিক্রিয়া?

1.3 জৈব যৌগে রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি

যে আকর্ষণী বলের প্রভাবে কোন মৌলের বা কোন যৌগের অণুতে বা কোন আয়নীয় জোটে দুটি পরমাণু একত্রে গ্রথিত হয়ে থাকে তাকে রাসায়নিক বন্ধন বলে। রাসায়নিক বন্ধন তড়িতিক প্রকৃতির। রাসায়নিক বন্ধন প্রধানত দু' ধরনের :

- (1) আয়নীয় বন্ধন বা তড়িৎযোজী বন্ধন;
- (2) সমযোজী বন্ধন।

তৃতীয় আর এক ধরনের বন্ধন—কো-অর্ডিনেট সমযোজী বন্ধন—প্রকৃতপক্ষে বিশেষ ধরনের সমযোজী বন্ধন।

1.3.1 আয়নীয় বন্ধন ও তড়িৎযোজী বন্ধন :

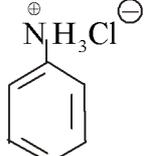
একটি পরমাণু থেকে অপর একটি পরমাণুতে এক বা একাধিক ইলেকট্রনের পুরোপুরি স্থানান্তরের মাধ্যমে যে বন্ধনের সৃষ্টি হয়, তাকে আয়নীয় বন্ধন বা তড়িৎযোজী বন্ধন বলে। যে পরমাণু থেকে

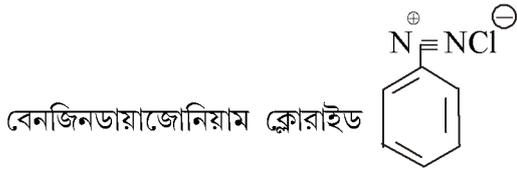
ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়, সেটি ধনাত্মক আয়ন (ক্যাটায়ন) এবং যে পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়, সেটি ঋণাত্মক আয়ন (অ্যানায়ন) গঠন করে। বিপরীত আধানবাহী আয়নগুলি পরস্পরের প্রতি আকৃষ্ট হয় এবং নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে আয়নীয় কেলাসে একত্রে গ্রথিত থাকে।

মনে রাখা দরকার, আয়নীয় বন্ধনের নির্দিষ্ট কোন অভিমুখ (direction) নাই। বিপরীত আধানযুক্ত আয়নগুলির মধ্যে যে কুলম্বীয় বল ক্রিয়া করে তা সবদিকে সমানভাবে প্রযুক্ত থাকে। একাধিক ঋণাত্মক আয়ন প্রতিটি ধনাত্মক আয়নকে পরিবেষ্টিত করে রাখে, আবার একাধিক ধনাত্মক আয়ন প্রতিটি ঋণাত্মক আয়নকে পরিবেষ্টিত করে রাখে। অর্থাৎ, আয়নগুলির মধ্যে আকর্ষণ-বিকর্ষণ বল সবদিকে ক্রিয়া করে। সর্বাধিক সুস্থিতির জন্য বিপরীত আধানযুক্ত আয়নগুলি কতকগুলি নিয়মিত জ্যামিতিক আকৃতিতে বিন্যস্ত হয়ে কেলাস গঠন করে তারা সেই জ্যামিতিক আকৃতিতেই বিন্যস্ত হয় যাতে সদৃশ আধানযুক্ত আয়নগুলির মধ্যে ক্রিয়ারত কুলম্বীয় বিকর্ষণ বল এবং আয়নগুলির বহিঃকেন্দ্রিকীয় ইলেকট্রনগুলির মধ্যে ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণ বল সবথেকে কম হয়। আয়নগুলির আধানের মান এবং ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপর জ্যামিতিক আকৃতি নির্ভর করে।

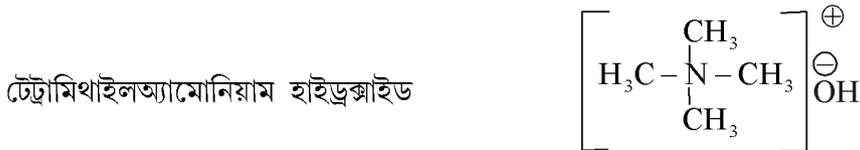
উদাহরণ : সোডিয়াম পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষ থেকে একটি ইলেকট্রন ক্লোরিন পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষে স্থানান্তরের মাধ্যমে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) গঠিত হয়। বিপরীত আধানবাহী সোডিয়াম ও ক্লোরাইড আয়ন নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে স্থির তাড়িতিক বলের মাধ্যমে একত্রে গ্রথিত থাকে।

কার্বন ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের মাধ্যমে অন্য কোন পরমাণুর সঙ্গে আয়নীয় বন্ধন গঠন করার প্রবণতা সাধারণ দেখায় না। তাই জৈব যৌগগুলি মূলত সমযোগী যৌগ। তবে জৈব ক্ষারকীয় যৌগগুলি

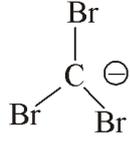
আয়নীয় লবণ হিসেবে থাকতে পারে। যেমন, অ্যানিলিনিয়াম ক্লোরাইড, , একটি আয়নীয় যৌগ। আবার বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে জৈব যৌগগুলি আয়নীয় জোট হিসেবে থাকতে পারে। এমন কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল।



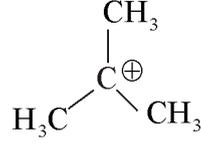
(এর গঠন সম্বন্ধে পরে জানবেন।)



আবার বিক্রিয়াকালে মধ্যস্থ (intermediate) পদার্থ হিসেবে জৈব যৌগ থেকে জৈব আয়ন উৎপন্ন হতে পারে। এইরূপ আয়ন হল কার্বানায়ন ও কার্বোক্যাটায়ন :



একটি কার্বানায়ন

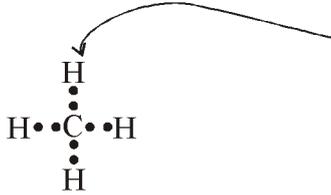


একটি কার্বোক্যাটায়ন

এগুলি বিক্রিয়া মাধ্যমে খুব ক্ষণস্থায়ী বিক্রিয়ার মধ্যস্থ পদার্থ হিসেবে উৎপন্ন হয় এবং সাধারণত বিপরীত আয়নের সঙ্গে আয়ন-যুগল হিসেবে অবস্থান করে। দ্রুত বিক্রিয়া করে এগুলি সুস্থির বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে এগুলি পৃথক করা সম্ভবপর হয়েছে। পরবর্তী এককে এগুলি সম্বন্ধে জানতে পারবেন।

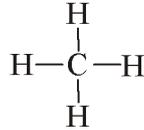
1.3.2 সমযোজ্যতা :

দুটি পরমাণুর মধ্যে এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড় সমভাবে বন্টিত হয়ে যে বন্ধন গঠিত হয়, তাকে সমযোজী বন্ধন বলে। প্রতিটি ইলেকট্রন-জোড় সংযোগী পরমাণু দুটির প্রতিটি থেকে আসা একটি করে ইলেকট্রন দিয়ে গঠিত হয়। সংযোগী পরমাণুদুটির মধ্যে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে বন্টিত হলে এক-বন্ধন, দুটি ইলেকট্রন জোড় সমভাবে বন্টিত হলে দ্বি-বন্ধন ও তিনটি ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে বন্টিত হলে ত্রি-বন্ধন-এর সৃষ্টি হয়। যেমন, মিথেন গঠিত হয় একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর চারটি সমযোজী বন্ধন গঠনের মাধ্যমে :

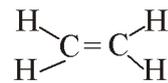
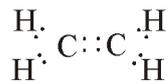


ইলেকট্রন-জোড় : একটি ইলেকট্রন কার্বন ও একটি ইলেকট্রন হাইড্রোজেন থেকে এসেছে।

এক সমযোজী বন্ধনকে সাধারণত একটি ড্যাশ (dash) চিহ্ন দিয়ে দেখানো হয়। যেমন মিথেনের চারটি সমযোজী বন্ধনকে এইভাবে দেখানো হয় :



একটি ড্যাশের অর্থ একটি ইলেকট্রন-জোড়। ইথিন ও ইথাইনের দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে যথাক্রমে দ্বি-বন্ধন ও ত্রি-বন্ধন আছে :



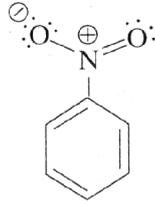
ইথিন



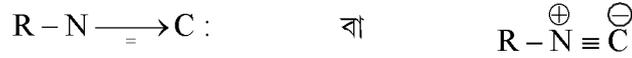
ইথাইন

এই এককেরই পরবর্তী অংশে কক্ষক (orbital) চিত্রের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠন আলোচনা করা হল।
আগেই আপনারা জেনেছেন, প্রায় সব জৈব যৌগই সমযোজী বন্ধন দিয়ে গঠিত।

আর এক ধরনের বন্ধনকে অসমযোজী বন্ধন বলে। এটি সমযোজী বন্ধনেরই একটি বিশেষ প্রকাশ। এই বন্ধন গঠিত হয় এবং সংযোজী পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে একটি পরমাণুর ইলেকট্রন-জোড় দানের মাধ্যমে। সংযোজী পরমাণু দুটির মধ্যে যেটি ইলেকট্রনযুগল দান করে সেটি ধনাত্মক এবং যেটি ইলেকট্রনযুগল গ্রহণ করে সেটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। কিছু জৈব যৌগে এধরনের বন্ধন থাকে। নাইট্রোবেনজিনে এই ধরনের বন্ধন আছে।



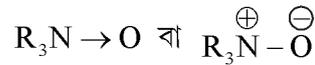
অবশ্য নাইট্রোবেনজিনে কার্বনের সঙ্গে অন্য কোন পরমাণুর এই ধরনের বন্ধন নাই। আইসোসায়ানাইড যৌগসমূহে নাইট্রোজেন ও কার্বনের মধ্যে একটি বন্ধন এই ধরনের বন্ধন :



দুটি সমযোজী ও একটি অসমযোজী বন্ধন

মনে রাখা দরকার, গঠিত হওয়ার পর সমযোজী ও অসমযোজী বন্ধনের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না।

অনেক সময় অসমযোজী বন্ধনকে তীরচিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয়। তীরচিহ্ন যে পরমাণুটি গ্রহীতা তার দিকে থাকে। যেমন, অ্যামিন অক্সাইডকে (বা অন্য অসমযোজী যৌগকেও) দু'ভাবেই প্রকাশ করা যায় :



(R = অ্যালকিল মূলক)

1.4 সমযোজী বন্ধনের বৈশিষ্ট্য

সমযোজী বন্ধনের তিনটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য আছে।

(1) এইবন্ধন ত্রিমাত্রিক শূন্যে নির্দিষ্ট দিক-নির্দেশী,

(2) এই বন্ধনের নির্দিষ্ট বন্ধন-দূরত্ব আছে,

(3) এই বন্ধনের নির্দিষ্ট বন্ধন-শক্তি আছে

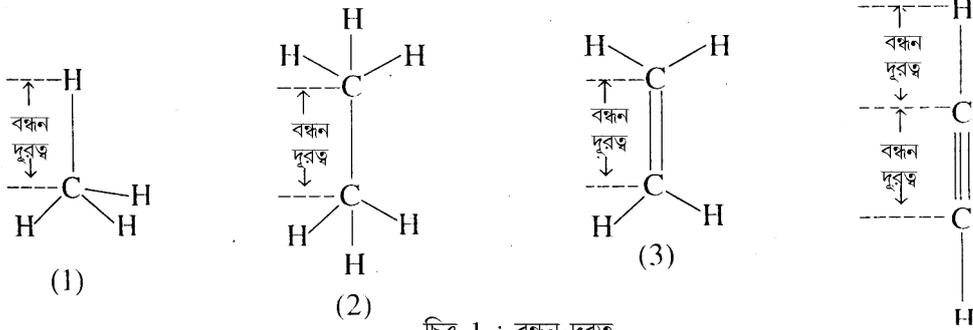
সমযোজী বন্ধন নির্দিষ্ট দিক-নির্দেশী এবং নির্দিষ্ট দূরত্ব সম্পন্ন হওয়ার জন্য সমযোজী বন্ধন দিয়ে গঠিত অণুগুলি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতিবিশিষ্ট হয়। এই অণুগুলির ধর্ম তাদের জ্যামিতিক আকৃতির উপর অনেকাংশে নির্ভরশীল।

1.4.1 বন্ধন-দূরত্ব (Bond length) :

কোন অণুতে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি নির্দিষ্ট পরমাণুর কেন্দ্রকন্ডয়ের কেন্দ্রবিন্দু দুটির মধ্যে দূরত্বকে বন্ধন-দূরত্ব বলে। যেমন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুর হাইড্রোজেন-কেন্দ্রক ও ক্লোরিন-কেন্দ্রকন্ডয়ের কেন্দ্রবিন্দু দুটির মধ্যে দূরত্ব হল হাইড্রোজেন-ক্লোরিন বন্ধন-দূরত্ব :



আর কয়েকটি বন্ধন-দূরত্ব নিচের চিত্রে দেখানো হল :



চিত্র 1 : বন্ধন-দূরত্ব

অণুগুলির আকৃতি সংকরায়ণ অংশটি পড়ার পর বুঝতে পারবেন। এখানে অণুগুলির প্রকৃতি জ্যামিতিক আকৃতি দেখানো হয়েছে।

সমযোজী বন্ধন দিয়ে যুক্ত পরমাণুদুটির মধ্যে দূরত্ব অপরিবর্তনীয় নয়। কারণ অণুটি সর্বদাই স্পন্দিত হতে থাকে। পরিমাপ করে যে মানটি পাওয়া যায় সেটি গড় মান। কিন্তু বিভিন্ন অণুতে একই বন্ধনের বন্ধন-দূরত্ব মোটামুটিভাবে অপরিবর্তনীয়ই থাকে। বন্ধন-দূরত্ব কোন অণুর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম। কার্বনের সঙ্গে অন্য কোন পরমাণুর বন্ধন-দূরত্ব কার্বনের সংকরায়ন স্তরের (State of hybridisation) উপরের মূলত নির্ভর করে এবং অন্য কোন কারণে প্রভাবিত হয় না বললেই চলে (কার্বনের সংকরায়ন আলোচনার জন্য এই এককের পরবর্তী অংশ দেখুন)।

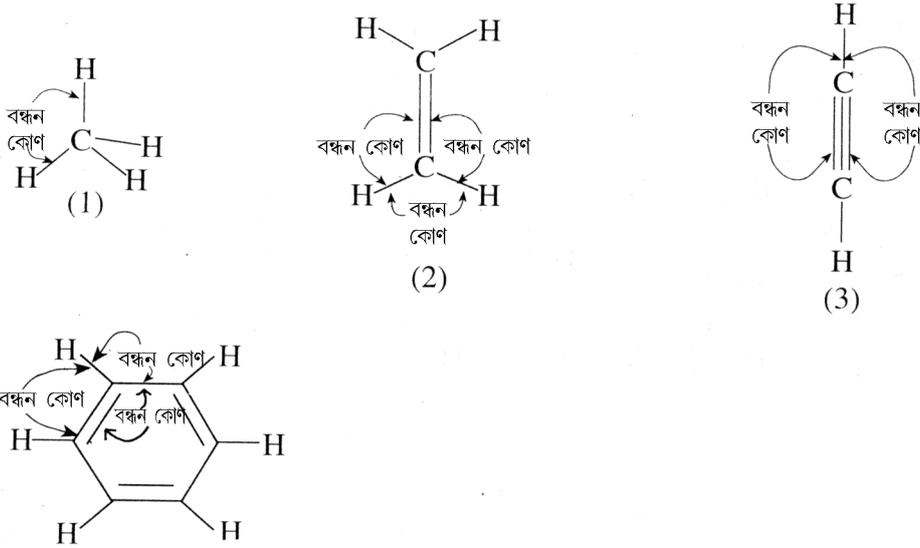
নিচের তালিকায় কিছু বন্ধন-দূরত্বের মান দেওয়া হল :

তালিকা—1 : কার্বনের সংকরায়ণ স্তর, বন্ধন ও বন্ধন-দূরত্ব

কার্বনের সংকরায়ণ স্তর	বন্ধন	বন্ধন-দূরত্ব (pm)	কার্বনের সংকরায়ণ স্তর	বন্ধন	বন্ধন-দূরত্ব (pm)
Sp ³	C-H	109	sp ³ -sp ³	C-C	154
Sp ²	C-H	108.6	sp ³ -sp ²	C-C	150
Sp	C-H	106	sp ³ -sp	C-C	147
Sp ² -sp ²	C-C	146	sp ³ -sp ³	C-O	142
Sp-sp	C≡C	120	sp ² -sp ²	C=O	122

1.4.2 বন্ধন-কোণ (Bond angle) :

কোন অণুতে একই পরমাণুর দুটি সমযোজী বন্ধনের মধ্যে কোণকে বন্ধন-কোণ বলা হয়। নিচের উদাহরণগুলি লক্ষ্য করুন :



চিত্র 2 : বন্ধন-কোণ

বন্ধন-কোণও কোন অণুর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম। এই এককের পরবর্তী অংশে বিভিন্ন অণুর জ্যামিতিক আকৃতি ও বন্ধন-কোণগুলির মান দেওয়া হল।

অনুশীলনী 2

- জৈব যৌগগুলি মূলত কি ধরনের বন্ধন দিয়ে গঠিত।
- সমযোজী বন্ধনের তিনটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য কি?

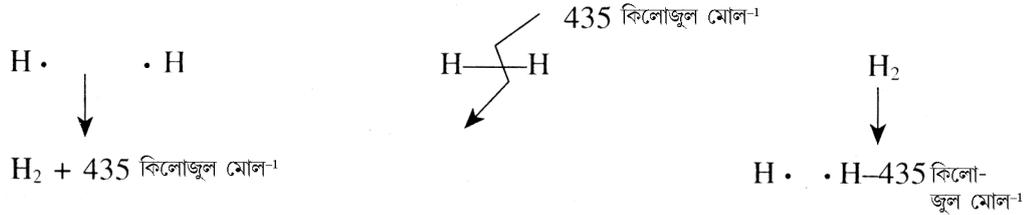
- (iii) বিভিন্ন জৈব যৌগে বিভিন্ন কার্বন-কার্বন এক সমযোজী বন্ধনের মান কি সমান হবে?
 (iv) কার্বনের সঙ্গে অন্য পরমাণুর বন্ধন-দূরত্ব মূলত কিসের উপর নির্ভর করে?
 (v) তড়িৎযোজ্যতা ও সমযোজ্যতার মধ্যে মূল প্রভেদ কী?

1.4.3 বন্ধন-বিয়োজন শক্তি (D) ও বন্ধন-শক্তি (E) (bond dissociation energy (D) and bond energy (E)]

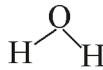
দুটি বিচ্ছিন্ন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হলে শক্তি নির্গত হয়। সুতরাং ঐ দুটি পরমাণুর মধ্যকার সমযোজী বন্ধনকে বিভাজিত করতে সমপরিমাণ শক্তি শোষিত হতে হবে।



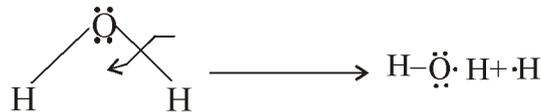
যেমন, গ্যাসীয় অবস্থায় 1 মোল হাইড্রোজেন অণুকে বিভাজিত করে গ্যাসীয় অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিবর্তিত করতে 435 কিলোজুল শক্তি প্রয়োজন হয়।



হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরিমাণুক—এখানে একটিই H—H বন্ধন আছে। কিন্তু জল অণুতে দুটি O—H বন্ধন আছে।

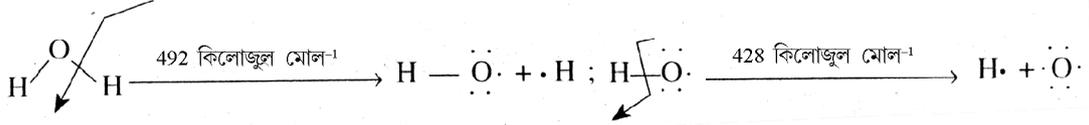


এখন প্রশ্ন হল দুটি O—H সমযোজী বন্ধনকে বিভাজিত করতেই কি সমপরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হবে? একটি সমযোজী O—H বন্ধনকে বিভাজিত করার পর অবস্থা দাঁড়ায়।



স্পষ্টতই এই O—H সমযোজী বন্ধনটির রাসায়নিক পরিবেশ আলাদা। তাই এই O—H সমযোজী বন্ধনকে সমবিভাজিত করতে ভিন্ন পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হবে। প্রথম O—H সমযোজী বন্ধনকে সমবিভাজিত

করতে প্রয়োজন হয় 492 কিলোজুল মোল⁻¹ শক্তির এবং দ্বিতীয় O—H সমযোজী বন্ধনকে সমবিভাজিত করতে 429 কিলোজুল মোল⁻¹ শক্তির প্রয়োজন হয়।



এখন আমরা এই দুটি মানের গড় নিয়ে কোন O—H বন্ধনকে বিভাজিত করতে কত গড় শক্তির প্রয়োজন হয় তা নির্ণয় করতে পারি। আবার O—H বন্ধন অন্যান্য অণুতেও উপস্থিত আছে। এই O—H বন্ধনগুলিকেও ধরে গড়ে 1 মোল O—H বন্ধনকে সমবিভাজিত করতে কত শক্তির প্রয়োজন হয় নির্ণয় করা যায়।

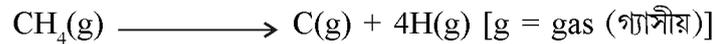
তাহলে অণুর মধ্যে নির্দিষ্ট একটি সমযোজী বন্ধনকে সমবিভাজিত করতে ও বহুসংখ্যক বিভিন্ন অণুর মধ্যে একই সমযোজী সমবিভাজিত করতে বিভিন্ন পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়। প্রথমোক্তকে বলা হয় **বন্ধন-বিয়োজন শক্তি** (bond dissociation energy, D) এবং শেষোক্তটিকে বলা হয় **বন্ধন-শক্তি** (bond energy, E) এবং বন্ধন-বিয়োজন শক্তি ও বন্ধন-শক্তির মধ্যে পার্থক্য করা হয়। গণনার সময় সাধারণত বন্ধন শক্তি ব্যবহার করা হয়।

বন্ধন বিয়োজন শক্তি (D) : কোন নির্দিষ্ট অণুতে একটি নির্দিষ্ট সমযোজী বন্ধনকে সমবিভাজিত করতে মোল প্রতি যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে **বন্ধন-বিয়োজন শক্তি** বলে। অণুটি এবং সমবিভাজিত পদার্থগুলিকে গ্যাসীয় অবস্থায় নিয়ে গণনা করা হয়। এতে অণুটি এবং বিভাজিত পদার্থগুলি পরিবেশজনিত অন্যান্য, আকর্ষণ-বিকর্ষণ বল থেকে মুক্ত থাকে।

বন্ধন-শক্তি (E) : বহুসংখ্যক বিভিন্ন অণুর মধ্যে একই ধরনের সমযোজী বন্ধনের সমবিভাজন ঘটাতে মোল প্রতি গড়ে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে **বন্ধন-শক্তি** বলে। এখানেও অণু এবং বিভাজিত পদার্থগুলিকে গ্যাসীয় অবস্থায় নিয়ে গণনা করা হয়।

বিভিন্ন অণুর ক্ষেত্রে কোন বন্ধন-শক্তির মান একেবারে সঠিক হয় না। এই মান মোটামুটিভাবে ঠিক। এই মানের পার্থক্য মোটামুটিভাবে 10 কিলোজুল মোল⁻¹-এর মধ্যেই থাকে।

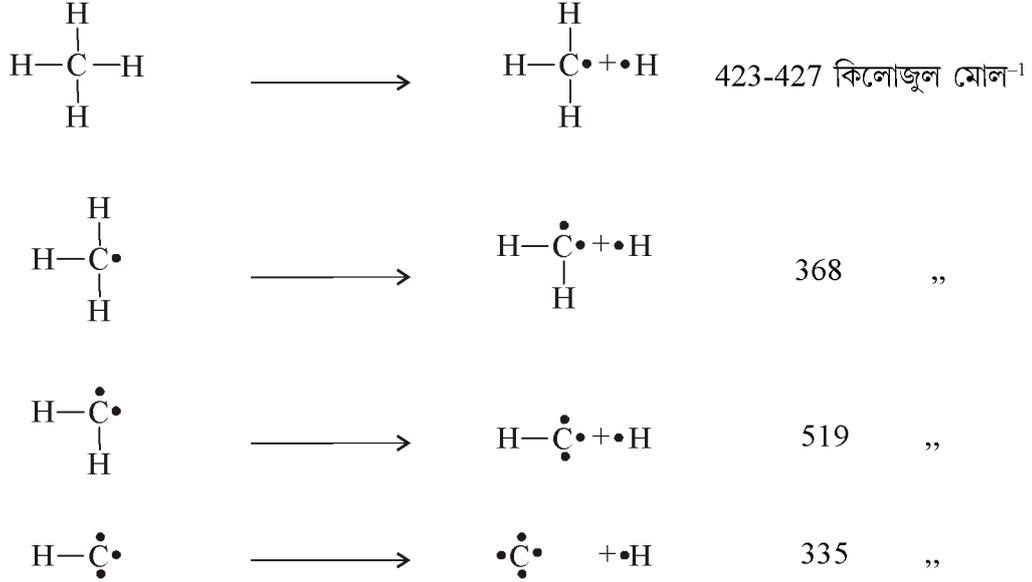
মিথেনের ক্ষেত্রে 0K তাপমাত্রায় নিচের পরিবর্তনটি ঘটাতে 1664 কিলোজুল মোল⁻¹ শক্তির প্রয়োজন



হয় সুতরাং 0K তাপমাত্রায় মিথেনের বন্ধন-শক্তি হল এর এক-চতুর্থাংশ, অর্থাৎ 1664/4 বা 411 কিলোজুল মোল⁻¹।

কিন্তু মিথেনের চারটি C—H বন্ধনকে চারটি আলাদা ধাপে বিভাজিত করতে প্রতিটি ধাপে ভিন্ন ভিন্ন শক্তির প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ চারটি C—H বন্ধনের বন্ধন-বিয়োজন শক্তির মান ভিন্ন ভিন্ন।

বন্ধন-বিয়োজন শক্তি



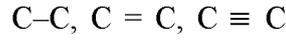
তালিকা 2-তে কিছু বন্ধনের বন্ধন-শক্তির মান দেওয়া হল।

তালিকা-2 : কিছু গুরুত্বপূর্ণ বন্ধনের ক্ষেত্রে 25° সেলসিয়াস তাপমাত্রায় বন্ধন-শক্তি (E)-র মান। এই মান বহুসংখ্যক যৌগের থেকে নির্ণয় করা গড় মান।

রাসায়নিক বন্ধন	বন্ধন-শক্তি (কিলোজুল মোল ⁻¹)	রাসায়নিক বন্ধন	বন্ধন-শক্তি (কিলোজুল মোল ⁻¹)
O—H	460–464		
C—H	400–415	C ≡ C	835
N—H	390	C = C	610–630
C—O	355–380	C—C	345–355
C—C	345–355	C ≡ C	854
C—N	290–315	C = O	724–757

অনুশীলনী 3

(i) নিচের বন্ধনগুলির মধ্যে কোনটির বন্ধন-শক্তি সবথেকে কম এবং কোনটির সবথেকে বেশি?



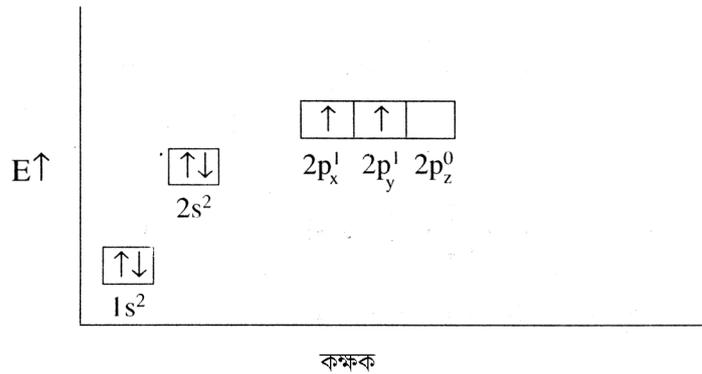
(ii) CCL_4 -এর C-Cl বন্ধন-বিয়োজন শক্তির মান চারটি; কিন্তু বন্ধন-শক্তির মান একটিই কেন?

(iii) তালিকা 2 ব্যবহার করে বলুন CH_3OH -এর কোন বন্ধন বিভাজিত করতে সবথেকে কম শক্তির প্রয়োজন?

(iv) কোন ধরনের অণুর ক্ষেত্রে বন্ধন-শক্তির মান সমান হবে?

1.5 কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস ও কার্বনের যোজ্যতা

স্থিতাবস্থায় (Ground state) কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস হল : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$



চিত্র 3 : কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস

[বাস্তু \square দিয়ে পরমাণু কক্ষক (atomic orbital) এবং তীরচিহ্ন (\uparrow বা \downarrow) দিয়ে ইলেকট্রনের বিপরীতমুখী ঘূর্ণন বোঝান হয়েছে।]

অর্থাৎ কার্বনের 1s কক্ষকে ও 2s কক্ষকে 2টি করে ইলেকট্রন এবং $2p_x$ ও $2p_y$ কক্ষকে 1টি করে ইলেকট্রন আছে।

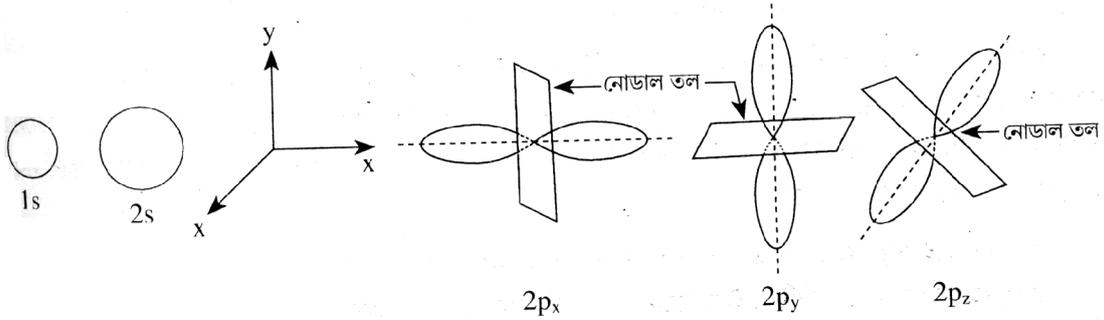
Hand-এর নিয়মানুসারে কোন কক্ষকে দুটির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

কক্ষক হল কেন্দ্রকের চতুর্দিকের একটি ত্রিমাত্রিক স্থান, যেখানে বিশেষ কোয়ান্টায়িত শক্তিস্তরবিশিষ্ট একটি ইলেকট্রন থাকার সম্ভাব্যতা সবথেকে বেশি—কক্ষক আকার (size), আকৃতি (shape) এবং ত্রিমাত্রিক শূন্যে অভিবিন্যাস (orientation) সম্পন্ন।

1s ও 2s কক্ষক কেন্দ্রকের চারিদিকে সুসমঞ্জস বর্তুলাকৃতি (spherically symmetrical), তবে 2s কক্ষক কেন্দ্রক থেকে বেশি দূরে বিস্তৃত। তাই 2s কক্ষকটি 1s কক্ষক থেকে বড় আকৃতিবিশিষ্ট। তিনটি 2p

কক্ষকের আকৃতি একই এবং শক্তিস্তরও একই (degenerate orbitals), কিন্তু এদের ত্রিমাত্রিক শূন্যে অভিবিন্যাস আলাদা। এরা প্রকৃতপক্ষে x , y ও z এই তিন অক্ষ বরাবর পরস্পরের সঙ্গে লম্বভাবে (সমকোণে) অবস্থান করে এবং এদের $2p_x$, $2p_y$ ও $2p_z$ কক্ষক বলা হয়। এই কক্ষকগুলি হল ডাম্বেলাকৃতি।

$2p_x$ কক্ষকের ক্ষেত্রে কেন্দ্রকগামী এবং x -অক্ষের সঙ্গে কমকোণ একটি তল থাকে, যেখানে ইলেকট্রন থাকার সম্ভাবনা নাই। $2p_y$ ও $2p_z$ কক্ষকের ক্ষেত্রেও যথাক্রমে y ও z -অক্ষের সঙ্গে সমকোণে এইরূপ তল থাকে। এই তলগুলিকে নোডাল তল (nodal plane) বলে। এই তল প্রতিটি ডাম্বেলকে দুটি সম অর্ধে ভাগ করে। $1s$, $2s$, $2p_x$, $2p_y$ ও $2p_z$ পারমাণবিক কক্ষকগুলি নিচে দেখানো হল :



নোডাল তল

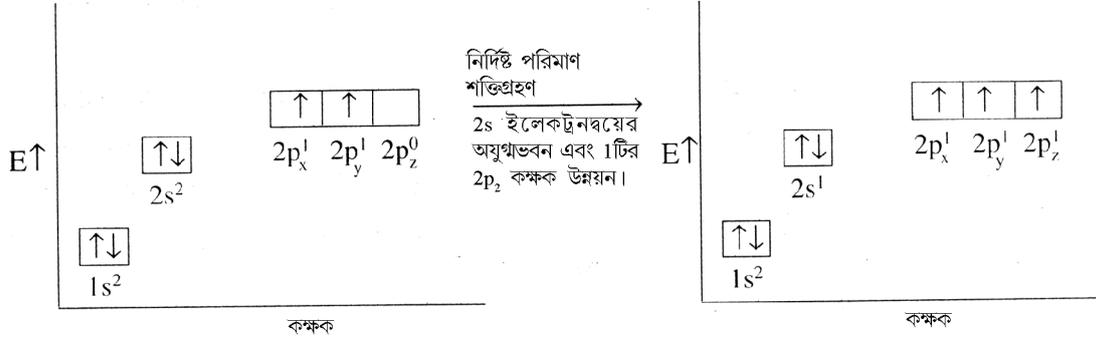
চিত্র 4 : s ও p পরমাণু কক্ষক

স্থিতাবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস থেকে দেখা যায় যে, কার্বনের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে 2টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। একটি করে ইলেকট্রনযুক্ত এই $2p_x$ ও $2p_y$ কক্ষক দুটি অন্য পরমাণুর উপযুক্ত কক্ষকের সঙ্গে অভিলেপন করে দুটি সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে। অর্থাৎ স্থিতাবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস অনুযায়ী কার্বনের অল্পসংখ্যক অণুতে কার্বন দ্বি-সমযোজী হলেও প্রায় সব জৈব যৌগেই কার্বন চতুঃসমযোজী। কীভাবে কার্বনের এই চতুঃসমযোজ্যতা ব্যাখ্যা করা যায়?

1.5.1 কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতার ব্যাখ্যা :

বিক্রিয়ার সময় স্থিতাবস্থায় অবস্থিত কার্বন নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তিগ্রহণ করার ফলে কার্বনের $2s$ কক্ষকের ইলেকট্রন দুটি অযুগ্ম হয় এবং $2s$ কক্ষক থেকে একটি ইলেকট্রন $2p_z$ কক্ষকে উন্নীত হয়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তিগ্রহণ করে কার্বন স্থিতাবস্থা থেকে উদ্দীপ্ত অবস্থায় (excited state) উন্নীত হয়। উদ্দীপ্ত

অবস্থায় কার্বনের সর্ব বহিঃস্থ কক্ষের চারটি কক্ষকে অর্থাৎ, $2s$, sp_x , sp_y ও $2p_z$ কক্ষকে একটি করে মোট চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে। নিচের চিত্রে (চিত্র 5) বিষয়টি দেখানো হল :



চিত্র 5 : কার্বনের স্থিতাবস্থা থেকে উদ্দীপ্ত অবস্থায় উন্নয়ন

একটি করে ইলেকট্রনযুক্ত কার্বনের এই চারটি পারমাণবিক কক্ষকের অর্থাৎ, $2s$, $2p_x$, $2p_y$ এবং $2p_z$ কক্ষকের অপর পরমাণুর উপযুক্ত কক্ষকের মাথায়-মাথায় বা আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন সম্ভব। অর্থাৎ, কার্বনের এই উদ্দীপ্ত অবস্থার ইলেকট্রন-বিন্যাসের সাহায্যে কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতা ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

কার্বনের এই চতুঃসমযোজ্যতার ব্যাখ্যা গ্রহণযোগ্য হলেও জৈব যৌগের গঠন এইভাবে ব্যাখ্যা করা যায় না। যেমন, মিথেন অণুতে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য এবং মিথেন অণুর জ্যামিতিক আকৃতি হল সুসম চতুস্তলকীয়। এই তথ্য শুধু উদ্দীপ্ত অবস্থার কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস দিয়ে ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। কার্বন তিনটি $2p$ কক্ষক ও 1টি $2s$ কক্ষক দিয়ে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন করলে 3টি $2p$ কক্ষক দিয়ে গঠিত বন্ধন তিনটি পরস্পর সমকোণ তিনটি দিকে নির্দেশিত থাকবে এবং বর্তুলাকৃতি $2s$ কক্ষক দিয়ে গঠিত সমযোজী বন্ধনটি দিক-নির্দেশী হবে না। অর্থাৎ এইভাবে গঠিত কার্বনের চারটি সমযোজী বন্ধন সমতুল্য হবে না এবং এই চারটিবন্ধনের দিক-নির্দেশ একটি সুসম চতুস্তলকের চারটি কোণার দিকেও হবে না।

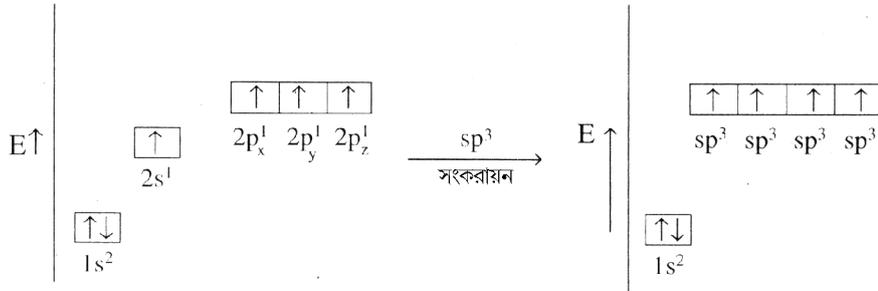
অনুশীলনী 4

স্থিতাবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস ও উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস লিখুন। উদ্দীপ্ত অবস্থার কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস দিয়ে মিথেনে কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতার ব্যাখ্যা দেওয়া যায় না কেন?

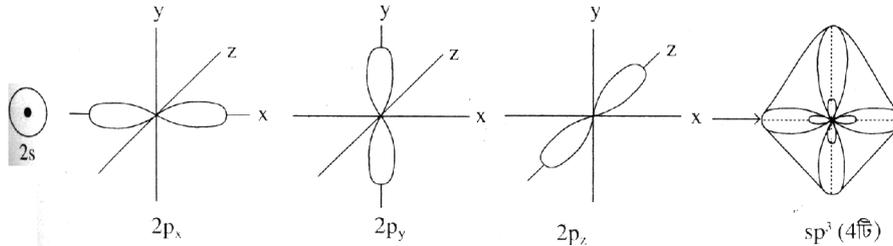
1.5.2 কার্বনের চারটি সমতুল্য সমযোজী বন্ধনের ব্যাখ্যা : সংকরায়ন তত্ত্ব বা হাইব্রিডিজেশন (Hybridisation) তত্ত্ব :

সংকরায়ন বা হাইব্রিডিজেশন তত্ত্বের সাহায্যে কার্বনের চারটি সমতুল্য সমযোজী বন্ধনের ব্যাখ্যা

দেওয়া যায়। এটি একটি গাণিতিক তত্ত্ব। এখানে গুণগতভাবে ব্যাখ্যাটি উপস্থাপনা করা হল। কার্বন চারটি যতগুলি পারমাণবিক কক্ষকের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন করার সময় এই সংকরায়ন ঘটে ততগুলি সমতুল্য তত্ত্ব অনুসারে উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের 1টি 2s ও 3টি 2p কক্ষকের সংকরায়িত কক্ষক উৎপন্ন হয়। সংকরায়ণ ঘটে। ফলে চারটি সমতুল্য পারমাণবিক কক্ষক গঠিত হয়। 1টি 2s ও 3টি 2p পারমাণবিক কক্ষকের সংকরায়নের ফলে উৎপন্ন হয় বলে নতুন এই চারটি সমতুল্য পারমাণবিক কক্ষককে sp^3 (উচ্চারণ করা হয় এস পি থ্রি) পারমাণবিক কক্ষক sp^3 -সংকরায়িত কক্ষকে s ও p বলা হয়। অর্থাৎ 1টি 2s ও 3টি 2p ($2p_x$, $2p_y$ ও $2p_z$) কক্ষকের পারমাণবিক কক্ষকগুলির স্বকীয় সংকরায়নের ফলে 4টি সমতুল্য sp^3 সংকরায়িত কক্ষক গঠিত হয়। এই বৈশিষ্ট্য থাকে না। চারটি sp^3 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের 4টি কোণার দিকে প্রসারিত থাকে। কাল্পনিক চতুস্তলকটির কেন্দ্রে থাকে কার্বনের কেন্দ্রক। প্রতিটি sp^3 সংকরায়িত কক্ষকে একটি করে ইলেকট্রন থাকে। নিচের চিত্রে বিষয়টি দেখান হল :



চিত্র 6 (i) : কার্বনের sp^3 সংকরায়ণ



চিত্র 6 (ii) : কার্বনের sp^3 সংকরায়ণ (কক্ষক চিত্র)

s, p ও sp^3 পারমাণবিক কক্ষকগুলির তুলনামূলক আকৃতি নিচে দেখান হল :



চিত্র 7 : s, p ও sp^3 কক্ষকগুলির তুলনামূলক আকৃতি

এখানে আর একটি প্রশ্ন ওঠা স্বাভাবিক। কার্বন কেন স্থিতাবস্থার সুস্থিতি বর্জন করে শক্তি গ্রহণ করে উদ্দীপ্ত অবস্থায় গিয়ে শেষ পর্যন্ত 4টি sp^3 সংকরায়িত কক্ষক গঠন করবে? এর কারণ হল এই চারটি sp^3 কক্ষক

ব্যবহার করে 4টি সমযোজী বন্ধন গঠন করার সময় যে শক্তি নির্গত হয় তা কার্বন যে শক্তি গ্রহণ করে তার থেকেও বেশি। অর্থাৎ, শেষ পর্যন্ত আরও বেশি সুস্থিতি অর্জন করে বলে কার্বন তার প্রারম্ভিক সুস্থিতিকে বর্জন করে।

1.5.3 সমযোজী বন্ধন গঠন : পারমাণবিক কক্ষকগুলির মধ্যে অভিলেপন (Overlap) :

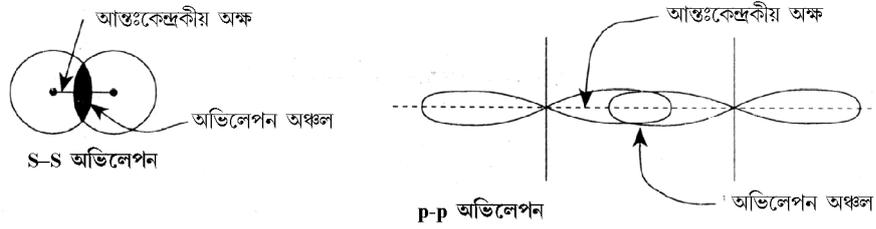
দুটি ভিন্ন পরমাণুর প্রতিটির একটি করে পারমাণবিক কক্ষকের পারস্পরিক অভিলেপনের ফলে পরমাণুদুটির মধ্যে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়। অভিলেপনে অংশগ্রহণকারী পারমাণবিক কক্ষকগুলি বিশুদ্ধ পারমাণবিক কক্ষক, যেমন s, p ইত্যাদি হতে পারে, আবার সংকরায়িত বা হাইব্রিড পারমাণবিক কক্ষক, যেমন, sp^3 হতে পারে।

দুটি ভিন্ন পারমাণবিক কক্ষকদ্বয়ের অভিলেপন দুভাবে হতে পারে :

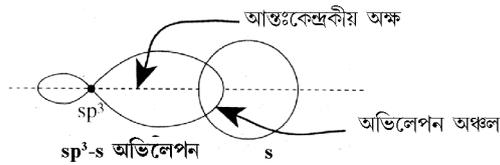
(1) দুটি ভিন্ন পরমাণুর কক্ষকদ্বয়ের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর বা মাথায়-মাথায় অভিলেপনের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠন : σ (সিগমা)-বন্ধন গঠন

দুটি ভিন্ন পরমাণুর দুটি পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর বা মাথায়-মাথায় অভিলেপন করে পরমাণুদুটির মধ্যে সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে। অংশগ্রহণকারী পরমাণুদুটি একই মৌলের বা দু'টি বিভিন্ন মৌলের হতে পারে। অভিলেপনে অংশগ্রহণকারী পারমাণবিক কক্ষকদুটি বিশুদ্ধ পারমাণবিক কক্ষক, একটি বিশুদ্ধ ও একটি সংকরায়িত বা দুটিই সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক হতে পারে। নিচের চিত্রে এই অভিলেপনের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠন দেখানো হল :

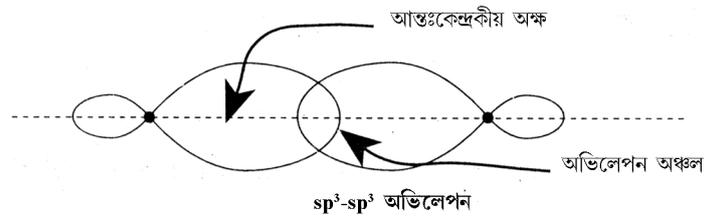
(i) বিশুদ্ধ পারমাণবিক কক্ষকের অভিলেপন



(ii) 1টি বিশুদ্ধ ও 1টি সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের অভিলেপন



(iii) 2টি সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে অভিলেপন



দুটি পারমাণবিক কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর বা মাথায়-মাথায় অভিলেপনের ফলে যে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয় তাকে σ -বন্ধন (সিগ্‌মা বন্ধন) বলে। σ -বন্ধনযুক্ত ইলেকট্রন দুটিকে σ -ইলেকট্রন (সিগ্‌মা ইলেকট্রন) বলে।

দুটি পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে যত বেশি মাত্রায় অভিলেপন ঘটে পরমাণুদুটির মধ্যে বন্ধনও তত শক্তিশালী হয়। বিভিন্ন পারমাণবিক কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর আপেক্ষিক অভিলেপন-ক্ষমতা গণনা করা হয়েছে। এই আপেক্ষিক অভিলেপন-ক্ষমতা হল :

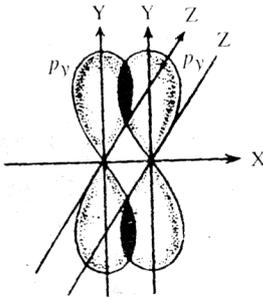
$$\begin{aligned} s &= 1.00 & sp^2 &= 1.99 \\ p &= 1.72 & sp^3 &= 2.00 \\ sp &= 1.93 \end{aligned}$$

আবার p-পারমাণবিক কক্ষক ত্রি-মাত্রিক শূন্যে নির্দিষ্ট দিক-নির্দেশী, কিন্তু s-পারমাণবিক কক্ষক তা নয়। তাই দুটি 2p-পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে মাথায়-মাথায় (আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর) অভিলেপন s-s বা s-p অভিলেপনের ফলে উৎপন্ন σ -বন্ধনের থেকে বেশি শক্তিশালী হয়। প্রকৃতপক্ষে σ -বন্ধনের শক্তির ক্রম হল :

$$p-p > s-p > s-s$$

(1) পারমাণবিক কক্ষকদ্বয়ের পরস্পর সমান্তরাল বা পাশাপাশি অভিলেপন : π -বন্ধন ও π -ইলেকট্রন

দুটি ভিন্ন পরমাণুর কক্ষকদ্বয়ের সমান্তরাল বা পাশাপাশি অভিলেপনের মাধ্যমে যে সমযোজী বন্ধন গঠিত



চিত্র 9 : π -বন্ধন গঠন

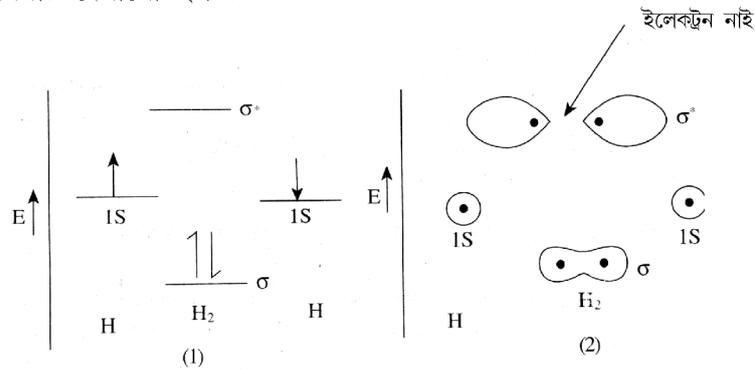
হয় তাকে π -বন্ধন (পাই বন্ধন) বলে। π -বন্ধনের ইলেকট্রনদুটিকে π -ইলেকট্রন (পাই ইলেকট্রন) বলা হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে σ -বন্ধন গঠিত হওয়ার পরেই π -বন্ধন গঠিত হতে পারে। দুটি পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে অভিলেপন যত বেশি হয় π -বন্ধনও তত শক্তিশালী হয়। অভিলেপন সব থেকে বেশি হয় যখন কক্ষক দুটি একেবারে সমান্তরাল থাকে। পাশাপাশি সমান্তরাল দুটি p-কক্ষকের অভিলেপনের ফলে π -বন্ধন গঠিত হয়। দুটি পারমাণবিক কক্ষকের পাশাপাশি অভিলেপন থেকে আন্তঃ কেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন অনেক বেশি কার্যকরী। তাই π -বন্ধন σ -বন্ধনের থেকে দুর্বল।

1.5.4 পারমাণবিক কক্ষক থেকে আণবিক কক্ষক গঠন :

যখন দুটি পরমাণু পরস্পরের যথেষ্ট কাছে চলে আসে গণনার সাহায্যে দেখানো হয়েছে যে তখন পরমাণুদুটির পারমাণবিক কক্ষকদ্বয়ের পরিবর্তে দুটি আণবিক কক্ষক গঠিত হয়। এই দুটি আণবিক কক্ষকের মধ্যে একটির শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তির থেকে কম এবং অপরটির শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের

শক্তির থেকে বেশি হয়। এই নতুন দুটি আণবিক কক্ষক দুটি পরমাণুকেই বেষ্টিত করে থাকে। যে আণবিক কক্ষকের শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তি থেকে কম তাকে বন্ধনীয় আণবিক কক্ষক (bonding molecular orbital) আর যে আণবিক কক্ষকের শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের থেকে বেশি তাকে প্রতিবন্ধনীয় আণবিক কক্ষক (antibonding molecular orbital) বলা হয়। আণবিক কক্ষকগুলিও পারমাণবিক কক্ষকগুলির মতই দুটি পর্যন্ত ইলেকট্রন ধারণ করতে পারে। আণবিক কক্ষকগুলিও শক্তির ক্রম অনুসারে ইলেকট্রন দিয়ে পূর্ণ হয়। যে কোন উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন আণবিক কক্ষকে প্রবেশ করার আগে ইলেকট্রন প্রথমে সম্ভাব্য নিম্নতর শক্তির আণবিক কক্ষকে প্রবেশ করে। যেমন, দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যথেষ্ট নিকটবর্তী হলে তাদের দুটি 1s পারমাণবিক কক্ষকের পরিবর্তে দুটি আণবিক কক্ষক গঠিত হয়। নিম্নতর শক্তির আণবিক কক্ষকটি হল বন্ধনীয় আণবিক কক্ষক। একে বলে σ (সিগমা)-আণবিক কক্ষক। উচ্চতর শক্তির আণবিক কক্ষকটি হল প্রতিবন্ধনীয় আণবিক কক্ষক। একে বলে σ^* -আণবিক কক্ষক। হাইড্রোজেন অণুতে 2 টি ইলেকট্রন আছে এবং স্থিতাবস্থায় এই দুটি ইলেকট্রনই থাকে বন্ধনীয় (σ) কক্ষকে।

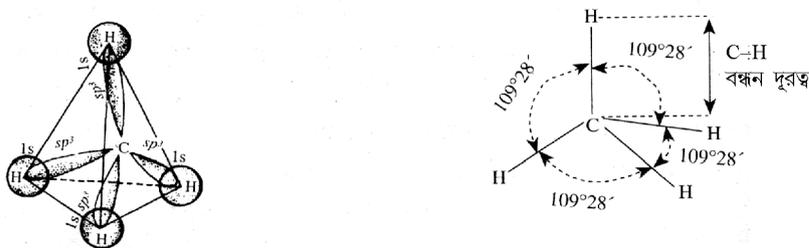
নিচের চিত্রে বিষয়টি দেখানো হল :



চিত্র 10 : (ক) আণবিক কক্ষক গঠন

1.5.5 মিথেনের কক্ষক চিত্র—মিথেনের আকৃতি

মিথেন গঠনের সময় কার্বন sp^3 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক ব্যবহার করে। কার্বনের sp^3 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের সঙ্গে হাইড্রোজেনের 1s কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন ঘটে। এইভাবে চারটি কার্বন-হাইড্রোজেন σ -বন্ধন গঠিত হয়।

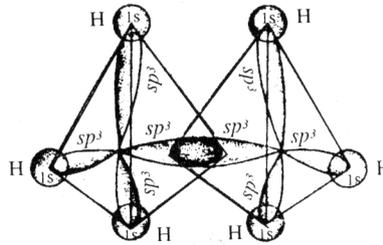


চিত্র 11 : মিথেনের কক্ষক চিত্র

কার্বনের 4টি সমতুল্য পারমাণবিক কক্ষক একটি কাল্পনিক চতুস্তলকের চারটি কোণার দিকে নির্দেশিত থাকে। এই চারটি সমতুল্য পারমাণবিক কক্ষক ব্যবহারের মাধ্যমে মিথেন অণু গঠিত হওয়ার ফলে চারটি চারটি sp^3 সংকরায়িত কক্ষকের প্রত্যেকটিতে একটি একই ধরনের সমতুল্য C—H σ -বন্ধন গঠিত হয় এবং করে ইলেকট্রন আছে। ইলেকট্রন অপরা তড়িৎ বহন মিথেনের আকৃতিও হয় সুসম চতুস্তলকীয়। মিথেনের প্রতিটি করে। তাই কক্ষকগুলি অপরা তড়িৎধর্মী হয় এবং H—C—H বন্ধন কোণের মান $109^\circ 28'$ । যখন C চারটি একই ধরনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে CX_4 অণু গঠন করে পরস্পর পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। এর ফলে sp^3 কক্ষকগুলি যদি সুসম চতুস্তলকের চারটি কোণার তখন অণুটির গঠন হয় সুসম চতুস্তলকীয় এবং প্রতিটি X—দিকে নির্দেশিত থাকে তবে আন্তঃকক্ষকগুলির C—X বন্ধন-কোণের মান হয় $109^\circ 28'$ । পরমাণুগুলি একই বিকর্ষণ সবচেয়ে কম হয়। ধরনের না হলে, অণুটি চতুস্তলকীয় হয়, কিন্তু সুসম চতুস্তলকীয় হয় না। বন্ধন-কোণগুলির মান চতুস্তলকীয় কোণ থেকে সামান্য কম-বেশি হয়।

1.5.6 ইথেনের কক্ষক চিত্র :

ইথেনে দুটি কার্বন পরমাণুই sp^3 -সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক ব্যবহার করে বন্ধন গঠন করে। দুটি কার্বন পরমাণুর 1টি করে sp^3 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের পরস্পর আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে 1টি C—C σ -বন্ধন গঠিত হয়। দুটি কার্বনের অবশিষ্ট 3টি করে sp^3 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের প্রতিটির সঙ্গে 1টি করে হাইড্রোজেনের 1s কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে মোট 6টি C—H σ -বন্ধন গঠিত হয়।

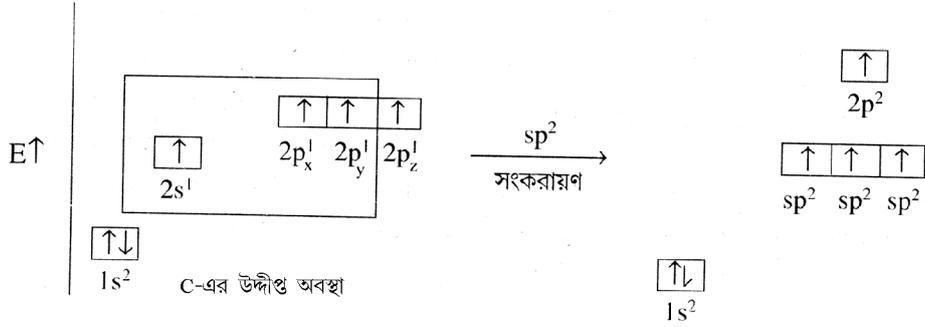


চিত্র 12 : ইথেনের কক্ষক চিত্র

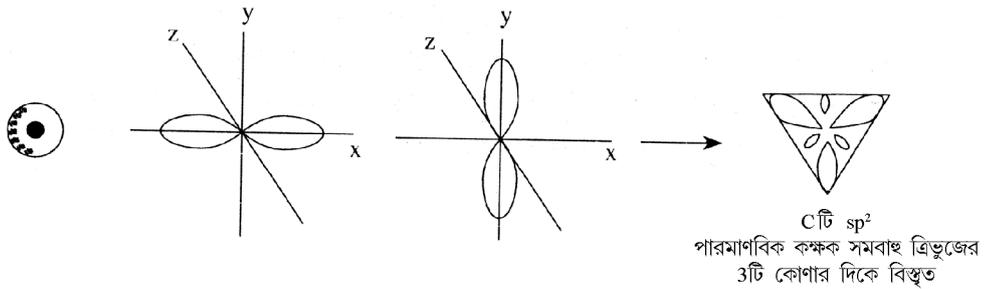
1.5.7 ইথিনের কক্ষক চিত্র :

sp^2 সংকরায়ণ—C = C দ্বিবন্ধন গঠন : ইথিনের 2টি কার্বন পরমাণুই 2টি করে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 1টি করে কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। অর্থাৎ 2টি কার্বন পরমাণুই তিনটি করে অপর পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কার্বন যখন অপর তিনটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তখন উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের 2s ও দুটি 2p পারমাণবিক কক্ষকের সংকরায়ণের ফলে 3টি একই প্রকারের sp^2 পারমাণবিক কক্ষক গঠিত হয়। 1টি s ও 2টি 2p পারমাণবিক কক্ষক এই সংকরায়ণে অংশগ্রহণ করে, তাই এই সংকরায়ণকে $2p^2$ সংকরায়ণ বলে। C-এর এই

তিনটি sp^2 কক্ষকের প্রতিটিতে একটি করে ইলেকট্রন থাকে। এই তিনটি sp^2 -সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিনটি কোণার দিকে বিস্তৃত থাকে—সমবাহু ত্রিভুজটির কেন্দ্রে থাকে কার্বনের কেন্দ্রক (চিত্র 14)



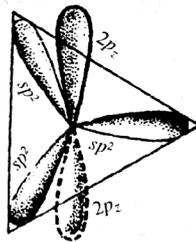
চিত্র 13 : sp^2 সংকরায়ণ



চিত্র 14 : sp^2 সংকরায়ণ কক্ষক চিত্র

তিনটি sp^2 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক একই সমতলে পরস্পর 120° কোণ করে বিস্তৃত থাকে।

1টি ইলেকট্রনযুক্ত কার্বনের অবশিষ্ট পারমাণবিক কক্ষকটি 3টি sp^2 সংকরায়িত তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থান করে :

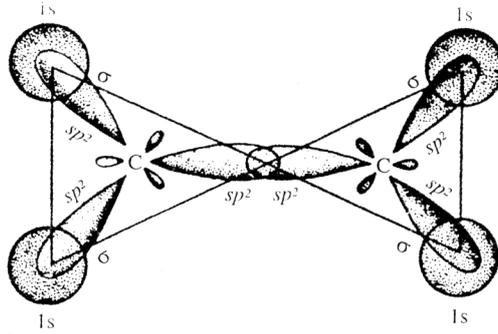


চিত্র 15

কার্বন sp^2 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক ব্যবহার করে অপর তিনটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হলে কার্বন ও অপর এই তিনটি পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে এবং এই তলের সঙ্গে লম্বভাবে বাকী $2p_z$ পারমাণবিক

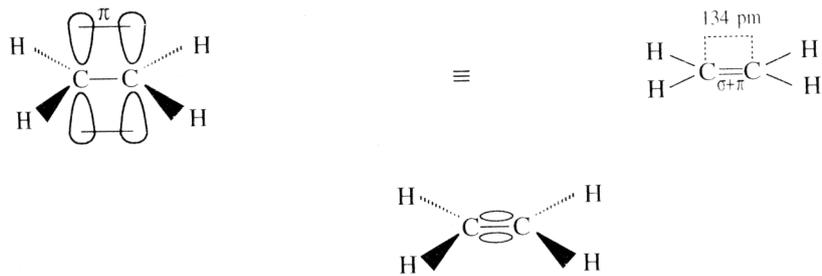
কক্ষকটি কার্বনের উপর অবস্থান করে। sp^2 সংকরায়নকে সমতল ত্রিগণীয় সংকরায়ণ (Plane trigonal hybridisation)-ও বলা হয়।

ইথিনের 2টি কার্বন পরমাণুই sp^2 সংকরায়িত কক্ষক ব্যবহার করে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। 2টি কার্বন পরমাণুর 1টি করে sp^2 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে 1টি C-C σ -বন্ধন গঠিত হয়। দুটি কার্বনের অবশিষ্ট 2টি sp^2 সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের প্রতিটির সঙ্গে 1টি করে হাইড্রোজেনের 1s পারমাণবিক কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে মোট 4টি C-H σ -বন্ধন গঠিত হয়।



চিত্র 16

2টি কার্বন পরমাণু এবং 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে এবং উভয় কার্বন পরমাণুর উপরই এই সমতলের সঙ্গে লম্বভাবে একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন সমন্বিত একটি করে $2p_z$ পারমাণবিক কক্ষক থাকে। এই দুটি $2p_z$ পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর সমান্তরাল থাকে এবং এদের পাশাপাশি অভিলেপনের ফলে একটি কার্বন-কার্বন π -বন্ধন গঠিত হয়।



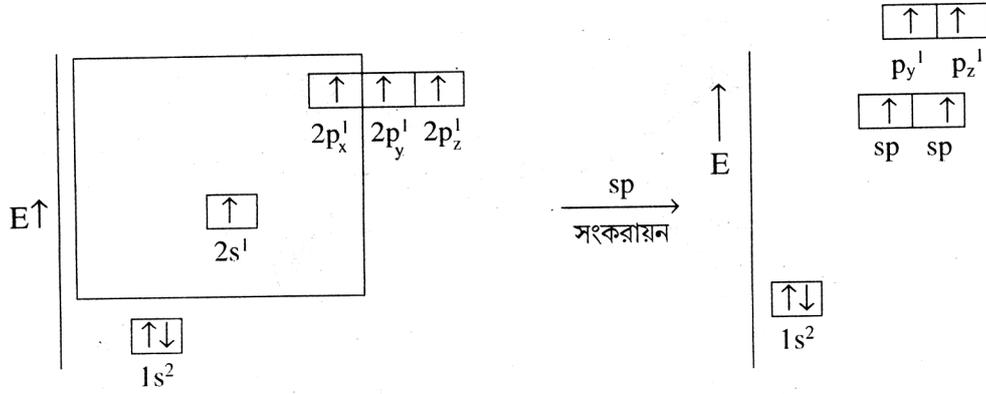
চিত্র 17 : ইথিনের কক্ষক চিত্র

ইথিন অণু সমতলীয়। ইথিনে 2টি কার্বন ও 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু একই তলে অবস্থান করে। sp^2 সংকরায়িত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত পরমাণুগুলি একই তলে অবস্থান করে।

1.5.8 ইথাইনের কক্ষক চিত্র :

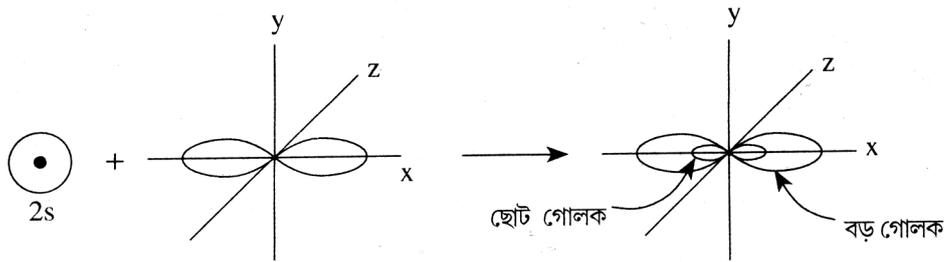
sp-সংকরায়ণ—কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন গঠন

ইথাইনের দুটি কার্বন পরমাণুই অপর দুটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কার্বন যখন অপর মাত্র দুটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তখন উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের 2s ও একটি 2p পারমাণবিক কক্ষকের সংকরায়ণ ঘটে। এই সংকরায়নের ফলে দুটি একই প্রকারের sp সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের উদ্ভব ঘটে। একটি s ও একটি p-কক্ষকের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটে বলে এই সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষককে sp সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক বলে। মনে রাখা প্রয়োজন যতগুলি বিশুদ্ধ পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটে ততগুলি সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকের উদ্ভব ঘটে।



চিত্র 18 সংকরায়ণ

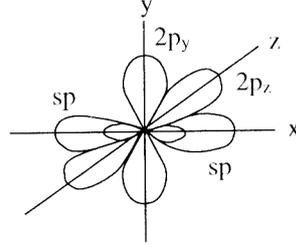
প্রতিটি sp সংকরায়িত কক্ষকে 1টি করে ইলেকট্রন থাকে। দুটি একই প্রকারের sp সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর 180° কোণে একটি সরলরেখার দুটি বিপরীত দিকে বিস্তৃত থাকে :



চিত্র 19 : sp সংকরায়ণ—কক্ষক চিত্র

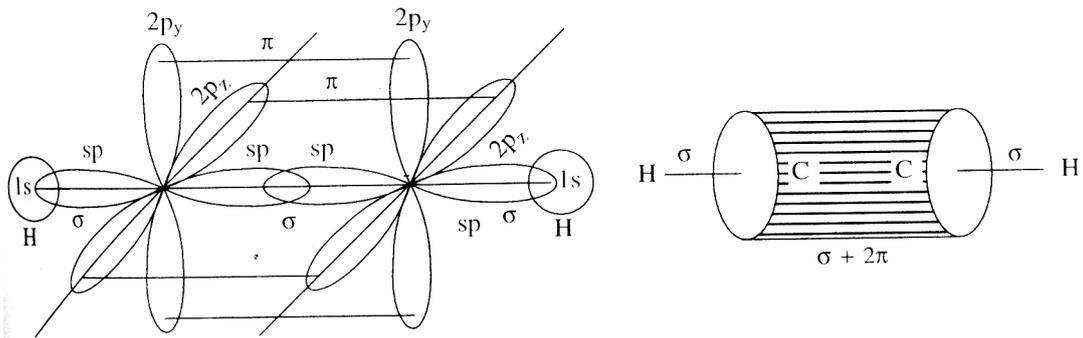
বিশুদ্ধ 2p_y ও 2p_z পারমাণবিক কক্ষক দুটি পরস্পরের সঙ্গে সমকোণে এবং sp সংকরায়িত কক্ষকের সঙ্গেও সমকোণে কার্বনে অবস্থান করে।

$2p_y$ ও $2p_z$ পারমাণবিক কক্ষক দুটিকে একটি করে ইলেকট্রন থাকে। sp সংকরায়ন দ্বিগণীয় সংকরায়ণ (Digonal hybridisation) হিসেবেও পরিচিত।



চিত্র 20

ইথাইনে উভয় কার্বন পরমাণুই sp সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষক ব্যবহার করে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। কার্বন পরমাণুদুটির একটি করে sp সংকরায়িত কক্ষক পরস্পরের সঙ্গে আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন করে কার্বন—কার্বন σ -বন্ধন গঠন করে। কার্বন পরমাণুদুটির একটি করে অবশিষ্ট sp সংকরায়িত কক্ষকের সঙ্গে একটি করে হাইড্রোজেনের $1s$ পারমাণবিক কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে দুটি $C-H$ σ -বন্ধন গঠিত হয়। কার্বন পরমাণুদুটি ও হাইড্রোজেন পরমাণুদুটি একই সরলরেখায় থাকে এবং কার্বন পরমাণুদুটিতেই একটি করে $2p_y$ ও $2p_z$ কক্ষক পরস্পরের সঙ্গে সমকোণে থাকে। পাশাপাশি কার্বন পরমাণু-দুটির $2p_y$ কক্ষক এবং $2p_z$ কক্ষক দুটি পরস্পর সমান্তরাল থাকে। পাশাপাশি দুটি সমান্তরাল $2p_y$ পারমাণবিক কক্ষক এবং পাশাপাশি দুটি সমান্তরাল $2p_z$ কক্ষকের পরস্পর পাশাপাশি অভিলেপনের ফলে দুটি π -বন্ধন গঠিত হয়। π -বন্ধনীয় কক্ষক দুটি পরস্পর সমকোণে অবস্থান করে। এইভাবে ইথাইনে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধন সৃষ্টি হয়—এই ত্রি-বন্ধন একটি σ -ও 2টি π -বন্ধন দিয়ে গঠিত। ইথাইনের 2টি কার্বন পরমাণুকে বেষ্টিত করে বেলনাকার ইলেকট্রনীয় মেঘ বিস্তৃত থাকে।



চিত্র 21 : ইথাইনের কক্ষক চিত্র

ইথাইনে যে প্রতিসাম্যতা থাকে তা একটি পিপেটের প্রতিসাম্যতার সঙ্গে তুলনীয়।

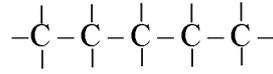
ইথাইন অণু সরলরৈখিক। ইথাইনে 2টি কার্বন ও 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সরলরেখায় অবস্থান করে। sp সংকরায়িত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় অবস্থান করে।

অনুশীলন 5

- CCl₄-এর আকৃতি কিরূপ? CCl₄-এ Cl-C-Cl বন্ধন কোণের মান কত?
- CH₃C ≡ CCH₃ এবং CH₃CH₂C ≡ CH অণুটির C-পরমাণুগুলির সংকরায়ণ স্তর নির্দেশ করুন। এই অণুটির কোন্ পরমাণুগুলি সরলরেখায় অবস্থিত?
- HC ≡ CCH₂CH₂CH = CH₂ অণুটির কার্বন পরমাণুগুলির সংকরায়ণ স্তর নির্দেশ করুন।

1.5 জৈব যৌগের গঠনের বৈচিত্র্য

কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর পরস্পরের সঙ্গে সমযোজী বন্ধন দিয়ে আবদ্ধ হতে পারে। 80-90টি কার্বন পরমাণুও এইভাবে পরস্পরের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধন দিয়ে যুক্ত হয়ে সুস্থিত যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বনের এই ধর্মকে ক্যাটিনেশন ধর্ম বলা হয়।



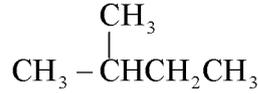
কার্বনের ক্যাটিনেশন ধর্ম বহুসংখ্যক জৈব যৌগ গঠনের অন্যতম কারণ।

কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর এইভাবে যুক্ত হয়ে মুক্তশৃঙ্খল বা সারবন্দী যৌগ এবং বলয়াকার যৌগ উৎপন্ন করতে পারে। মুক্তশৃঙ্খল যৌগগুলি সরল মুক্তশৃঙ্খল বা শাখাবিশিষ্ট মুক্তশৃঙ্খল যৌগ হতে পারে।



বিউটেন

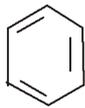
(সরল মুক্তশৃঙ্খল যৌগ)



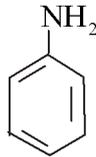
2-মিথাইলবিউটেন

(শাখাবিশিষ্ট মুক্তশৃঙ্খল যৌগ)

বলয়াকার যৌগগুলির বলয়ের সমস্ত পরমাণুই কার্বন হতে পারে। এদের বলে সমচক্র যৌগ (homocyclic compounds)। সমচক্র যৌগগুলি যদি বেনজিন বলয়যুক্ত হয় তবে এদের বলে বেনজিনয়েড অ্যারোমেটিক যৌগ। মনে রাখা দরকার অ্যারোমেটিক যৌগ বেনজিন বলয়বিহীনও হতে পারে।

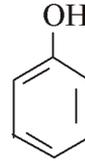


বেনজিন



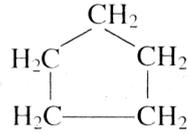
অ্যানিলিন

(বেনজিনয়েড অ্যারোমেটিক যৌগ)

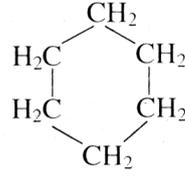


ফেনল

সাইক্লোপেন্টেন, সাইক্লোহেক্সেন ইত্যাদি যৌগগুলিকে অ্যালিসাইক্লিক (alicyclic) যৌগ বলা হয়। এরা বলয়াকার যৌগ এবং এদের ধর্ম অনেকাংশেই অ্যালিফেটিক যৌগের অনুরূপ। তাই অ্যালিফেটিক ও সাইক্লিক থেকে নাম হয়েছে অ্যালিসাইক্লিক।



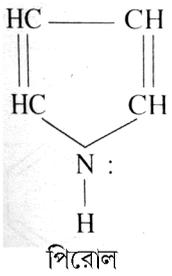
সাইক্লোপেন্টেন
(সমচক্র যৌগ)



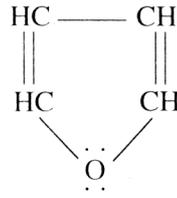
সাইক্লোহেক্সেন
(সমচক্র যৌগ)

আবার বলয়াকার যৌগের বলয়ে কার্বন ছাড়া অন্য মৌলের যেমন, নাইট্রোজেন, সালফার, অক্সিজেনের এক বা একাধিক পরমাণু থাকতে পারে। এদের বলে অসমচক্র যৌগ (heterocyclic compounds)। এদের ধর্ম সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগের ধর্মের মত হয়।

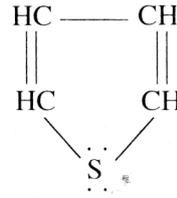
কয়েকটি অসমচক্র যৌগ :



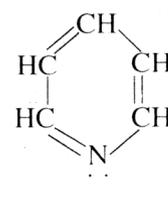
পিরোল



ফিউরান

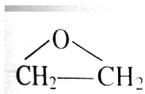


থায়োফিন

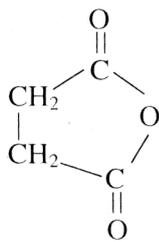


পিরিডিন

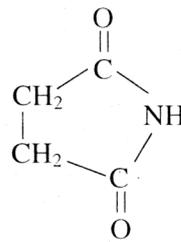
এছাড়া ইথিলিন অক্সাইড, বলয়াকার অ্যানহাইড্রাইড ও ইমাইড, ল্যাকটোন ইত্যাদি যৌগও অসমচক্র যৌগ। তবে এদের ধর্ম অ্যালিফেটিক যৌগের মতই।



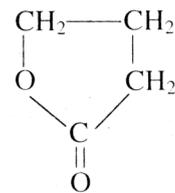
ইথিলিন অক্সাইড



সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড



সাকসিনিমাইড



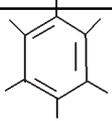
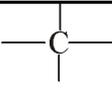
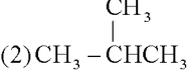
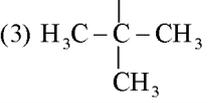
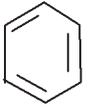
গামা বিউটিরোল্যাকটোন

1.7 কার্যকরী মূলক এবং জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ

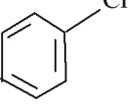
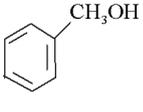
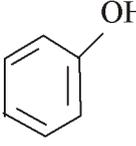
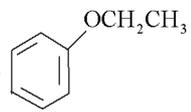
কার্যকরী মূলক হল একটি পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ কোন জৈব যৌগে যার উপস্থিতির ফলে জৈব যৌগটি বিশেষ রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন হয় এবং বিভিন্ন জৈব যৌগে যার উপস্থিতির ফলে বিভিন্ন জৈব

যৌগ মূলগত একই রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন হয়। যেমন, OH, CHO, COOH, NH₂, NO₂ হল বিভিন্ন কার্যকরী মূলকের উদাহরণ। একই কার্যকরী মূলক যুক্ত যৌগসমূহ মূলগত একই রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন হয় এবং ভিন্ন কার্যকরী মূলকযুক্ত যৌগগুলির ধর্মও ভিন্ন হয়। তাই কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগগুলির শ্রেণীবিভাগ করা হয়। জৈব যৌগের এই শ্রেণীগুলির অধ্যয়নের মাধ্যমে জৈব রসায়ন শিক্ষা সহজতর হয়। নিচের তালিকাগুলিতে কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগসমূহের শ্রেণীবিভাগ দেখানো হল।

তালিকা 3.1 জৈব কার্যকরী মূলক এবং জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ

	← অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন →			অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন
	অ্যালকোন	অ্যালকিন	অ্যালকাইন	
সাধারণ সঙ্কেত	R-H (R = অ্যালকিল)	R ₂ C = CR ₂ (R=অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	R-C≡C-R (R= অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	
কার্যকরী মূলক		>C=C<	-C≡C-	বেনজিন বা অন্য অ্যারোমেটিক বলয়
নির্দিষ্ট কয়েকটি উদাহরণ	(1) H ₃ C - CH ₃ (2)  (3) 	H ₂ C = CH ₂	H - C ≡ C - H	
সাধারণ নাম	(1) ইথেন (2) আইসোবিউটেন (3) নিওপেনটেন	ইথিলিন	অ্যাসিটিলিন	বেনজিন
(IUPAC) নাম	(1) ইথেন (2) 2-মিথাইল-প্রোপেন (3) 2, 3-ডাই-মিথাইয়েলপ্রোপেন	ইথিন	ইথাইন	বেনজিন

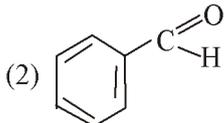
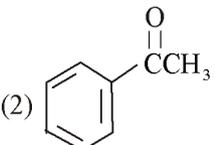
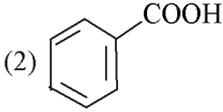
তালিকা 3.2

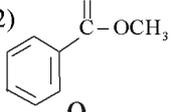
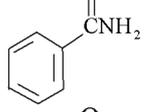
	অ্যালকিল হ্যালাইড	অ্যারিল হ্যালাইড	অ্যালকোহল	ফেনল	ইথার
সাধারণ সংকেত	R-X (R = অ্যালকিল X = হ্যালোজেন)	Ar-X (Ar = অ্যারিল X = হ্যালোজেন)	R-OH (R = অ্যালকিল বা অ্যারিল)	Ar-OH (Ar = অ্যারিল)	R-O-R R = অ্যালকিল বা অ্যারিল
কার্যকরী মূলক	-X	-X	-OH	-OH	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} O \begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array}$
নির্দিষ্ট উদাহরণ	CH ₃ -CH ₂ -Br		(1) CH ₃ CH ₂ OH (2) 		(1) CH ₃ OCH ₂ CH ₃ 2 
সাধারণ নাম	ইথাইল ব্রোমাইড	ক্লোরোবেনজিন	(1) ইথাইল অ্যালকোহল (2) বেনজাইল অ্যালকোহল	ফেনল	(1) ইথাইল মিথাইল ইথার (2) ইথাইল ফিনাইল ইথার বা ফেনিটোল
(IUPAC) নাম	ব্রোমোইথেন	ক্লোরোবেনজিন	(3) ইথানল	ফেনল	(1) মিথোক্সিইথেন (2) ইথোক্সিবেনজিন

তালিকা 3.3

	অ্যালডিহাইড	কিটোন	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
সাধারণ সংকেত	$\begin{array}{c} R-C=O \\ \\ H \end{array}$ (R = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	$\begin{array}{c} R \\ \diagdown \\ C-O \\ \diagup \\ R \end{array}$ R = অ্যালকিল বা অ্যারিল	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-O-H \end{array}$ (R = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)
কার্যকরী মূলক	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} > \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$

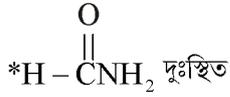
তালিকা 3.3

	অ্যালডিহাইড	কিটোন	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
নির্দিষ্ট উদাহরণ	(1) $\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{---} \\ \text{H} \end{array}$ (2)  (3) $\text{H} - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{---} \\ \text{H} \end{array}$	(1) CH_3COCH_3 (2) 	(1) $\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{---} \\ \text{OH} \end{array}$ (2)  (3) $\text{H} - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{---} \\ \text{OH} \end{array}$
সাধারণ নাম	(1) অ্যাসিট্যালডিহাইড (2) বেনজ্যালডিহাইড (3) ফরম্যালডিহাইড	(1) অ্যাসিটোন (2) অ্যাসিটোফেনোন	(1) অ্যাসেটিক অ্যাসিড (2) বেনজোয়িক অ্যাসিড (3) ফরমিক অ্যাসিড
(IUPAC) নাম	(1) ইথান্যাল (2) বেনজ্যালডিহাইড (3) মিথান্যাল	(1) প্রোপানোন (2) অ্যাসিটোফেনোন	(1) ইথানোয়িক অ্যাসিড (2) বেনজোয়িক অ্যাসিড (3) মিথানোয়িক অ্যাসিড

	← কার্বক্সিলিক অ্যাসিড জাতক →			
	এস্টার	অ্যামাইড	অ্যানহাইড্রাইড	অ্যাসিড হ্যালাইড
সাধারণ সঙ্কেত	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{R}'$ (R' = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	$\text{R}' - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{NR}_2$ (R' = অ্যালকিল, অ্যারিল, H*) (R = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{R}$ (R = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{X}$ (R = অ্যালকিল, অ্যারিল, H)
কার্যকরী মূলক	(1) $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{R}$	(1) $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{N} \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array}$	(1) $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} -$	(1) $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{X}$
নির্দিষ্ট উদাহরণ	(1) $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OC}_2\text{H}_5$ (2)  (3) $\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OCH}_3$	(1) $\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}\text{NH}_2$ (2)  (3) $\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{NH}_2$	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{Cl}$

তালিকা 3.3 (Contd.)

← কার্বক্সিলিক অ্যাসিড জাতক →				
	এস্টার	অ্যামাইড	অ্যানহাইড্রাইড	অ্যাসিড হ্যালাইড
সাধারণ নাম	(1) ইথাইল অ্যাসিটেট (2) মিথাইল বেনজোয়েট (3) মিথাইল ফরমেট	(1) অ্যাসিটামাইড (2) বেঞ্জামাইড (3) ফরমামাইড	অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড	অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড
(IUPAC) নাম	(1) ইথাইল ইথানোয়েট (2) মিথাইল বেনজোয়েট (3) মিথাইল মিথানোয়েট	(1) ইথান্যামাইড (2) বেঞ্জামাইড (3) মিথান্যামাইড	ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড	ইথানোয়িক ক্লোরাইড



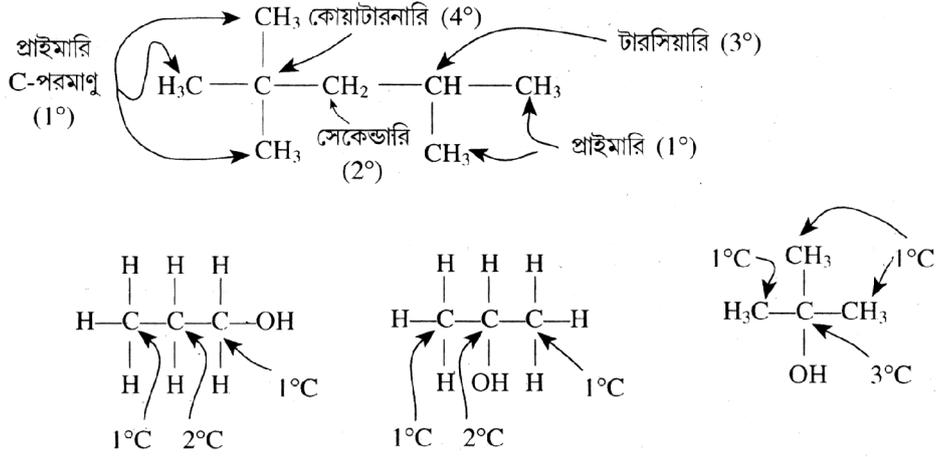
তালিকা 3.4

	অ্যামিন	নাইট্রাইল	নাইট্রো
সাধারণ সংকেত	RNH ₂ (1°) R ₂ NH (2°) R ₃ N (3°) (R = অ্যালকিল বা অ্যারিল)	R-C ≡ N (R = অ্যালকিল বা অ্যারিল)	$R - \overset{\oplus}{N} \begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown O \end{matrix} \ominus$ (R = অ্যালকিল বা অ্যারিল)
কার্যকরী মূলক	-NH ₂ > NH ≥ N	-C≡N	$\ominus \begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown O \end{matrix} N^{\oplus}$
নির্দিষ্ট উদাহরণ	CH ₃ - CH ₂ - NH ₂	CH ₃ C ≡ N	CH ₃ - $\overset{\oplus}{N} \begin{matrix} \diagup O \\ \diagdown O \end{matrix} \ominus$
সাধারণ নাম	ইথাইল অ্যামিন	অ্যাসেটোনাইট্রাইল	নাইট্রোমিথেন
(IUPAC) নাম	ইথান্যামিন	ইথেননাইট্রাইল	নাইট্রোমিথেন

1.8 জৈব যৌগে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর শ্রেণীবিভাগ

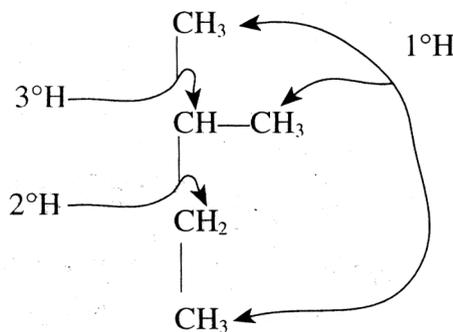
কোন জৈব যৌগের অণুতে কোন কার্বন পরমাণু যদি অপর একটি মাত্র কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তবে ঐ কার্বন পরমাণুকে প্রাইমারি কার্বন পরমাণু বলে। আবার যদি কার্বন পরমাণুটি অন্য দুটি

কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে, তবে ঐ কার্বন পরমাণুটিকে সেকেন্ডারি কার্বন পরমাণু, তিনটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকলে টারসিয়ারি কার্বন পরমাণু এবং চারটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকলে কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু বলে। এই কার্বন পরমাণুগুলিকে যথাক্রমে 1°, 2°, 3° ও 4° কার্বন পরমাণু হিসেবে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় (কিন্তু ওয়ান ডিগ্রি, টু ডিগ্রি ইত্যাদি বলা হয় না)। বলা হয় যথাক্রমে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি, টারসিয়ারি ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু। নিচে উদাহরণ দিয়ে বিষয়টি দেখানো হল :



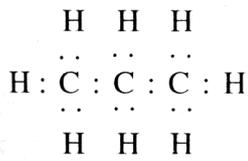
প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি হাইড্রোজেন পরমাণু : প্রাইমারি C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রাইমারি হাইড্রোজেন পরমাণু, সেকেন্ডারি C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে সেকেন্ডারি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং টারসিয়ারি C-পরমাণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন পরমাণুকে টারসিয়ারি হাইড্রোজেন পরমাণু বলা হয়। কোয়াটারনারি C-পরমাণুর সঙ্গে কোন হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকতে পারে না। তাই কোয়াটারনারি হাইড্রোজেন পরমাণু হতে পারে না। জৈব যৌগে C-এর সঙ্গে যুক্ত সব হাইড্রোজেন পরমাণুকে এইভাবে চিহ্নিত করা যায়।

উদাহরণ :

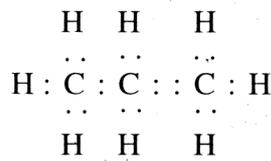


1.9 জৈব যৌগের গঠনসঙ্কেত লেখার বিভিন্ন পদ্ধতি

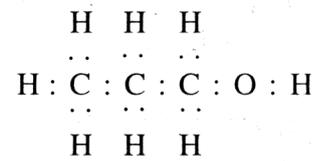
(1) ইলেকট্রন-বিন্দু সঙ্কেত **Electron-dot formula**) : শুধু যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি দেখিয়ে এই সঙ্কেত লেখা হয়। একটি ইলেকট্রনকে একটি বিন্দু দিয়ে প্রকাশ করা হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সমযোজী বন্ধনকে একজোড়া বিন্দু, দ্বি-সমযোজী বন্ধনকে দু'জোড়া বিন্দু এবং ত্রি-সমযোজী বন্ধনকে তিনজোড়া বিন্দু দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোন পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (lone pair electron) থাকলে সেগুলিকে বিন্দুজোড় হিসেবে পরমাণুটির চিহ্নের উপরে, পাশে বা নিচে দেখানো হয়।



প্রোপেন

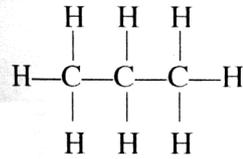


প্রোপিন

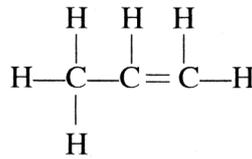


1-প্রোপানল

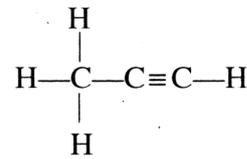
(2) ড্যাশ-সঙ্কেত (**Dash formula**) : এই পদ্ধতিতে অণুতে দুটি পরমাণুর মধ্যের একটি সমযোজী বন্ধনকে একটি ড্যাশ, দ্বি-সমযোজী বন্ধনকে উপর-নিচে দুটি ড্যাশ এবং ত্রি-সমযোজী বন্ধনকে তিনটি ড্যাশ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।



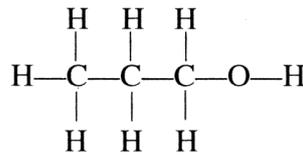
প্রোপেন



প্রোপিন



প্রোপাইন



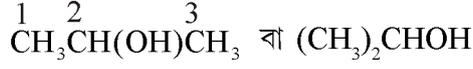
1-প্রোপানল

(3) সংক্ষিপ্ত গঠনসঙ্কেত (**Condensed Structural formula**) : এই গঠনসঙ্কেতে বিন্দু বা ড্যাশ ব্যবহার করা হয় না। নিচে 1-প্রোপানলের সংক্ষিপ্ত গঠনসঙ্কেত দেওয়া হল :



1-প্রোপানল

সংক্ষিপ্ত গঠনসঙ্কেত লেখা সহজ। এর থেকে অণুর গঠন সম্বন্ধে প্রয়োজনীয় তথ্য জানা যায়। অপর কয়েকটি অণুর সংক্ষিপ্ত গঠনসঙ্কেত নিচে দেওয়া হল :



2-প্রোপানল

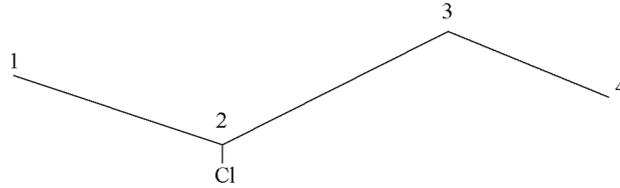


2-মিথাইলবিউটেন



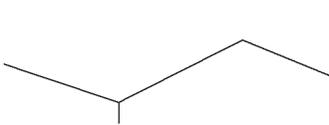
2-ক্লোরোবিউটেন

(4) বন্ধন-রেখা সঙ্কেত (Bond line formula) : এই সঙ্কেতে শুধু কার্বন-কাঠামোটি দেখানো হয়, এবং হাইড্রোজেন ছাড়া অন্যান্য পরমাণুগুলি যেমন O, N, X (হ্যালোজেন), S, ইত্যাদি দেখানো হয়। সঙ্কেতে হাইড্রোজেন দেখানো হয় না, ধরে নেওয়া হয় কার্বনের যোজ্যতা পূরণের জন্য উপযুক্ত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু উপস্থিত আছে। বন্ধন-রেখা সঙ্কেত সবথেকে দ্রুত লেখা যায় এই সঙ্কেতের সাহায্যে অণুর আকৃতিও দেখানো যায়। 2-ক্লোরোবিউটেনের বন্ধন-রেখা সঙ্কেত নিচে দেখানো হল :

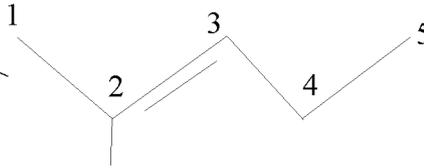


2-ক্লোরোবিউটেন

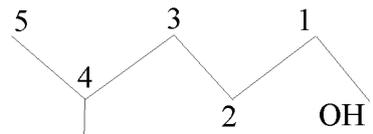
অন্য কয়েকটি অণুর বন্ধন-রেখা সঙ্কেত :



2-মিথাইলবিউটেন



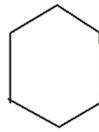
2-মিথাইল-2-পেন্টিন



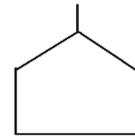
4-মিথাইল-1-পেন্টানল



বেনজিন



সাইক্লোহেক্সেন



মিথাইলসাইক্লোপেন্টেন

1.10 সারাংশ

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি যা যা জানতে পেরেছেন তার সারসংক্ষেপ দেওয়া হল।

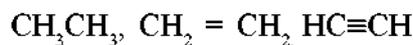
- ভোলার প্রাণশক্তি তত্ত্ব বাতিল করে বর্তমান জৈব রসায়নের ভিত্তি স্থাপন করেন। কার্বনের অক্সাইড, ধাতব কার্বনেট ও বাইকার্বনেট, ধাতব সায়ানাইড ও ধাতব কার্বাইড ছাড়া আর সব কার্বন-যৌগের রসায়নই জৈব রসায়ন।
- এক পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে তড়িৎযোজী বন্ধন এবং দুটি পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন-জোড় সমানভাবে বণ্টিত হওয়ার মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়। কিছু জৈব যৌগ আয়নীয় হলেও প্রায় সমস্ত জৈব যৌগই সমযোজী যৌগ।
- সমযোজী বন্ধনের তিনটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য আছে—বন্ধন-দূরত্ব, বন্ধন-কোণ ও বন্ধন-শক্তি। এই বৈশিষ্ট্যগুলির জন্য সমযোজী অণুগুলি বিশেষ জ্যামিতিক আকৃতিসম্পন্ন হয়।
- স্থিতাবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ । বিক্রিয়ার সময় কার্বন নিদিষ্ট শক্তিগ্রহণ করে এবং $2s$ কক্ষকের একটি ইলেকট্রন $2p_z$ কক্ষকে উন্নীত হয়। ফলে কার্বনের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে 4টি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে। এখন $2s$, $2p_x$, $2p_y$ ও $2p_z$ এই চারটি কক্ষকের সংকরায়নের মাধ্যমে 4টি সমতুল্য sp^3 2 পারমাণবিক কক্ষক উৎপন্ন হয়। এইভাবে কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতা ব্যাখ্যা করা যায়। এই চারটি $2p^3$ কক্ষক একটি কাল্পনিক সুযম চতুঃস্তলকের চারটি কোণার দিকে নির্দেশিত থাকে।
- দুটি পরমাণুর উপযুক্ত দুটি পারমাণবিক কক্ষকের অভিলেপনের ফলে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়। দুটি পারমাণবিক কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে σ -বন্ধন এবং সমান্তরাল অভিলেপনের ফলে π -বন্ধন গঠিত হয়। σ -বন্ধন π -বন্ধনের থেকে বেশি শক্তিশালী।
- কার্বনের চারটি sp^3 কক্ষকের প্রতিটির সঙ্গে 1টি করে হাইড্রোজেনের $1s$ কক্ষকের অভিলেপনের ফলে মিথেন গঠিত হয়। ফলে মিথেনের গঠন হয় সুযম চতুঃস্তলকীয়।
- ইথিনে কার্বনের সংকরায়ণ স্তর হল sp^2 । কার্বনের $2s$, $2p_x$ ও $2p_y$ কক্ষক তিনটির সংকরায়ণের ফলে 3টি sp^2 সংকরায়িত কক্ষক গঠিত হয়। এই তিনটি sp^2 কক্ষক একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিনটি কোণার দিকে নির্দেশিত থাকে। এদের সঙ্গে সমকোণ কার্বনের উপর থাকে 1টি ইলেকট্রন-সমন্বিত একটি $2p_z$ কক্ষক। দুটি কার্বনের sp^2 কক্ষকের মাথায় মাথায় অভিলেপনের ফলে C-C σ -বন্ধন গঠিত হয়। দুটি কার্বনের অবশিষ্ট 4টি sp^2 কক্ষকের প্রতিটির সঙ্গে 1টি করে হাইড্রোজেনের $1s$ কক্ষকের অভিলেপনের ফলে 4টি C-H σ -বন্ধন গঠিত হয়। 2টি কার্বনের উপর পরস্পর সমান্তরাল 2টি $2p_z$ কক্ষকের অভিলেপনের ফলে দুটি কার্বনের মধ্যে একটি π -বন্ধন গঠিত হয়। উৎপন্ন ইথিন একটি সমতলীয় অণু।
- ইথাইনে কার্বনের সংকরায়ণ স্তর sp । কার্বনের $2s$ ও $2p_x$ কক্ষকের সংকরায়ণের ফলে 2টি sp সংকরায়িত কক্ষক গঠিত হয়। এরা পরস্পর 180° কোণে একটি সরলরেখার দুটি বিপরীত দিকে বিস্তৃত থাকে। দুটি

C-এর দুটি sp কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপনের ফলে C–C σ -বন্ধন গঠিত হয়। 2টি কার্বনের অবশিষ্ট 2টি sp কক্ষকের প্রতিটির সঙ্গে 1টি করে হাইড্রোজেনের 1s কক্ষকের অভিলেপনের ফলে 2টি C–H σ -বন্ধন গঠিত হয়। পাশাপাশি কার্বন পরমাণুদুটির পরস্পর সমান্তরাল $2p_y$ কক্ষকদুটির এবং $2p_z$ কক্ষকদুটির পাশাপাশি অভিলেপনের ফলে দুটি কার্বন-কার্বন π -বন্ধন গঠিত হয়। ইথাইন একটি সরলরৈখিক অণু।

- জৈব যৌগের গঠন মুক্তশৃঙ্খল বা বলয়াকার হতে পারে। মুক্তশৃঙ্খল যৌগগুলি সরল মুক্তশৃঙ্খল বা শাখাবিশিষ্ট হতে পারে। আবার বলয়াকার যৌগগুলির বলয়ে শুধু কার্বন থাকলে এদের সমচক্র যৌগ এবং বলয়াকার যৌগগুলির বলয়ে কার্বন ছাড়া অন্য মৌলের পরমাণুও থাকলে এদের অসমচক্র যৌগ বলে।
- কার্যকরী গ্রুপ অনুসারে জৈব যৌগগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।
- কোন জৈব যৌগের অণুতে 1টি মাত্র C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত, 2টি C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত, তিনটি C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত এবং চারটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলিকে যথাক্রমে প্রাইমারি সেকেন্ডারি, টারসিয়ারি ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু বলে। আবার, প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে যথাক্রমে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি হাইড্রোজেন পরমাণু বলে।
- জৈব যৌগের গঠন ইলেকট্রন-বিন্দু সঙ্কেত, ড্যাশ সঙ্কেত, সংক্ষিপ্ত গঠনসঙ্কেত এবং বন্ধন-রেখা সঙ্কেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়। এদের মধ্যে বন্ধন-রেখা সঙ্কেত সবথেকে দ্রুত লেখা যায় এবং এর সাহায্যে অণুর আকৃতিও দেখান যায়।

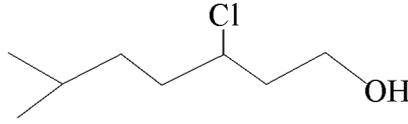
1.11 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- বন্ধন-বিয়োজন শক্তি ও বন্ধন-শক্তির মধ্যে পার্থক্য কি? একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- σ -বন্ধন ও π -বন্ধন বলতে কী বুঝায়? কোন বন্ধনটি অধিকতর শক্তিশালী? কেন?
- ইথিনের জ্যামিতিক আকৃতি কিরূপ? ইথিনের আণবিক কক্ষক চিত্রের সাহায্যে দেখান।
- (iv) (a) যুক্তসহ, p-p, s-p এবং s-s কক্ষক অভিলেপনের ফলে উৎপন্ন σ -বন্ধনগুলিকে শক্তির ক্রমবর্ধমান ক্রম অনুসারে সাজান।
(b) বিশুদ্ধ s বা p পারমাণবিক কক্ষকের অভিলেপন ক্ষমতা বেশি না sp^3 সংকরায়িত কক্ষকের অভিলেপন ক্ষমতা বেশি?
- (iv) নিচের যৌগগুলিকে ক্রমক্রমসমান কার্বন-কার্বন বন্ধন-দৈর্ঘ্য ও ক্রমবর্ধমান কার্বন-কার্বন বন্ধন-শক্তির ক্রম হিসেবে সাজান :



আপনার সাজানোর স্বপক্ষে যুক্তি দিন।

- (6) বন্ধনীয় ও প্রতিবন্ধনীয় আণবিক কক্ষক বলতে কী বুঝায়? 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে H₂ অণু গঠনকে উদাহরণ হিসেবে নিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- (7) (a) প্রাইমারি, সেকেন্ডারি, টারসিয়ারি ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু বলতে কী বুঝায় উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
 (b) প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি হাইড্রোজেন পরমাণু বলতে কী বুঝায় উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- (8) (a) C₅H₈ আণবিক সংকেতবিশিষ্ট একটি জৈব যৌগের গঠন লিখুন, যার মধ্যে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি, টারসিয়ারি ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু আছে।
 (b) C₅H₈ আণবিক সংকেত সম্পন্ন একটি সম্পৃক্ত যৌগের গঠন লিখুন, যার সবগুলি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য।
- (9) কোন জৈব যৌগে সমতুল্য হাইড্রোজেন পরমাণু বলতে কী বুঝায়? কীভাবে দেখান যায় যে, মিথেনের সবগুলি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য?
- (10)(a) 1-ব্রোমো-3-মিথাইলবিউটেনের ইলেকট্রন-বিন্দু সংকেত, ড্যাশ সংকেত, সংক্ষিপ্ত সংকেত ও বন্ধন-রেখা সংকেত লিখুন।
 (b) নিচের অণুটির জন্য সংক্ষিপ্ত ও ড্যাশ সংকেত লিখুন :



- (c) নিচের যৌগটির জন্য ড্যাশ সঙ্গত ও বন্ধন-রেখা সংকেত লিখুন :

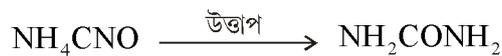


উপরের লেখা সংকেতটি কী সংকেত?

1.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

- (i) না।
- (ii) ইউরিয়া (NH₂CONH₂) ফ্রিডরিখ ভোলার; অ্যামোনিয়াম সায়ানেটের জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভবন করে শুষ্ক করার সময় ইউরিয়া উৎপন্ন হয় :



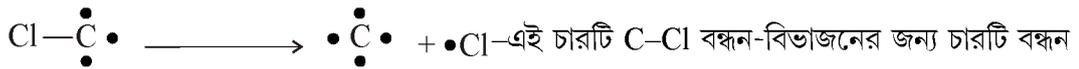
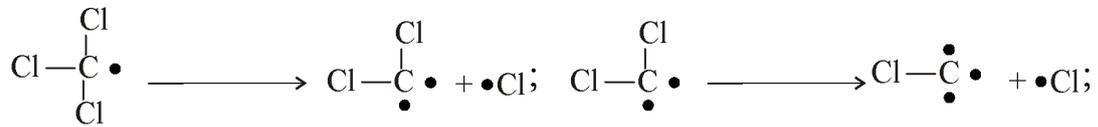
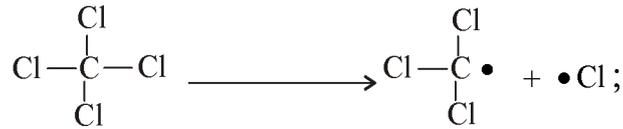
(iii) উভয়েরই আণবিক সংকেত $\text{CH}_4\text{NH}_2\text{O}$ । এদের পরস্পর আইসোমার বলা হয়। পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া।

অনুশীলনী-2

- সমযোজী বন্ধন দিয়ে গঠিত।
- বন্ধন-দূরত্ব, বন্ধন-কোণ এবং বন্ধন-শক্তি।
- না, সমযোজী বন্ধন দিয়ে যুক্ত কার্বন পরমাণু দুটির সংকরায়ণ স্তরের উপর বন্ধন-দূরত্বের মান নির্ভর করে।
- তড়িৎযোজ্যতায় এক পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে এক বা একাধিক ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে; সমযোজ্যতায় সংযোগী পরমাণু দুটি এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড় সমানভাবে বণ্টন করে নেয়—প্রতিটি ইলেকট্রন জোড়ের একটি করে ইলেকট্রন আসে সংযোগী পরমাণুদুটির প্রতিটি থেকে।

অনুশীলনী-3

- $-\text{C}\equiv\text{C}-$ এর সবথেকে বেশি, $-\text{C}-\text{C}-$ এর সব থেকে কম।
- প্রতিটি $\text{C}-\text{Cl}$ এর জন্য বন্ধন-বিয়োজন শক্তির মান ভিন্ন ভিন্ন :



এই চারটি $\text{C}-\text{Cl}$ বন্ধন-বিভাজনের জন্য চারটি বন্ধন বিয়োজন শক্তি পাওয়া যাবে। কিন্তু বন্ধন শক্তি হল : $\text{CCl}_4(\text{g}) \longrightarrow \text{C}\cdot + 4\text{Cl}\cdot$ এই পরিবর্তনের যে শক্তি প্রয়োজন তার এক চতুর্থাংশ। এটি গড় মান—তাই বন্ধন-শক্তির মান একটিই।

- $\text{C}-\text{O}$ বন্ধনটি বিভাজিত করতে।
- দ্বি-পরমাণুক অণুর ক্ষেত্রে।

অনুশীলনী-4

স্থিতাবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ । উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস : $1s^2, 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । মিথেনে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য এবং মিথেনের জ্যামিতিক আকৃতি হল সুষম চতুষ্তলকীয়। উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বন সমযোজী বন্ধন উৎপন্ন করলে $2s$ কক্ষক দিয়ে গঠিত

সমযোজী বন্ধনটি অদিকদর্শী এবং তিনটি p কক্ষক দিয়ে গঠিত সমযোজী বন্ধন তিনটি পরস্পর সমকোণে থাকবে। অর্থাৎ এই ইলেকট্রন-বিন্যাস দিয়ে মিথেনের গঠন ব্যাখ্যা করা যায় না।

অনুশীলনী-5

(i) সুখম চতুস্তলকীয়। $109^{\circ}28'$ ।

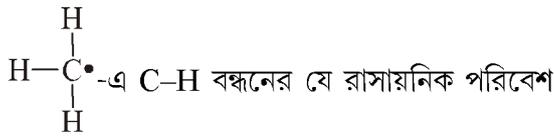
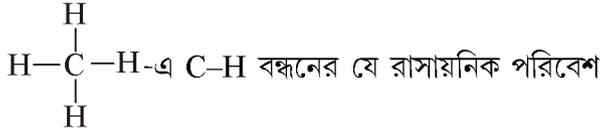
(ii) $sp^3 \quad sp \quad sp \quad sp^3 \quad sp^3 \quad sp^3 \quad sp \quad sp$
 $CH_3C \equiv CCH_3 \quad | \quad CH_3 \underset{3}{C}H_2 \underset{2}{C} \equiv \underset{1}{C}H \quad |$

প্রথম চারটি কার্বন পরমাণু, দ্বিতীয়টির C_1, C_2, C_3 এবং C_1 -এর সঙ্গে যুক্ত H।

(iii) $H \overset{sp}{C} \equiv \overset{sp}{C} \overset{sp^3}{C} H_2 \overset{sp^3}{C} H_2 \overset{sp^2}{C} H = C H_2$

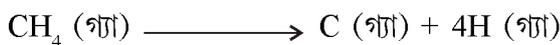
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(i) কোন নির্দিষ্ট অণুতে একটি নির্দিষ্ট সমযোজী বন্ধনকে সম-বিভাজিত করতে মোল প্রতি যে শক্তির প্রয়োজন হয় তাকে বন্ধন-বিয়োজন শক্তি বলে। আর বহুসংখ্যক বিভিন্ন অণুর মধ্যে একই ধরনের সমযোজী বন্ধনের সমবিভাজন ঘটাতে মোলপ্রতি গড়ে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে বন্ধন-শক্তি বলা হয়। বন্ধন-বিয়োজন শক্তি ও বন্ধন-শক্তির মানের পার্থক্য হয়। যেমন, মিথেন চারটি C-H বন্ধন আছে। চারটি C-H বন্ধনকে আলাদা আলাদা ধাপে বিভাজিত করতে প্রতিটি ধাপে ভিন্ন ভিন্ন শক্তির প্রয়োজন হয়। কারণ প্রতিটি ক্ষেত্রেই C-H বন্ধনের রাসায়নিক পরিবেশ আলাদা হয়। যেমন,



তার থেকে আলাদা। মিথেনের এই চারটি C-H বন্ধনের প্রথমটিকে সমবিভাজিত করতে মোলপ্রতি যে শক্তির প্রয়োজন সেই শক্তি হল ঐ C-H বন্ধনের বন্ধন-বিয়োজন শক্তি। অনুরূপভাবে দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ C-H বন্ধনের সমবিভাজনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি হল দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ C-H বন্ধনের বন্ধন-বিয়োজন শক্তি।

আবার মিথেনের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (OK ধরা যাক) নিচের পরিবর্তন ঘটাতে

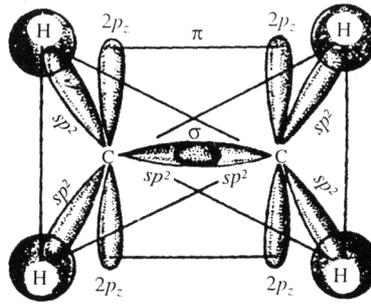


যে শক্তির প্রয়োজন হয় তার এক-চতুর্থাংশ হল C–H বন্ধনের বন্ধন-শক্তি। এটি একটি গড় মান। বন্ধন-বিয়োজন শক্তির মান চারটি C–H বন্ধনের জন্য আলাদা আলাদা, কিন্তু C–H এর বন্ধন-শক্তির মান একই।

- (ii) দুটি ভিন্ন পরমাণুর দুটি পারমাণবিক কক্ষকের পরস্পর আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর বা মাথায়-মাথায় অভিলেপনের ফলে পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে যে বন্ধন গঠিত হয়, তাকে σ -বন্ধন বলে। আর দুটি ভিন্ন পরমাণুর কক্ষক দুটির সমান্তরাল বা পাশাপাশি অভিলেপনের মাধ্যমে পরমাণু দুটির মধ্যে যে বন্ধন গঠিত হয় তাকে π -বন্ধন বলে।

σ -বন্ধনটি অধিকতর শক্তিশালী। কারণ দুটি কক্ষকের পাশাপাশি অভিলেপনের থেকে আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন অনেক বেশি কার্যকরী। অভিলেপন যত বেশি হয় বন্ধনটি তত শক্তিশালী হয়। (আলোচনা 6.3 দেখুন।)

- (iii) ইথিনের উভয় কার্বন পরমাণুই sp^2 সংকরায়িত। যৌগটির কক্ষক-চিত্র নিচে দেখান হল।



কক্ষক চিত্র থেকে দেখা যায় ইথিন একটি সমতলীয় অণু। এর 2টি C ও 4টি H-পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে উভয় কার্বন পরমাণুই অপর একটি কার্বন পরমাণু ও 2টি H-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত এবং প্রতিটি H–C–H এবং H–C–C বন্ধন-কোণের মান 120° করে। (আলোচনা 1.5.7 দেখুন।)

- (iv) (a) শক্তির ক্রমবর্ধমান ক্রম হল

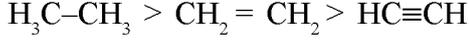
$$s-s < s-p < p-p$$

দুটি পারমাণবিক কক্ষকের মধ্যে যত বেশি অভিলেপন ঘটে, পরমাণুদুটির মধ্যে বন্ধনও তত শক্তিশালী হয়। p-কক্ষকের আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন ক্ষমতা (1.72) s-কক্ষকের এই ক্ষমতা (1.00) থেকে বেশি।

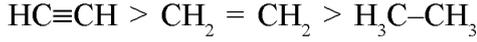
আবার p-পারমাণবিক কক্ষক ত্রি-মাত্রিক শূন্য নির্দিষ্ট দিকনির্দেশী, কিন্তু s-পারমাণবিক কক্ষক তা নয়। তাই দুটি p-কক্ষকের মধ্যে আন্তঃকেন্দ্রিকীয় অক্ষ বরাবর অভিলেপন s-s বা s-p অভিলেপনের থেকে বেশ হয়। আবার s-p অভিলেপনও একই কারণে s-s অভিলেপন থেকে বেশি হয়। তাই p-p, s-p ও s-s কক্ষকের অভিলেপনের ফলে উৎপন্ন σ -বন্ধনশক্তির ক্রমবর্ধমান ক্রম হল : s-s < s-p

p-p (b) sp^3 সংকরায়িত কক্ষকের অভিলেপন ক্ষমতা বেশি।

(v) ক্রমহ্রাসমান কার্বন-কার্বন বন্ধনদৈর্ঘ্যের ক্রম হল



ক্রমবর্ধমান কার্বন-কার্বন বন্ধনশক্তির ক্রম হল



দুটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধনসংখ্যা বাড়লে পরমাণুদ্বয়ের কেন্দ্রক দুটি নিকটবর্তী হয়, ফলে বন্ধন-দৈর্ঘ্য কমে যায়। পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে ইলেকট্রন ঘনত্ব বাড়লে তাদের কেন্দ্রকগুলির মধ্যে বিকর্ষণ কমে যায় এবং ইলেকট্রন ও কেন্দ্রকের মধ্যে আকর্ষণ বাড়ে।

আবার, বন্ধনসংখ্যা বাড়লে বন্ধনশক্তিও বাড়ে। কারণ বন্ধন গঠিত হওয়ার সময় যে শক্তি নির্গত হয়, তা বন্ধনকে সুস্থির করে।

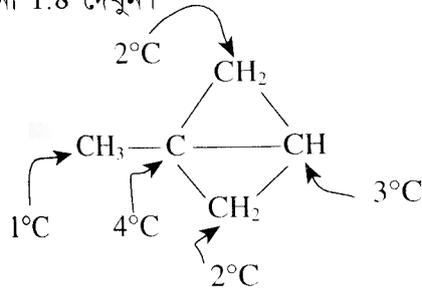
(vi) দুটি পারমাণবিক কক্ষক পরস্পরের যথেষ্ট নিকটবর্তী হলে দুটি পারমাণবিক কক্ষকের পরিবর্তে দুটি আণবিক কক্ষকের উদ্ভব হয়। এই দুটি আণবিক কক্ষকের মধ্যে একটির শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তি থেকে কম এবং অপরটি শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তি থেকে বেশি হয়। যে আণবিক কক্ষকের শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তি থেকে কম, তাকে বন্ধনীয় আণবিক এবং যে আণবিক কক্ষকের শক্তি পারমাণবিক কক্ষকের শক্তি থেকে বেশি, তাকে প্রতিবন্ধনীয় আণবিক কক্ষক বলে।

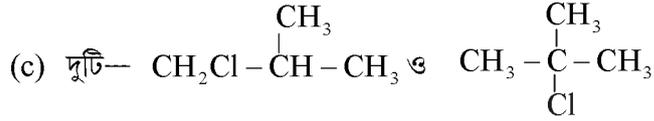
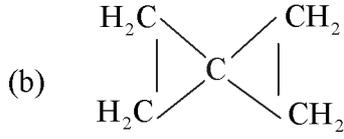
2টি হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে H_2 অণুর গঠন উদাহরণ হিসেবে নিলে ঘটনাই সহজেই বোঝা যায়। দুটি H-পরমাণু যথেষ্ট নিকটবর্তী হলে তাদের দুটি 1s কক্ষকের পরিবর্তে দুটি আণবিক কক্ষক গঠিত হয়। নিম্নতর শক্তির আণবিক কক্ষকটি হল বন্ধনীয় আণবিক কক্ষক (σ -আণবিক কক্ষক) এবং উচ্চতর শক্তির আণবিক কক্ষকটি হল প্রতিবন্ধনীয় আণবিক কক্ষক (σ^* -আণবিক কক্ষক)। স্থিতাবস্থায় হাইড্রোজেন অণুর দুটি ইলেকট্রনই বন্ধনীয় আণবিক কক্ষকে থাকে (চিত্রের জন্য চিত্র 10 দেখুন)। (আলোচনা 1.5.4 দেখুন)।

(vii)(a) আলোচনা 1.8 দেখুন।

(b) আলোচনা 1.8 দেখুন।

(viii) (a)



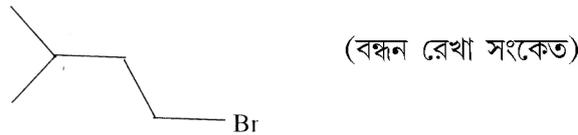
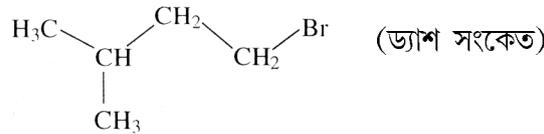
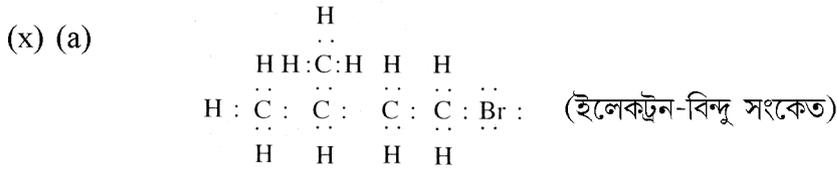


(ix) কোন জৈব যৌগের যে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির যে কোনটিকে কোন মূলক বা পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে একটি ও অভিন্ন একপ্রতিস্থাপিত জাতক উৎপন্ন হয়, সেই H-পরমাণুগুলিকে সমতুল্য H-পরমাণু বলা হয়।

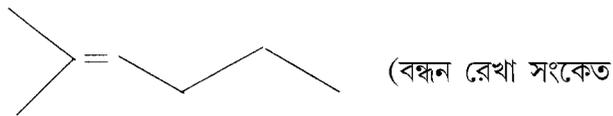
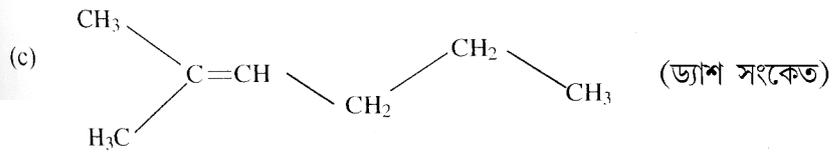
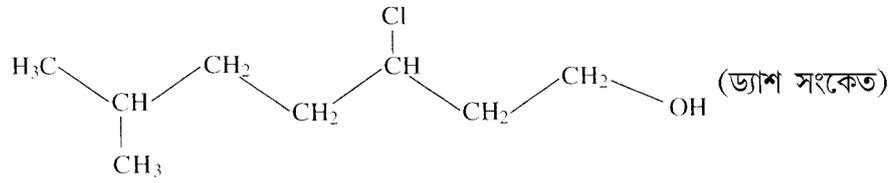
যেমন, 2-মিথাইল প্রোপেনের $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ ৭টি মিথাইল হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য, কারণ এই H-পরমাণুগুলির যে কোন একটি H-পরমাণুকে Cl-পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে সর্বদা



মিথেনকে ক্লোরিনেশন করে মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করলে দেখা যায় যে সর্বদা একটিমাত্র মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এর ফলে প্রমাণিত হয় যে, মিথেনের চারটি H-পরমাণুই সমতুল্য।



(b) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHClCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (সংক্ষিপ্ত সংকেত)



লেখা সংকেতটি সংক্ষিপ্ত সংকেত।

একক 2 □ জৈব রসায়নে মৌলিক ধারণা (II)

জৈব যৌগের গঠনে ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব; সমযোজী বন্ধনের বিভাজন ও গঠন

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.2 জৈব যৌগের অণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকসমূহ

2.2.1 আবেশীয় ক্রিয়া, ক্ষেত্রজ ক্রিয়া

2.2.2 স্থানীভূত বা লোকালাইজড্ এবং স্থান-অতিক্রান্ত বা ডি-লোকালাইজড্ বন্ধন

2.2.3 সংস্পন্দন বা রেজোন্যান্স

2.2.4 রেজোন্যান্স শক্তি

2.2.5 কোন্ অণুগুলি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত এবং কোন্ অণুগুলিকে স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধন দিয়ে প্রকাশ করা যায়।

2.2.6 বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহারের মাধ্যমে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির পরস্পরে পরিবর্তন

2.2.7 নির্ভুল ক্যানোনিকাল গঠন লেখার নিয়ম

2.2.8 সমবন্ধনযুক্ত বা আইসোভ্যালেন্ট ও অসমবন্ধনযুক্ত বা হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স

2.2.9 ক্যানোনিকাল গঠনগুলির তুলনামূলক গুরুত্ব নির্ণয়

2.2.10 রেজোন্যান্স ও বন্ধন-দূরত্ব, বন্ধন-ক্রম

2.2.11 সঙ্কর ক্রমাঙ্কন

2.2.12 স্টেরিক কারণে বা ত্রিমাত্রিক শূন্যে অবস্থানগত কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন

2.3 অধিক্রমাঙ্কন বা হাইপারকনজুগেশন

2.4 ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া

2.5 সমযোজী বন্ধনের বিভাজন ও সমযোজী বন্ধন গঠন

2.5.1 সমযোজী বন্ধনের বিভাজন

সমবিভাজন—মুক্ত মূলক

অ্যালকিল যুক্ত মূলকের স্থায়িত্বের ক্রম

সমবিভাজন কীভাবে ঘটে?

অসমবিভাজন-কার্বোক্যাটায়ন

কার্বানায়ন

অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম

অ্যালকিল কার্বানায়নের স্থায়িত্বের ক্রম

2.5.2 জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার দুটি বিশদ ভাগ—আয়নীয় বিক্রিয়া ও মুক্ত মূলক বিক্রিয়া

2.5.3 জৈব বিক্রিয়ায় মধ্যস্থ

2.5.4 সমযোজী বন্ধন গঠন

2.6 সারাংশ

2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

2.8 উত্তরমালা

2.7 প্রস্তাবনা

জৈব যৌগসমূহ মূলত সমযোজী বন্ধন দিয়ে গঠিত। এখন কোন জৈব-যৌগের অণুর বিভিন্ন বন্ধনে ও পরমাণুতে ইলেকট্রন-ঘনত্বের আপেক্ষিক পরিমাণ অর্থাৎ কোন স্থানে সর্বাধিক এবং কোন স্থানে সর্বনিম্ন তা জানা প্রয়োজন। কারণ এটা ভাবা স্বাভাবিক যে, কোন অণুর সর্বাধিক ইলেকট্রন-ঘনত্ব-সম্পন্ন স্থান কোন ধনাত্মক বিকারক দিয়ে সহজেই আক্রান্ত হবে এবং এই স্থানটির ঋণাত্মক তড়িৎ-আধানযুক্ত বিকারক দিয়ে আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা কম। অপরপক্ষে কোন অণুর সর্বাধিক তড়িৎ-ঘনত্ব সম্পন্ন স্থানের ঋণাত্মক আধানযুক্ত বিকারক দিয়ে আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা বেশি। তাই কোন কারকগুলি জৈব যৌগের অণুর বন্ধনে এবং পরমাণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নিয়ন্ত্রণ করে জানা প্রয়োজন। আবার রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গাগড়া ঘটে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় সমযোজী বন্ধন কি কি ভাবে ভাঙতে পারে এবং কি কি ভাবে গড়তে পারে সে সম্বন্ধে ধারণা থাকাও একান্ত দরকার। জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া বোঝার জন্য এই ধারণাগুলি অপরিহার্য। এই এককের পরবর্তী অংশ এইগুলি আলোচনা করা হল।

উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়ন করে আপনি নিচের তথ্যগুলি জানতে পারবেন এবং সংশ্লিষ্ট ক্ষেত্রে প্রয়োগ করতে পারবেন।

- আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়া বলতে কী বোঝায় এবং জৈব যৌগের অণুতে তাদের প্রভাব।
- স্থানীবন্ধ বা লোকালাইজড বন্ধন এবং স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড বন্ধন বলতে কী বোঝায়।
- সংস্পন্দন বা রেজোন্যান্স ধারণাটি কি, রেজোনেটিং গঠন বা ক্যানোনিকাল গঠন বলতে কী বোঝায় এবং কীভাবে এই ধারণার সাহায্যে ডি-লোকালাইজড বন্ধনযুক্ত যৌগের গঠন প্রকাশ করা হয়।
- রেজোন্যান্স শক্তি বলতে কী বোঝায় এবং কীভাবে রেজোন্যান্স শক্তি নির্ণয় করা যায়।
- কোন অণুগুলি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত হয়।

- বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহার করে কীভাবে ক্যানোনিক্যাল গঠনগুলির পারস্পরিক পরিবর্তন করা যায়।
 - নির্ভুল ক্যানোনিক্যাল গঠন কীভাবে লিখতে হয়।
 - সমবন্ধনযুক্ত বা আইসোভ্যালেন্ট ও অসমবন্ধনযুক্ত বা হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স বলতে কী বোঝায়।
 - ক্যানোনিক্যাল গঠনগুলির তুলনামূলক গুরুত্ব কীভাবে নির্ণয় করা যায়।
 - স্থান-অতিক্রান্ত অণুর বন্ধন-দূরত্ব রেজোন্যান্স ধারণার সাহায্যে কীভাবে ব্যাখ্যা করা যায় এবং বন্ধন-ক্রম বলতে কী বোঝায়।
 - সঙ্কর ক্রমান্বয় যুক্ত যৌগ কোন্‌গুলি।
 - স্টেরিক কারণে কীভাবে রেজোন্যান্সের অবদান হয় এবং এই অবদানের ফলে জৈব যৌগে কী প্রভাব পড়ে।
 - অধিক্রমান্বয় বা হাইপারকনজুগেশন বলতে কী বোঝায়, কোন্‌ কোন্‌ ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন ঘটে এবং জৈব যৌগের অণুতে এর প্রভাব।
 - জৈব যৌগে সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গন কতভাবে হতে পারে—সমভাঙ্গন ও অসম-ভাঙ্গন বলতে কী বোঝায়।
 - জৈব মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়ন কাদের বলে।
 - অ্যালকিল জৈব মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়নের স্থায়িত্বের ক্রম—কীভাবে এই ক্রম নির্ণয় করা যায়।
 - জৈব বিক্রিয়ার মধ্যস্থ বলতে কী বোঝায়।
 - জৈব বিক্রিয়ার সময় সমযোজী বন্ধন কীভাবে গঠিত হয়।
- এগুলি ভালভাবে অধ্যয়ন করলে পরবর্তীকালে জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া বোঝা সহজতর হবে।

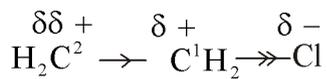
2.2 জৈব যৌগের অণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকসমূহ (Factors in fluencing electron-availability in organic molecules)

যে সব কারক কোন জৈব যৌগের অণুর বিশেষ বন্ধনে বা বিশেষ পরমাণুতে আপেক্ষিক ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা প্রভাবিত করে সেই কারকগুলি অনেকাংশেই সেই জৈব যৌগের বিশেষ বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়াশীলতাও নিয়ন্ত্রণ করে। অর্থাৎ, এই কারকগুলির উপর জৈব যৌগসমূহের বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনেকাংশেই নির্ভরশীল নিচে এই কারকগুলি আলোচনা করা হল।

2.2.1 আবেশীয় ক্রিয়া (Inductive effect) :

ইথেনের C-C বন্ধন ধ্রুবীয় নয়, কারণ ইথেনের (H₃C-CH₃) দুটি কার্বনই সমতুল্য। কিন্তু ক্লোরোইথেনে (CH₂-CH₂-Cl) C-C বন্ধনটি ধ্রুবীয় (Polar)। এর কারণ হল : ক্লোরোইথেনে C₁-এর সঙ্গে কার্বনের থেকে উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু যুক্ত আছে। ক্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কার্বনের থেকে উচ্চতর হওয়ায় C₁-Cl বন্ধনের ইলেকট্রন-যুগল ক্লোরিনের দিকে বেশি সরে থাকে। ফলে C₁-Cl বন্ধনটি ধ্রুবীয় হয় এবং Cl সামান্য ঋণাত্মক ও C₁ সামান্য ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। C₁-এর ইলেকট্রন ঘনত্ব কমে যাওয়ায় এটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেড়ে যায়, ফলে C-C বন্ধনের ইলেকট্রনযুগলকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে এই ইলেকট্রন ঘাটতি পূরণের চেষ্টা করে। এর ফলে C₁-C₂ বন্ধনটিও ধ্রুবীয় হয় এবং C₂-তে

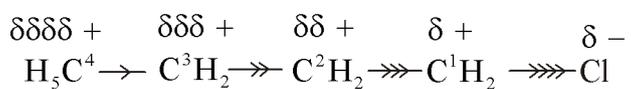
সামান্য ধনাত্মক আধান (C₁-এর থেকে কম) সৃষ্টি হয়। ঘটনাটি নিচে দেখানো অণুতে পৃথক তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন দুটি পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধনের উপস্থিতি আবেশীয় ক্রিয়ার উৎস



[$\delta+$ ও $\delta-$ দিয়ে যথাক্রমে সামান্য ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধান এবং $\delta\delta+$ দিয়ে $\delta+$ -এর থেকেও কম ধনাত্মক আধান বোঝান হয়েছে।]

এইরূপ একটি বন্ধনের ধ্রুবীয়তা থেকে তার পার্শ্ববর্তী বন্ধনে ধ্রুবীয়তা সঞ্চারিত হওয়াকে আবেশীয় ক্রিয়া বলে।

আবেশীয় ক্রিয়ার প্রভাব উৎস থেকে পার্শ্ববর্তী বন্ধনেই সবথেকে বেশি অনুভূত হয়। কিন্তু এই প্রভাব পার্শ্ববর্তী বন্ধন থেকে দূরবর্তী বন্ধনেও সঞ্চারিত হতে পারে। যেমন, 1-ক্লোরোবিউটেনে খুব স্বল্প ধনাত্মক আধানযুক্ত C₂, C₂-C₃ বন্ধনের ইলেকট্রনযুগলকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে, ফলে C₃-ও খুব সামান্য ধনাত্মক আধানযুক্ত হয় (C₂ থেকে কম ধনাত্মক)। আবার এই খুব স্বল্প ধনাত্মক C₃, C₃-C₄ বন্ধনের ইলেকট্রনযুগলকে নিজের দিকে সামান্য আকর্ষণ করে, ফলে C₃-C₄ বন্ধনও খুব সামান্য ধ্রুবীয় হয়। নিচে ঘটনাটি দেখান হল :



1-ক্লোরোবিউটেন : আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে ধ্রুবীয়তা পাশাপাশি বন্ধনগুলিতে সঞ্চারিত হয়।

তবে মনে রাখা দরকার যে, আবেশীয় ক্রিয়ার প্রভাব কম দূরত্বেই কার্যকরী হয় এবং এই ক্রিয়ার উৎস থেকে দূরত্ব বাড়ার সাথে সাথে এই ক্রিয়ার প্রভাব দ্রুত কমে আসে। সাধারণত বাস্তবে সম্পৃক্ত যৌগে দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর পর এই ক্রিয়ার গুরুত্ব প্রায় থাকেই না।

আবেশীয় ক্রিয়ার প্রভাব অণুতে একটি স্থায়ী প্রভাব এবং অণুর স্থিতাবস্থাতে এই ক্রিয়া কার্যকরী থাকে। বলা যায় :

- (1) আবেশীয় ক্রিয়া হল অণুর স্থিতাবস্থাতে স্থায়ী ধ্রুবীয়তা (permanent polarisation)।
- (2) আবেশীয় ক্রিয়া σ -বন্ধন দিয়ে সঞ্চারিত হয়।

খুব শক্তিশালী +I বা -I গ্রুপ [পরে দেখুন] উপস্থিত না থাকলে আবেশীয় ক্রিয়া চারটি বন্ধনের পরের বন্ধনে কোন পরিবর্তন ঘটায় না বলেই চলে।

(3) আবেশীয় ক্রিয়া কম দূরত্বে কার্যকর ক্রিয়া। উৎস থেকে দূরত্ব বাড়ার সাথে এই ক্রিয়া দ্রুত হ্রাস পায়। বাস্তবে সাধারণত C_2 -এর পরে এই ক্রিয়ার গুরুত্ব থাকে না।

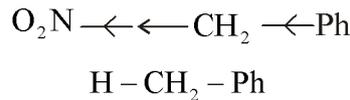
(4) এটি স্থায়ী ক্রিয়া হওয়ায় যৌগের ভৌত ধর্মে এই ক্রিয়ার প্রভাব পরিলক্ষিত হয়। যেমন, যৌগের দ্বিমেরু আমকে এই ক্রিয়ার প্রকাশ ঘটে।

-I ও +I মূলক :

কার্যকরী মূলকগুলিকে হাইড্রোজেন পরমাণুর সাপেক্ষে ইলেকট্রন-অপসারী (electron withdrawing) বা -I এবং ইলেকট্রন-মোচনকারী (electron releasing) বা +I মূলক হিসেবে শ্রেণীবিভাগ করা যায়। ধরি, R_3C-H এই অণুটির হাইড্রোজেন পরমাণুকে কোন মূলক Z দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হল :



এখন এই প্রতিস্থাপনের ফলে যদি R_3C অংশে ইলেকট্রন ঘনত্ব কমে যায় অর্থাৎ, বন্ধন-ইলেকট্রনযুগল যদি $C-Z$ বন্ধনের Z-এর দিকে বেশি সরে যায়, তবে Z মূলকটিকে ইলেকট্রন-অপসারী মূলক (-I) বলা হয়। আর এই প্রতিস্থাপনের ফলে যদি R_3C অংশে ইলেকট্রন-ঘনত্ব বেড়ে যায় অর্থাৎ $C-Z$ বন্ধনের বন্ধন-ইলেকট্রনযুগল যদি C-এর দিকে বেশি সরে যায়, তবে Z মূলকটিকে ইলেকট্রন-মোচনকারী মূলক (+I) বলা হয়। যেমন, α -নাইট্রোটলুইনে ($C_6H_5-CH_2-NO_2$) C-N বন্ধনের ইলেকট্রনযুগল টলুইনের ($C_6H_5-CH_2-H$) C-H বন্ধনের ইলেকট্রনযুগল থেকে কার্বনের থেকে বেশি দূরে সরে থাকে :



তাই নাইট্রো ($-NO_2$) গ্রুপকে ইলেকট্রন-অপসারী বা -I মূলক বলা হয়।

আবেশীয় ক্রিয়া সবসময়ই তুলনামূলক। আমরা কোন গ্রুপের +I বা -I ক্রিয়া হাইড্রোজেনের সঙ্গে তুলনা করে স্থির করি। সাধারণত বলা হয় যে, হাইড্রোজেনের তুলনায় NO_2 মূলক ইলেকট্রন-অপসারী মূলক এবং O^- (উদাহরণস্বরূপ) ইলেকট্রন-মোচনকারী। বাস্তবে কিন্তু কোন প্রকৃত ইলেকট্রন-অপসারণ বা ইলেকট্রন-মোচন ঘটে না। শুধু H ও NO_2 বা H ও O^- -এর তড়িৎ-ঋণাত্মকার পার্থক্যের জন্য বন্ধনের ইলেকট্রন-যুগলের অবস্থানের পার্থক্য ঘটে। এটি বন্ধনের স্থান-অতিক্রমণের বা ইলেকট্রন-বিস্তৃতির (delocalisation) ঘটনাও নয় (স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধন বা delocalised bond-এর জন্য পরবর্তী আলোচনা দেখুন)। এটি বন্ধনের মধ্যেই ইলেকট্রনের অবস্থান পরিবর্তনের ঘটনা। ইলেকট্রনগুলি একই যোজ্যতা কক্ষে (valence shell) অবস্থান করে।

নিচের তালিকায় (তালিকা 2.1) : কিছু সাধারণ +I ও -I মূলককে তালিকাবদ্ধ করা হয়েছে।

তালিকা 2.1 : হাইড্রোজেনের সাপেক্ষে কিছু সাধারণ +I ও -I মূলকের তালিকা। +I ও -I মূলকগুলিকে তাদের ক্রমহ্রাসমান শক্তির ক্রমে সাজান হয়েছে :

+I	-I
O ⁻	⁺ NR ₃ COOH C≡CR F Ar
COO ⁻	⁺ SR ₂ Cl CH≡CR ₂
(CH ₃) ₃ C	⁺ NH ₃ Br
(CH ₃) ₂ CH	NO ₂ I
CH ₃ CH ₂	SO ₂ R OR
CH ₃	CN SH
D	OH

উপরের তালিকা থেকে স্পষ্ট দেখা যায় যে, বেশিরভাগ মূলকই -I গ্রুপ। অ্যালকিল মূলকগুলিকে +I দেখান হয়েছে। কিন্তু বাস্তবে দেখা যায় অ্যালকিল মূলকগুলি কোন ক্ষেত্রে +I আবার অপর কোন ক্ষেত্রে -I মূলক হিসেবে ক্রিয়া করে। অন্যান্য বিষয় অপরিবর্তিত থাকলে sp, sp² ও sp³ সংকরায়িত পরমাণুগুলির -I শক্তির ক্রম হল।

sp সংকরায়িত পরমাণু > sp² সংকরায়িত পরমাণু > sp³ সংকরায়িত পরমাণু।

ক্ষেত্রজ ক্রিয়া (Field effect) :

আবেশীয় ক্রিয়া দ্বারা ধ্রুবীকরণ (polarisation) σ-বন্ধনের মধ্যে দিয়ে সঞ্চারিত হয়। এই ধ্রুবীকরণ ত্রিমাত্রিক শূন্যের মাধ্যমে বা দ্রাবক অণুর মধ্যে দিয়েও সঞ্চারিত হতে পারে। যখন অণুর এক অংশের প্রভাবে অন্য অংশের ধ্রুবীকরণ ত্রিমাত্রিক শূন্যের মাধ্যমে বা দ্রাবক অণুর মধ্যে দিয়ে সঞ্চারিত হয় তখন একে ক্ষেত্রজ ক্রিয়া বলে। কোন অণুর মধ্যে আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য করা খুবই কঠিন। দুটি ক্রিয়াই সাধারণত একযোগে কাজ করে। অনেকে আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়া একসঙ্গে বোঝাতে ক্ষেত্রজ ক্রিয়া পদটিই ব্যবহার করেন।

অনুশীলন I

(i) নিচের বিবৃতিগুলি কোন্টি সত্য, কোন্টি মিথ্যা?

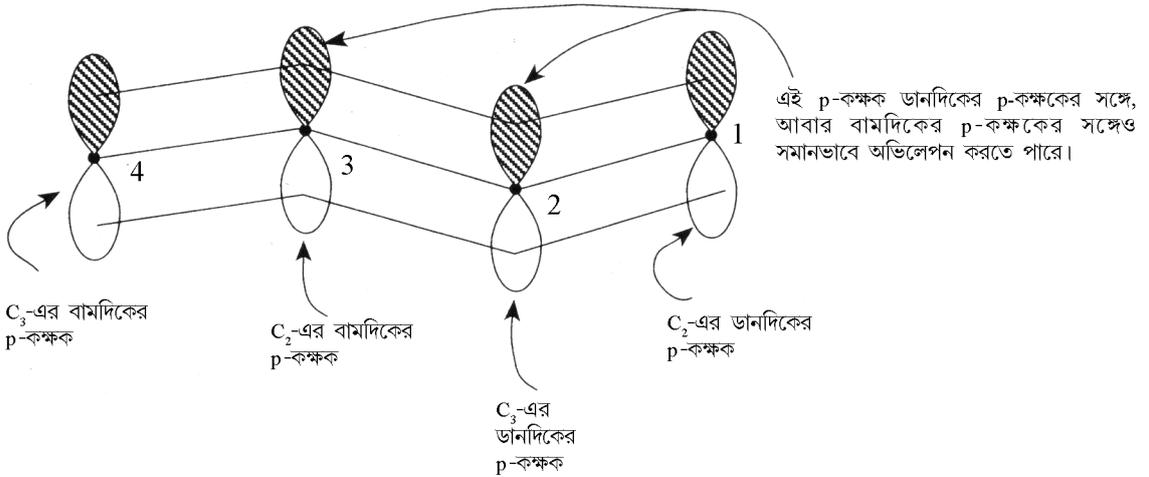
(a) আবেশীয় ক্রিয়া একটি অস্থায়ী ক্রিয়া।

- (b) কোন অণুতে বিভিন্ন তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর উপস্থিতি আবেশীয় ক্রিয়া সৃষ্টি করে।
 (c) কোন সম্পৃক্ত যৌগে আবেশীয় ক্রিয়ার উৎস থেকে 5টি কার্বন পরমাণুর পরেও আবেশীয় ক্রিয়ার প্রভাব ভালই অনুভূত হয়।
 (d) কোন যৌগের ভৌতধর্মে আবেশীয় ক্রিয়ার কোন প্রভাব নাই।
 (e) আবেশীয় ক্রিয়া সবসময়ই ইলেকট্রন-অপসারী কখনও ইলেকট্রন-মোচনকারী নয়।
- (ii) নিচের মূলকগুলি +I না -I বলুন : O^- , CN , NR_3^+ , COO^- , $COOH$, OR , কিসের সাপেক্ষে কোন মূলককে +I বা -I বলে চিহ্নিত করা হয়?

2.2.2 স্থানীভূত বা সীমাবদ্ধ বা লোকালাইজড বন্ধন এবং স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড বন্ধন (Localised and Delocalised bonds) :

সমযোজী বন্ধনের ক্ষেত্রে দুটি পরমাণুর মধ্যকার প্রধান প্রকৃতির বন্ধন দুটি হল : σ -বন্ধন ও π -বন্ধন। পরমাণুদ্বয়ের উপযুক্ত কক্ষকগুলির পারস্পরিক অভিলেপনের ফলে উভয় বন্ধনই গঠিত হয়। s এবং p হাইব্রিড কক্ষকের মাথায় মাথায় অভিলেপনের ফলে σ -বন্ধন গঠিত হয়। π -বন্ধন গঠিত হয় p-কক্ষকদ্বয়ের সমান্তরাল অভিলেপনের মাধ্যমে। σ -বন্ধনের σ -ইলেকট্রনযুগল এবং π -বন্ধনের π -ইলেকট্রনযুগল উভয়েই σ - ও π -বন্ধনের আলোচনা দ্বি-বন্ধন দিয়ে যুক্ত পরমাণুদ্বয়ের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকে। সমযোজ্যতা বন্ধনের প্রথম এককে করা হয়েছে। এই ইলেকট্রনযুগলকে স্থানীভূত বা সীমাবদ্ধ বা লোকালাইজড ইলেকট্রন-যুগল এবং এইরূপ বন্ধনকে স্থানীভূত বা সীমাবদ্ধ বা লোকালাইজড (localised) বন্ধন বলা হয়।

sp^3 , sp^2 বা sp হাইব্রিড কক্ষকগুলির দুটির মাথায়-মাথায় অভিলেপন ঘটলে বন্ধনীয় ইলেকট্রনযুগলের পরমাণুদ্বয়ের মধ্যেই স্থানীভূত বা সীমাবদ্ধ থাকা ছাড়া গত্যন্তর নাই। কিন্তু σ -কাঠামোর সঙ্গে সমকোণে অবস্থিত পরস্পর সমান্তরাল দুটি p-কক্ষক নিজেদের মধ্যে যেমন পাশাপাশি অভিলেপন করতে পারে, তেমনি বিপরীত দিকে অবস্থিত সমান্তরাল p-কক্ষক থাকলে তাদের সঙ্গেও অভিলেপন করতে পারে। নিচের চিত্রে ঘটনাটি দেখান হল :



এর ফলে অধিকতর বিস্তৃত π -কক্ষক উৎপন্ন হয় যেখানে কক্ষকে ইলেকট্রনগুলি দুটি মাত্র পরমাণুর মধ্যে স্থানীভূত না থেকে বেশি সংখ্যক পরমাণুর মধ্যে বিস্তৃত হয়ে যায়। এইভাবে স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড বন্ধনীয় কক্ষক সম্বন্ধে বন্ধনের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ, অনেক যৌগে এক বা একাধিক বন্ধনীয় কক্ষক (Bonding Orbital) থাকে যেগুলি দুটি মাত্র পরমাণুর মধ্যে স্থানীভূত বা সীমাবদ্ধ না থেকে তিন বা তার অধিক সংখ্যক পরমাণুর মধ্যে বিস্তৃত হয়ে যায়। এই ধরনের বন্ধনকে স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড বন্ধন বলা হয়।

স্থানীভূত বন্ধনযুক্ত যৌগগুলিকে একটিমাত্র লুইস-গঠন দিয়ে সহজেই প্রকাশ করা যায়। কিন্তু স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড বন্ধনযুক্ত যৌগগুলিকে একটিমাত্র লুইস-গঠন দিয়ে প্রকাশ করা সম্ভব নয়—কারণ এদের জন্য একাধিক লুইস-গঠন আঁকা যায় (পরে দেখুন)। তাই যে কোন একটি লুইস-গঠন দিয়ে এদের গঠন সম্যকভাবে প্রকাশ করা যায় না।

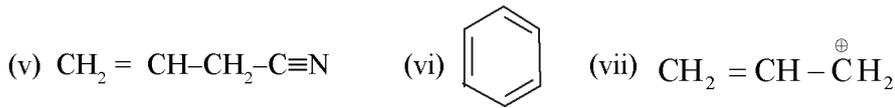
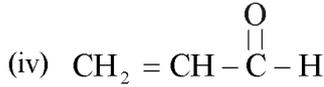
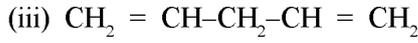
স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত যৌগগুলির গঠন দুটি সাধারণ পদ্ধতিতে প্রকাশ করা যায় :

- (1) আণবিক কক্ষক পদ্ধতি (Molecular orbital method),
- (2) যোজ্যতা-বন্ধন পদ্ধতি (Valence-bond method)।

যোজ্যতা-বন্ধন পদ্ধতিতে সংস্পন্দন বা রেজোন্যান্স (Resonance) ধারণার সাহায্যে স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত যৌগগুলির গঠন প্রকাশ করা যায়।

অনুশীলনী 2

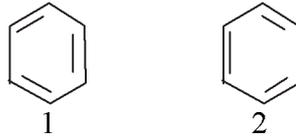
নিচের যৌগগুলির কোন্ কোন্টি স্থানীভূত দ্বিবন্ধনযুক্ত এবং কোন্ কোন্টি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত?



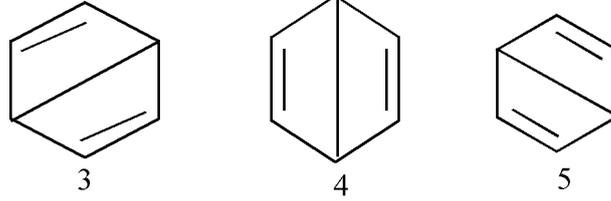
2.2.3 সংস্পন্দন বা রেজোন্যান্স (Resonance) :

যে সব অণুর জন্য একাধিক লুইস-গঠন লেখা যায়, যাদের মধ্যে পার্থক্য শুধু ইলেকট্রনবিন্যাসের কিন্তু যাদের মধ্যে পরমাণু-কেন্দ্রকগুলির অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে সেইসব অণুর প্রকৃত গঠন কী হবে?

যেমন, বেনজিনের ক্ষেত্রে নিচের দুটি লুইস-গঠন লেখা যায় যাদের মধ্যে কেন্দ্রকগুলির অবস্থান একই আছে, কিন্তু দ্বি-বন্ধনগুলির অবস্থানে পার্থক্য রয়েছে অর্থাৎ, ইলেকট্রন বিন্যাসে পার্থক্য রয়েছে :

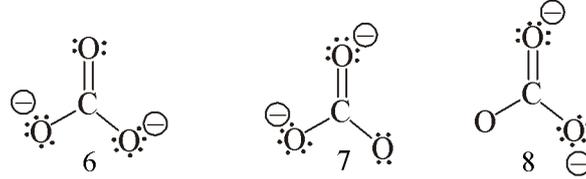


উপরের গঠনদুটিকে কেकुले (Kekule') गठन बला हय। बेनजिनेर स्फेद्रे आबार बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न निचे देखानो आरओ तिनटि लुईस-गठनओ लेखा याय :



एइ गठन तिनटिके डिउयार (Dewar) गठन बला हय। बेनजिनेर प्रकृत गठन ताहले की हबे?

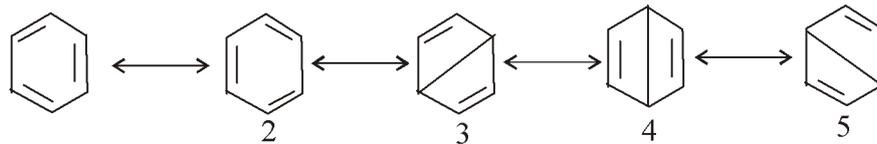
बहुसंख्यक अणुर स्फेद्रेइ एइरूप घटते पारे। येमन, आर एकटि उदाहरण हल कार्बनेट आयन, CO_3^{2-} । कार्बनेट आयनेर स्फेद्रे तिनटि लुईस-गठन लेखा याय :



एस्फेद्रेओ समस्या हल कार्बनेट आयनेर प्रकृत गठन की हबे?

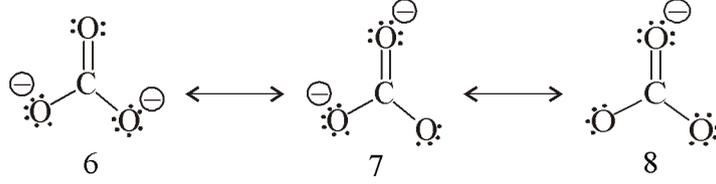
रेजोन्यांस-धारणा अनुसारे एइ धरनेर कोन अणुर प्रकृत गठन बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न गठनगुलिर कोनटिइ नय। अणुटिर प्रकृत गठन हल एइ बिभिन्न गठनगुलिर एकटि हाइब्रिड। बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न एइ बिभिन्न गठनगुलिर प्रकृतपस्फे कोन अस्तित्व नेइ—एइ गठनगुलि काल्पनिक। प्रकृत अणुटिर अवश्याइ एकटि निर्दिष्ट ओ वास्तव गठन आछे। किन्तु एइ प्रकृत गठनके कोन एकटि लुईस-गठन दिये प्रकाश करा संभव हछे ना। ताइ प्रकृत अणुटिके बोबार जन्य कयेकटि काल्पनिक गठनेर साहाय्य नेओया हछे। एइ बिभिन्न काल्पनिक गठनगुलिके रेजोनेटिंग गठन (resonating structure) वा क्यानोनिकल गठन (canonical structure) बला हय एवं प्रकृत अणुके एइ बिभिन्न रेजोनेटिंग गठन वा क्यानोनिकल गठनेर हाइब्रिड हिसेबे प्रकाश करा हय। अर्थां प्रकृत अणु हल एकटि रेजोन्यांस हाइब्रिड (resonance hybrid)। ताहले रेजोन्यांस धारणा हल : यदि कोन अणुर स्फेद्रे एकाधिक गठन लेखा याय यादेर मध्ये परमाणुगुलिर केन्द्रकेर अवस्थानेर कोन पार्थक्य থাকे ना, पार्थक्य থাকे शुधु इलेक्ट्रन-बिन्दासेर तबे सेइ अणुटिर प्रकृत गठन एइ बिभिन्न गठनगुलिर कोनटिइ नय—अणुटिर प्रकृत गठन हल एइ समस्त गठनगुलिर (येगुलि काल्पनिक) एकटि हाइब्रिड।

ताहले रेजोन्यांस-धारणा अनुसारे बेनजिनेर गठन हल निचेर पाँचटि क्यानोनिकल गठनेर एकटि रेजोन्यांस हाइब्रिड :



রেজোন্যান্স বোঝাতে ক্যানোনিকালগুলির মধ্যে দ্বিমুখী তীরচিহ্ন (\longleftrightarrow) ব্যবহার করা হয়।

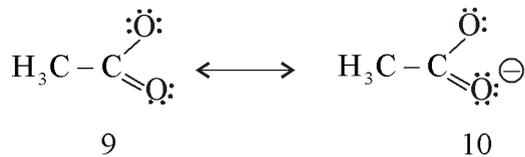
অনুরূপভাবে কার্বনেট আয়নের গঠনও হল নিচের তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনের একটি হাইব্রিড :



এখন এই যে বিভিন্ন ক্যানোনিকাল গঠনের মাধ্যমে অণুটির প্রকৃত গঠন প্রকাশ করা হয় অণুটির সেই প্রকৃত গঠনে কিন্তু বিভিন্ন ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান সবসময় সমান থাকে না। তাই যে যৌগগুলির গঠন রেজোন্যান্স-ধারণা অনুযায়ী অণুটির প্রকৃত গঠন প্রকাশ করার জন্য রেজোন্যান্স একটিমাত্র লুইস-গঠন দিয়ে হাইব্রিডে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কার কতটা অবদান আছে তার উল্লেখ সম্যকভাবে প্রকাশ করা যায় থাকা প্রয়োজন। তাহলে রেজোন্যান্সের সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যেতে পারে :
কোন অণুর প্রকৃত গঠনকে বিভিন্ন রেজোনেটিং গঠন বা ক্যানোনিক্যাল গঠনের ভারযুক্ত গড় হিসেবে প্রকাশ করাকে রেজোন্যান্স বলে।

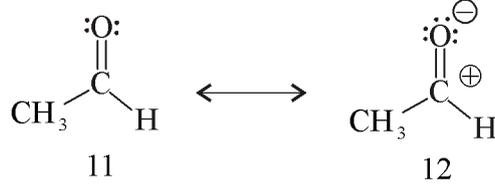
ক্যানোনিকাল গঠন আঁকার সময় পরমাণুর যে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি বন্ধনে আবদ্ধ হয়নি তাদেরও যথাযথভাবে দেখান উচিত। যেমন, কার্বনেট আয়ন ও অ্যাসিটেট আয়নের ক্ষেত্রে দেখান হয়েছে।
 যেমন বেনজিনের পাঁচটি ক্যানোনিকাল গঠনের বা রূপের মধ্যে প্রথম দুটি (কেকুলে গঠন) শেষের থেকে দৃশ্যতঃই আলাদা এবং এদের স্থায়িত্বও (stability) এক নয়। গণনার সাহায্যে দেখা গিয়েছে প্রথম দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের (1 ও 2) অবদান 39% করে এবং শেষ তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনের (3, 4 ও 5) অবদান 7.3% করে। আবার কার্বনেট আয়নের তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনই সমতুল্য। তাই কার্বনেট আয়নের রেজোন্যান্স হাইব্রিডে এই তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনেরই অবদান সমান।

সমতুল্য ও অসমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠনসমূহ : যে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনগুলি সব একই ধরনের হয় তাদের সমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন বলে। কার্বনেট আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি সমতুল্য। আবার অ্যাসিটেট আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনদুটিও সমতুল্য :



সমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন

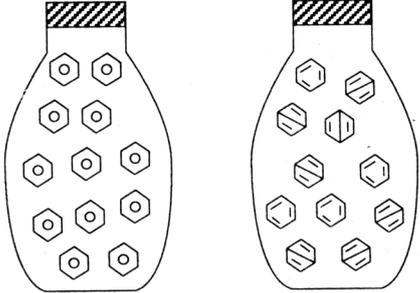
যে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনগুলি সব একই ধরনের হয় না, তাদের অসমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন বলে। নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটি অসমতুল্য :



অসমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন

এখানে একটি কথা আবার বলা প্রয়োজন। কোন যৌগের সকল অণুর গঠনই কিন্তু এক এবং অভিন্ন, কিন্তু সেই গঠনকে আমরা একটি গঠন দিয়ে সুষ্ঠুভাবে প্রকাশ করতে পারছি না বলে বিভিন্ন কাল্পনিক ক্যানোনিকাল গঠনগুলি রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় নাই। গঠনের মাধ্যমে সেই প্রকৃত গঠনকে প্রকাশ করা হচ্ছে। এইরকম নয় যে কিছু সময়ের জন্য যৌগটির গঠন কোন যৌগের মধ্যে এই ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কোন একটি ক্যানোনিক্যাল গঠন হয় এবং কিছু সময় অস্তিত্বই নাই, আবার এই ক্যানোনিকাল গঠনগুলি একে যৌগটির গঠন হয় অপর ক্যানোনিকাল গঠন। এটাও ঠিক নয় যে কিছু অণু থাকে একটি ক্যানোনিকালে আর অপরকিছু অণু থাকে অন্য ক্যানোনিকাল গঠনে।

রেজোন্যান্স-ধারণার সাহায্যে স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনীয়ুক্ত যৌগের স্থিতাবস্থার গঠনকে কয়েকটি স্থানীভূত বন্ধনীয়ুক্ত ক্যানোনিকাল গঠনের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।



বেনজিন : প্রত্যেকটি অণুর গঠনই এক এবং অভিন্ন।

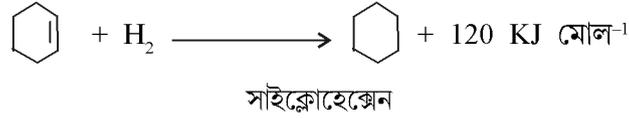
বেনজিন : বেনজিনের মধ্যে এই ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কোন অস্তিত্বই নেই। এগুলি সবই কাল্পনিক।

রেজোন্যান্স হাইব্রিড যে কোন একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে অধিকতর সুস্থিত। অর্থাৎ, প্রকৃত অণুর শক্তি যে কোন লুইস-গঠন (ক্যানোনিকাল গঠন) থেকে কম হয়। তা না হলে প্রকৃত অণুর গঠন কোন লুইস-গঠনই হত। যেসব অণুকে রেজোন্যান্স দিয়ে বর্ণনা করা হয়, বলা হয় যে তাদের গঠন হল রেজোন্যান্স-সুস্থিত (resonance stabilised)।

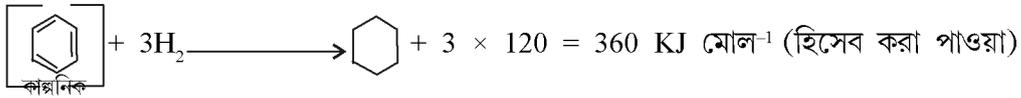
2.2.4 রেজোন্যান্স শক্তি (Resonance energy) :

প্রকৃত অণুর শক্তি ও সর্বাপেক্ষা কম শক্তিসম্পন্ন লুইস-গঠনের (অর্থাৎ, সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠনের) শক্তির যে পার্থক্য সেই শক্তিকে রেজোন্যান্স শক্তি বলা হয়। মনে রাখা দরকার, ক্যানোনিকাল গঠনটির শক্তি পরীক্ষা করে নির্ণয় করা যায় অণুর পরীক্ষালব্ধ শক্তির মানের না, কেননা এটির কোন বাস্তব অস্তিত্ব নেই। এর শক্তি হিসাব করে নেওয়া পার্থক্য রেজোন্যান্স শক্তি হয়। বেনজিনকে উদাহরণ হিসেবে নিয়ে রেজোন্যান্স শক্তি নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি নিচে দেওয়া হল।

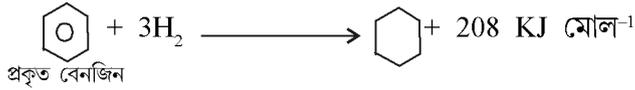
সাইক্লোহেক্সিন ()-কে হাইড্রোজেনেশন করলে 120 KJ মোল⁻¹ শক্তি নির্গত হয় :



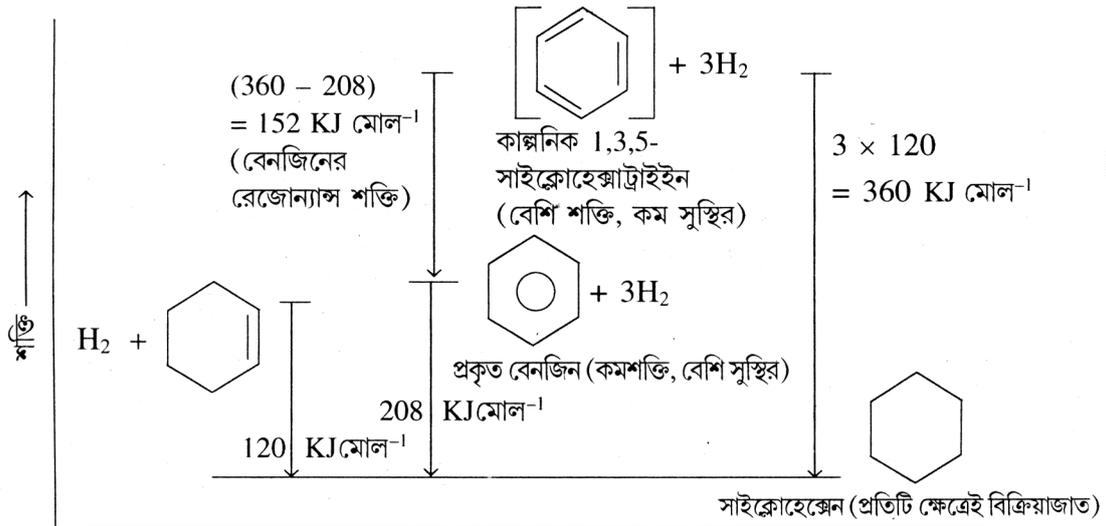
বেনজিনের কেকুলে গঠন হল সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠন। এটি কাল্পনিক 1,3, 5-সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন। তাহলে ধরা যায়, একে হাইড্রোজেনেশন করলে সাইক্লোহেক্সিনের হাইড্রোজেনেশনের নির্গত শক্তি থেকে আনুমানিক তিনগুণ শক্তি নির্গত হবে। অর্থাৎ এটি থেকে 3 × 120 বা 360 KJ মোল⁻¹ শক্তি নির্গত হবে।



এখন প্রকৃত পরীক্ষা থেকে দেখা যায় যে বেনজিনকে হাইড্রোজেনেশন করলে 208 KJ/মোল শক্তি নির্গত হয় :



তাহলে বেনজিনকে হাইড্রোজেনেশন করলে কাল্পনিক 1, 3, 5-সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন থেকে (360-208) বা 152 KJ মোল⁻¹ (36 Kcal/মোল⁻¹) কম শক্তি নির্গত হয়। অর্থাৎ, কাল্পনিক 1, 3, 5-সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন থেকে বেনজিন 152 KJ মোল⁻¹ কম শক্তিসম্পন্ন এবং বেশি সুস্থির। এই 152 KJ মোল⁻¹ শক্তিই বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি। নিচের চিত্রে (চিত্র 2.1) বিষয়টি দেখান হল :



চিত্র 2.1 : বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি নির্ণয়

অনুশীলনী 3

নিচের বক্তব্যগুলি সত্য না মিথ্যা বলুন।

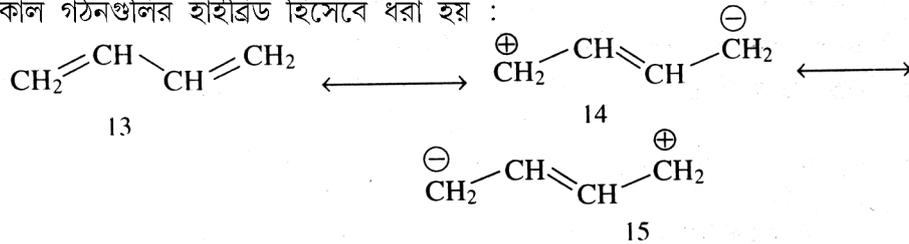
- (i) রেজোন্যান্স হাইব্রিডে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান সবসময়ই সমান।
- (ii) ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কোন অস্তিত্ব নাই।
- (iii) বেনজিনকে সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন বলা যায়।
- (iv) রেজোন্যান্স একটি সুস্থিরতা প্রদানকারী ঘটনা।
- (v) রেজোন্যান্স অণুর স্থিতিবস্থায় কার্যকর থাকে।
- (vi) রেজোন্যান্স হাইব্রিডের প্রকৃত অস্তিত্ব থাকে।
- (vii) রেজোন্যান্স হাইব্রিড থেকে কোন কোন ক্যানোনিকাল অধিকতর সুস্থির হতে পারে।

2.2.5 কোন্ অণুগুলি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত এবং কোন্ অণুগুলিকে রেজোন্যান্স-ধারণার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়?

নিম্নলিখিত গঠনযুক্ত যৌগগুলি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত এবং এই যৌগগুলির গঠনকে রেজোন্যান্সের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় :

(1) দ্বি-বন্ধন এবং /বা ত্রি-বন্ধন ক্রমান্বয়ে উপস্থিত :

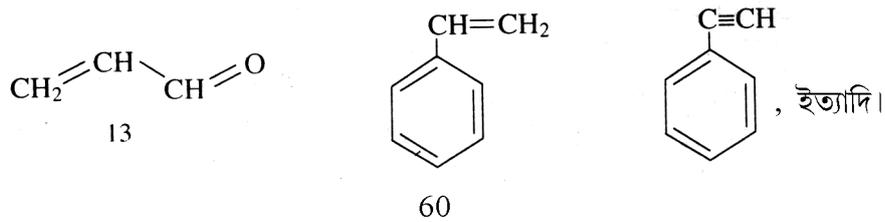
1,3-বিউটাডাইনের গঠনে দুটি দ্বি-বন্ধন ক্রমান্বয়ে উপস্থিত আছে এবং 1,3-বিউটাডাইনকে নিচের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির হাইব্রিড হিসেবে ধরা হয় :



14 ও 15 নং ক্যানোনিকাল গঠনে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়েছে। এই গঠনগুলিকে দ্বি-ধ্রুবীয় বা ডাইপোলার (dipolar) গঠন বলে। 1, 3-বিউটাডাইনে 13নং ক্যানোনিকালের গঠনের অবদান প্রায় সবটাই, 14 ও 15 নং ক্যানোনিকালের গঠনদুটির অবদান খুবই কম।

বেনজিন এই ধরনের অণুর খুব ভাল উদাহরণ। এখানে তিনটি দ্বি-বন্ধন ক্রমান্বয়ে উপস্থিত। বেনজিনকে পাঁচটি ক্যানোনিকালের গঠনের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। (বেনজিনের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির জন্য আগে দেখুন)।

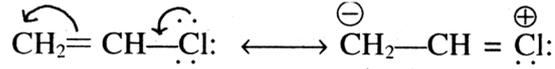
এই ধরনের অপর কয়েকটি যৌগের উদাহরণ হল :



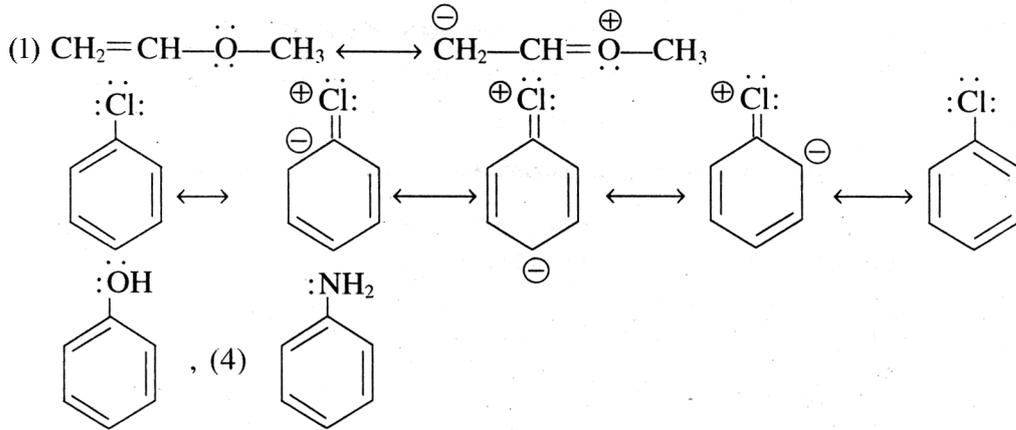
(2) দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে ক্রমাঙ্কিত (Conjugated) :

এই ধরনের অণুতে পাশাপাশি তিনটি পরমাণুতে পরস্পর সমান্তরাল তিনটি p-কক্ষক থাকে এবং এদের মধ্যে পরস্পর অভিলেপন ঘটে। দ্বি-বন্ধন ও ত্রি-বন্ধনের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকে।

(i) 2টি ইলেকট্রন থাকতে পারে। এই ধরনের অণুর উদাহরণ হল ভিনাইল ক্লোরাইড :



অন্য কয়েকটি উদাহরণ হল :



(5) (i) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \overset{\ominus}{\text{C}}\text{H}_2$

(ii) 1টি ইলেকট্রন থাকতে পারে।

উদাহরণ : $\text{CH}_2 = \text{CH} - \dot{\text{C}}\text{H}_2 \leftrightarrow \dot{\text{C}}\text{H}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$

এই ধরনের অবস্থা মুক্তমূলকের ক্ষেত্রেই ঘটতে পারে।

(iii) কোন ইলেকট্রন থাকে না।

উদাহরণ : $\text{CH}_2 = \text{CH} - \overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2 \leftrightarrow \overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$

এই ধরনের অবস্থা ধনাত্মক আয়নের ক্ষেত্রে সৃষ্টি হয়।

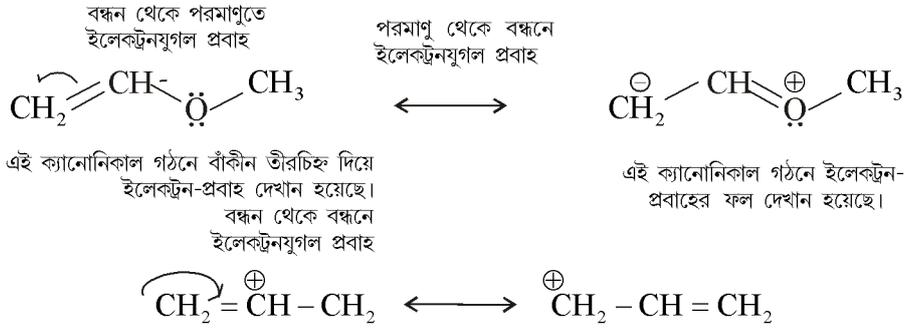
অর্থাৎ, দ্বি-বন্ধন / ত্রি-বন্ধন যদি বন্ধনে না-অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনযুগল, অযুগ্ম ইলেকট্রন বা ফাঁকা কক্ষকের সঙ্গে ক্রমাঙ্কিত হয় তাহলে রেজোন্যান্স সম্ভব হয়।

2.2.6 বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহারের মাধ্যমে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির পারস্পরিক পরিবর্তন :

কোন যৌগের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে পার্থক্য হল ইলেকট্রনবিন্যাসে—ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে পরমাণুগুলির অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে। যোজ্যতা ইলেকট্রনের পুনর্বিন্যাস ঘটিয়ে একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে অপর ক্যানোনিকাল গঠন গড়া যায়। একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠন গড়ার সময় যোজ্যতা-ইলেকট্রনগুলি কীভাবে পুনর্বিন্যস্ত হয় দেখানোর জন্য সাধারণত বাঁকান তীরচিহ্ন

ব্যবহার করা হয়। বাঁকান তীরচিহ্ন দিয়ে ইলেকট্রনযুগলের প্রবাহ দেখান হয়। তীরচিহ্নের লেজ কোথা মনে রাখা দরকার ক্যানোনিকালগুলির থেকে ইলেকট্রন-যুগল যাচ্ছে এবং মাথা কোথায় ইলেকট্রনযুগল যাচ্ছে মধ্যে এইভাবে কোন ইলেকট্রন-প্রবাহ দেখায়। একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠন ঘটে না। বিক্রিয়ার সময় যে গড়তে ইলেকট্রনযুগল প্রবাহিত হতে পারে :
 ইলেকট্রন-প্রবাহ ঘটে তা দেখানোর জন্যই (i) কোন পরমাণু থেকে সন্নিহিত বন্ধনে, বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহার সঙ্গত। কিন্তু (ii) কোন বন্ধন থেকে সন্নিহিত পরমাণুতে, ক্যানোনিকালগুলি গঠন করতে বাঁকান (iii) কোন বন্ধন থেকে সন্নিহিত বন্ধনে, তীরচিহ্ন ব্যবহার করলে যে ক্যানোনিকাল গটনে বাঁকান তীরচিহ্নের মাধ্যমে ইলেকট্রন-প্রবাহ ক্যানোনিকালগুলি আঁকা ও বোঝা দেখান হয় তার পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠনে এই ইলেকট্রন-প্রবাহের ফল দেখান হয়।

নিচে বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহারের মাধ্যমে ক্যানোনিকালের গঠন গড়া দেখান হল :

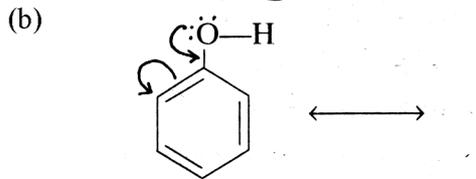
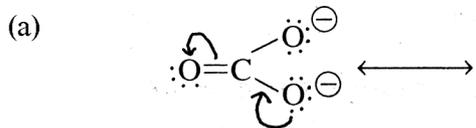


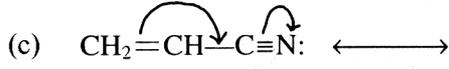
মুক্তমূলকের ক্যানোনিকাল গঠনের ক্ষেত্রে অর্ধতীরচিহ্ন (\curvearrowright) দিয়ে একটি ইলেকট্রনের প্রবাহ দেখান হয় :



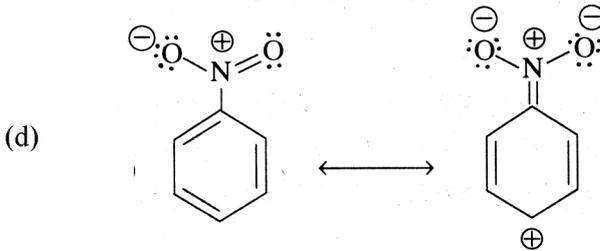
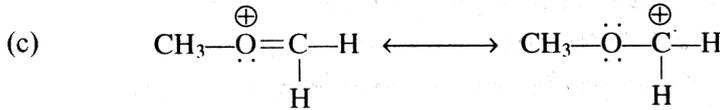
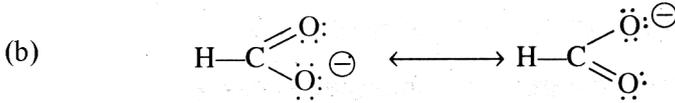
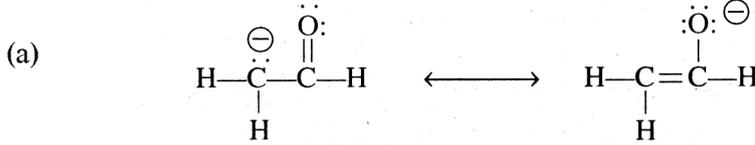
অনুশীলনী 4

(i) নিচের একটি করে ক্যানোনিকাল গঠনে বাঁকান তীরচিহ্ন দিয়ে ইলেকট্রনযুগলের প্রবাহ দেখান হয়েছে। প্রতিটি ক্ষেত্রে পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠন দেখান :





(iii) নিচে দু'টি করে ক্যানোনিকাল গঠন দেখান হল। প্রথম ক্যানোনিকাল গঠনটিতে উপযুক্ত বাঁকান তীরচিহ্ন দিন যাতে দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটি গঠিত হতে পারে :



2.2.7 নির্ভুল ক্যানোনিকাল গঠন লেখার নিয়ম :

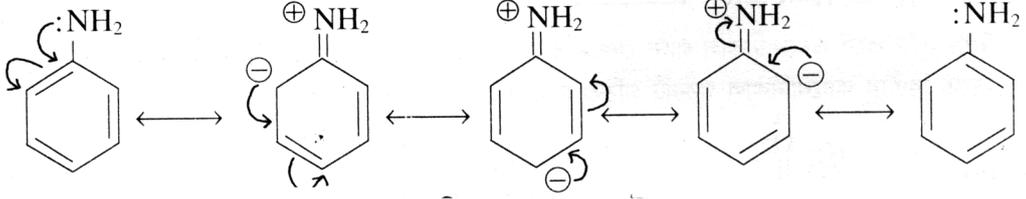
আগেই বলা হয়েছে যে, ক্যানোনিকাল গঠনগুলি কাল্পনিক অর্থাৎ, এদের অস্তিত্ব আছে শুধু আমাদের কল্পনাতে। যৌগের প্রতিটি অণু সবসময়েই একই এবং অভিন্ন গঠনসম্পন্ন এবং এই গঠন হল ক্যানোনিকাল গঠনগুলির ভারযুক্ত গড় গঠন। ক্যানোনিকাল গঠনগুলি লেখার জন্য এবং তাদের থেকে যৌগের প্রকৃত গঠন নির্ণয় করার জন্য কিছু নিয়ম মানা হয়। নিয়মগুলি হল :

(1) প্রত্যেকটি ক্যানোনিকাল গঠনকে অবশ্যই প্রকৃত লুইস-গঠন সম্পন্ন হতে হবে। প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে সঠিক সংখ্যক যোজ্যতা-ইলেকট্রন থাকতে হবে। কোন ক্যানোনিকাল গঠনের দ্বিতীয় পর্যায়ের কোন পরমাণুর যোজ্যতা-কক্ষে সর্বোচ্চ ৪টি এবং তৃতীয় পর্যায়ের কোন পরমাণুর যেমন, ফসফরাসের ও সালফারের যোজ্যতা-কক্ষে 12টি পর্যন্ত ইলেকট্রন থাকতে পারে।

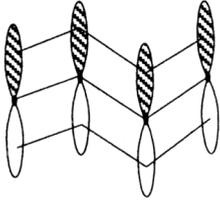
যেমন, এমন কোন গঠন ক্যানোনিকাল গঠন হিসেবে গণ্য হতে পারবে না যেটিতে কোন কার্বনের পাঁচটি বন্ধন থাকে।

(2) প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে কেন্দ্রকগুলির অবস্থান একই থাকতে হবে। অর্থাৎ ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে পার্থক্য থাকবে শুধু যোজ্যতা-ইলেকট্রনগুলির বিন্যাসে। কোন যৌগের একটি ক্যানোনিকাল গঠন লিখে শুধু π -ইলেকট্রন ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনগুলিকে পুনর্বিভ্যস্ত করে অপর ক্যানোনিকাল গঠনগুলি গঠন করা যায়।

যেমন, অ্যানিলিনের ক্ষেত্রে ক্যানোনিকালগুলি হল :



স্পষ্টতঃই বিভিন্ন ক্যানোনিকাল কেন্দ্রগুলির অবস্থান একই আছে, কিন্তু π -ইলেকট্রন ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনের অবস্থান বিভিন্ন। বিভিন্ন ক্যানোনিকালে দ্বি-বন্ধন ও এক-বন্ধনগুলির অবস্থা পৃথক হওয়ায় কেন্দ্রগুলির অবস্থানের যে হেরফের হতে পারে তা ধরা হয় না।

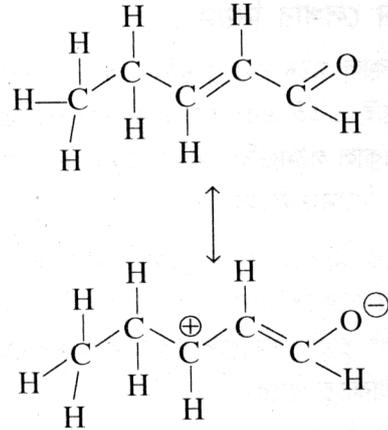


C-পরমাণুগুলি একইতলে অবস্থিত। p-কক্ষকগুলি সমান্তরাল। কার্যকরী অভিলেপন। শক্তিশালী রেজোন্যান্স।

(3) রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলিকে অবশ্যই একই তলে বা প্রায় একই তলে অবস্থান করতে হবে। রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলি একই তলে অবস্থান করলে তাদের উপরে অবস্থিত p-কক্ষকগুলি সমান্তরাল থাকে। ফলে এই p-কক্ষকগুলির কার্যকর পাশাপাশি অভিলেপন ঘটতে পারে। সমান্তরাল p-কক্ষকগুলির মধ্যে অভিলেপন যত বেশি রেজোন্যান্সও তত শক্তিশালী হয়।

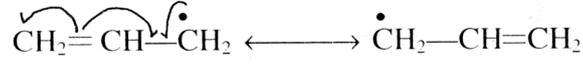
অবশ্য রেজোন্যান্স ঘটার জন্য সমগ্র অণুকেই সমতলিক হতে হবে তা নয়। যে পরমাণুগুলির মধ্যে ইলেকট্রনসমূহ ডিলোকালাইজড হয় সেই পরমাণুগুলিকে সমতলিক হতে হবে। ক্যানোনিকালগুলিতে যে পরমাণুগুলির মধ্যে বন্ধনসমূহ অপরিবর্তিত থাকে তাদের ক্ষেত্রে সমতলিক হওয়ায় শর্ত প্রযোজ্য নয়।

দুটি ক্যানোনিকালে যে পরমাণুগুলির মধ্যে বন্ধনের পার্থক্য ঘটে তারা সমতলিক। অন্য পরমাণুগুলি যাদের মধ্যে দুটি ক্যানোনিকালে বন্ধন একই থাকে সমতলিক নয়।



এখানে মনে রাখা প্রয়োজন, যে যদি কোন কারণে সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলির অবস্থান একই তলে থেকে বিচ্যুত হয় তবে রেজোন্যান্স ব্যাহত হয়। এমনটি ঘটে যখন স্টেরিক কারণে সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলির একই তলে থাকা সম্ভব না হয়। ঘটনাটিকে স্টেরিক কারণে রেজোন্যান্স ব্যাহত হওয়া (steric inhibition of resonance) বলে (পরে দেখুন)।

(4) প্রতিটি ক্যানোনিকালে একই সংখ্যক অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকতে হবে। যেমন, নিচের ক্যানোনিকাল দুটি অ্যলাইল মুক্তমূলকের গ্রহণযোগ্য ক্যানোনিকাল :



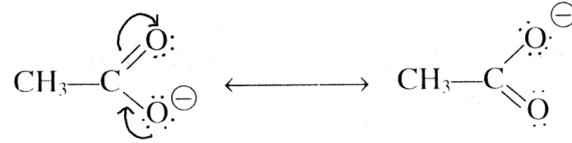
কিন্তু $\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}_2-\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}=\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}_2$ 1, 3-বিউটাডাইইনের গ্রহণযোগ্য ক্যানোনিকাল নয় :



স্পষ্টতই প্রথম ক্যানোনিকালে কোন অযুগ্ম ইলেকট্রন নাই, কিন্তু দ্বিতীয় ক্যানোনিকালটিতে 2টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে।

(5) প্রকৃত অণুর শক্তি যে কোন ক্যানোনিকালের শক্তি থেকে কম হতে হবে।

(6) প্রকৃত অণুতে সবকটি ক্যানোনিকাল গঠনের একই অবদান থাকে না। ক্যানোনিকাল গঠনগুলি শক্তির অনুপাতে প্রকৃত অণুর গঠনে অবদান রাখে। সমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান সমান হয়। যেমন, অ্যাসিটেট আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনদুটি সমতুল্য এবং প্রকৃত অ্যাসিটেট আয়নের গঠনে এদের অবদান সমান :



সমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন। এদের অবদানও সমান।

অন্যান্য সবকিছু সমান থাকলে, কোন যৌগের ক্ষেত্রে যতবেশি সংখ্যক অর্থবহ ক্যানোনিকাল গঠন আঁকা যায় এবং তারা গঠনের দিক দিয়ে যত নিকটবর্তী হয়, রেজোন্যান্স শক্তিও তত বেশি হয় এবং যৌগটিও তত বেশি রেজোন্যান্স সুস্থিত হয়।

2.2.8 সমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স ও আইসোভ্যালেন্ট ও অসমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স বা হেটেরোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স (Isovalent resonance and heterovalent resonance) :

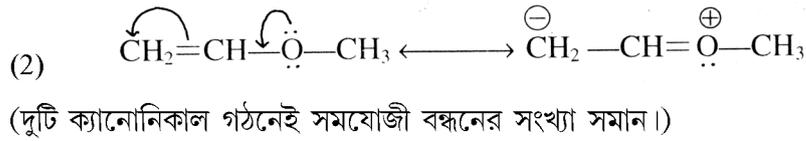
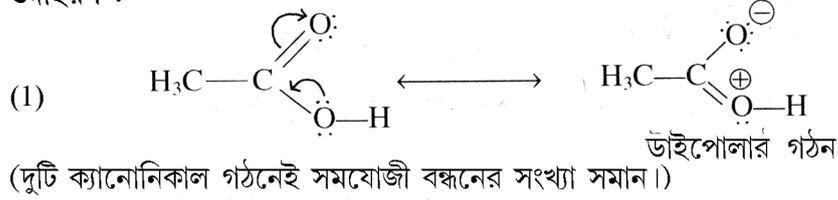
অনেকসময় কোন অণু বা আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে। যেমন, অ্যাসিটেট আয়নের দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান :



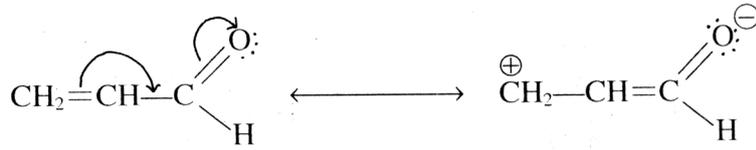
এইধরনের রেজোন্যান্স, যেখানে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে, তাকে সমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স বা আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স (Isovalent resonance) বলে। অ্যাসিটেট আয়ন ছাড়া অন্য অণু ও আয়নের ক্ষেত্রেও যেমন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (যথা, অ্যাসিটিক অ্যাসিড), মিথাইল

ভিনাইল ইথার, ভিনাইল ফ্লুরাইড, কার্বনেট আয়ন ইত্যাদির ক্ষেত্রে এই ধরনের রেজোন্যান্স দেখা যায়।

উদাহরণ :

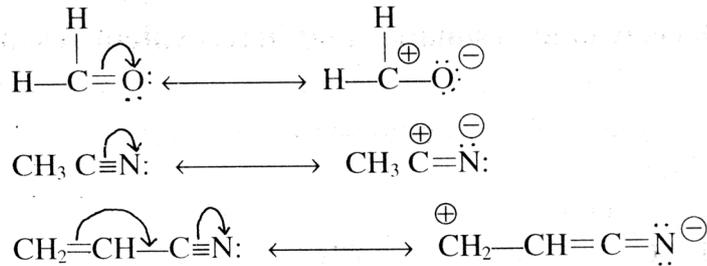


আবার এমন ঘটতে পারে যে, কোন যৌগের বিভিন্ন ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে না। যেমন, প্রপিন্যালের ক্যানোনিকাল গঠনদুটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা আলাদা :



যে ক্ষেত্রে কোন যৌগের ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা আলাদা হয়, সেই রেজোন্যান্সকে বলে **অসমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স** বা **হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স (heterovalent resonance)**।

হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্সের অন্য উদাহরণ :

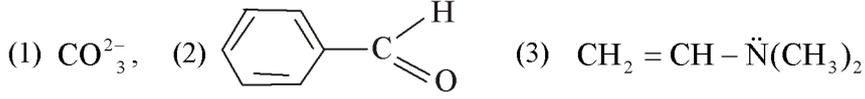


(প্রতিটি ক্ষেত্রেই ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা আলাদা।)

আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স থেকে অনেক বেশি গুরুত্বপূর্ণ। কারণ, হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে যে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা কম থাকে, সেগুলির স্থায়িত্ব (stability) বেশ কম হয় এবং প্রকৃত হাইব্রিডে তাদের অবদানও বেশ কম থাকে।

অনুশীলনী 5

নিচের যৌগগুলির প্রতিটির ক্যানোনিকাল গঠনগুলি আঁকুন এবং কোনক্ষেত্রে আইসোভ্যালেন্ট এবং কোনক্ষেত্রে হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে বলুন :



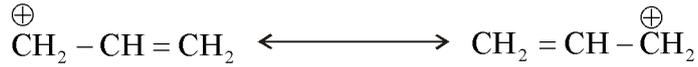
2.2.9 ক্যানোনিকাল গঠনগুলির তুলনামূলক গুরুত্ব নির্ণয় :

ক্যানোনিকাল গঠনগুলির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের জন্য কাঙ্ক্ষনিক গঠনগুলিকে সত্যকার পৃথক অণু ধরে নিয়ে তাদের আপেক্ষিক স্থায়িত্ব নির্ণয় করা হয়। সবথেকে সুস্থিত গঠনগুলির গুরুত্বও সবথেকে বেশি। সুস্থিতি নির্ণয়ের জন্য নিচের নির্দেশগুলি মেনে চলা যায় :

(1) সমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠনগুলি সমান গুরুত্বসম্পন্ন এবং তাদের অবদানও সমান।

সমশক্তিসম্পন্ন সমতুল্য
ক্যানোনিকাল গঠনগুলি
হাইব্রিডকে সবিশেষ স্থায়িত্ব
প্রদান করে।

উদাহরণ : অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়নের ক্যানোনিকাল দুটি সমতুল্য :

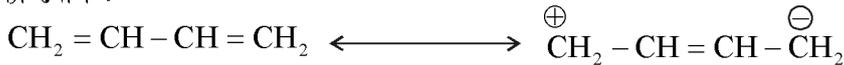


এরা সমান শক্তিসম্পন্ন। তাই এরা সমান গুরুত্বপূর্ণ এবং আয়নটির গঠনে এদের অবদানও সমান।

(2) (a) অধিক সংখ্যক সমযোজী বন্ধনযুক্ত ক্যানোনিকাল গঠনের গুরুত্ব বেশি।

যে ক্যানোনিকাল গঠনে সমযোজী বন্ধনসংখ্যা বেশি সেই গঠন বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন, তাই রেজোন্যান্স হাইব্রিডে এর অবদানও অধিক।

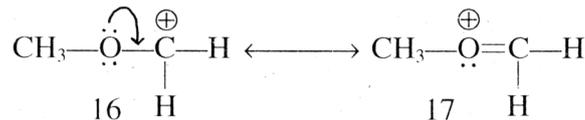
উদাহরণ : 1, 3-বিউটাডাইইন-এর নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটির মধ্যে প্রথমটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা বেশি :



তাই প্রথম ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান অনেক বেশি।

(b) যে ক্যানোনিকাল গঠনে সব পরমাণুরই যোজ্যতাকক্ষ পূর্ণ (অষ্টম পূর্তি ঘটে) তার অবদান একটি বা দুটি অপূর্ণ যোজ্যতাকক্ষ আছে এমন ক্যানোনিকাল গঠনের অবদান থেকে বেশি।

উদাহরণ : নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটির

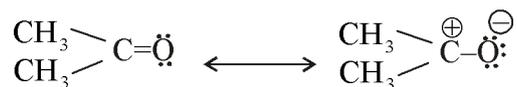


প্রথমটিতে কার্বনের যোজ্যতাকক্ষে ছয়টি ইলেকট্রন আছে, কিন্তু দ্বিতীয়টিতে কার্বন এবং অক্সিজেন উভয়েরই

যোজ্যতাকক্ষ পূর্ণ। তাই রেজোন্যান্স হাইব্রিডে দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান বেশি। দ্বিতীয় ক্যানোনিকালটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যাও বেশি। [নিচের (d)-এর আলোচনাও দেখুন]।

(c) যে ক্যানোনিকাল গঠনে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটে তার অবদান যে ক্যানোনিকাল গঠনে তা ঘটে না তার থেকে কম।

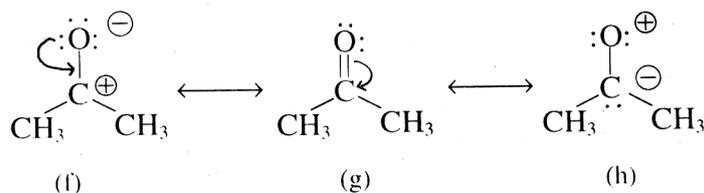
উদাহরণ : প্রপানোন-এর দুটি ক্যানোনিকাল গঠন হল :



দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটেছে। বিপরীত আধানের পৃথকীকরণের জন্য শক্তি প্রয়োজন। তাই দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটি কম স্থায়িত্বসম্পন্ন এবং কম গুরুত্বপূর্ণ। দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটি কমসংখ্যক সমযোজী বন্ধনযুক্তও বটে। তাই দুটি কারণে দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটির রেজোন্যান্স হাইব্রিডে অবদান গৌণ।

(d) যে ক্যানোনিকাল গঠনে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধান থাকে তার অবদান কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধানযুক্ত ক্যানোনিকাল গঠন থেকে বেশি। অনুরূপভাবে, যে ক্যানোনিকাল গঠনে ধনাত্মক আধান কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে (অর্থাৎ, অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক পরমাণুতে) থাকে তার অবদান ধনাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক (অর্থাৎ কম তড়িৎ-ধনাত্মক) পরমাণুতে আছে এমন ক্যানোনিকাল গঠনের থেকে বেশি।

উদাহরণ : প্রপানোন-এর উদাহরণ নিয়েই বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যায়। প্রপানোন-এর তিনটি ক্যানোনিকাল গঠন হল :



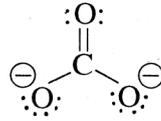
রেজোন্যান্স হাইব্রিডে ক্যানোনিকাল গঠনদ্বয় (f) এবং (h)-এর অবদান গৌণ কারণ দুটির ক্ষেত্রে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটেছে। (f) ও (h)—এই দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের মধ্যে আবার (f)-এর অবদান (h)-এর থেকে অনেক বেশি, কারণ (f)-এ ঋণাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে (O-এ) এবং ধনাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ধনাত্মক পরমাণুতে (C-এ) আছে। (h)-এর অবদান খুবই নগণ্য কারণ এখানে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ তো ঘটেইছে, উপরন্তু এখানে ধনাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে (O-এ) এবং ঋণাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ধনাত্মক পরমাণুতে (C-এ) আছে। (h)-এর মত গঠনাকৃতি যুক্ত ক্যানোনিকাল গঠন রেজোন্যান্স হাইব্রিডে অর্থাৎ অবদান আছে এমন ক্যানোনিকাল গঠন হিসেবে খুবই কম আঁকা হয়।

এখানে একটি কথা মনে রাখা দরকার। শুধু একটি বৈশিষ্ট্য থেকেই কোন ক্যানোনিকাল গঠনের স্থায়িত্ব ও অবদান সম্পর্কে সবসময় সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় না। (b)-এ দেখানো ক্যানোনিকাল গঠন দুটি 16 ও 17 মধ্যে 17-তে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু অক্সিজেন ধনাত্মক আধান থাকা সত্ত্বেও এটি অধিকতর স্থায়িত্ব ও অবদানসম্পন্ন ক্যানোনিকাল গঠন। কারণ এই গঠনে পরমাণুগুলির অষ্টকপূর্তি ঘটেছে (হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে যোজ্যতাকক্ষে 2টি ইলেকট্রন) এবং এই গঠনে বন্ধনের সংখ্যাও বেশি। তাই কোন ক্যানোনিকাল গঠনের স্থায়িত্ব তথা অবদান সম্বন্ধে সিদ্ধান্ত বেশ ভেবেচিন্তে নেওয়া উচিত।

2.2.10 রেজোন্যান্স ও বন্ধন-দূরত্ব :

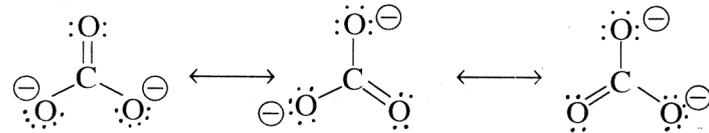
আগেই বলা হয়েছে যে, যেসব যৌগের ক্ষেত্রে একাধিক লুইস-গঠন লেখা যায় রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে তাদের প্রকৃত গঠন প্রকাশ করা হয়। যে কোন একটি লুইস-গঠন যৌগটির ধর্মাবলী ব্যাখ্যা করতে পারে না। ক্যানোনিকাল গঠনগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড হিসেবে যৌগটির ধর্মাবলী ব্যাখ্যা করা হয়। এখানে রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে বিভিন্ন বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মান কীভাবে ব্যাখ্যা করা যায় উদাহরণসহ আলোচনা করা হল।

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, কার্বনের (CO_3^{2-}) আয়নের তিনটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের দূরত্বই সমান এবং এই দূরত্বের মান কার্বন-অক্সিজেন দ্বি-বন্ধন ($\text{C}=\text{O}$) ও কার্বন-অক্সিজেন একবন্ধন ($\text{C}-\text{O}$) দৈর্ঘ্যের মানের অন্তর্বর্তী। CO_3^{2-} আয়নের একটি লুইস-গঠন যেমন,



দিয়ে এই তথ্য ব্যাখ্যা করা যায় না। এই গঠন অনুসারে একটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনে (উপরের) দৈর্ঘ্যের মান কার্বন-অক্সিজেন-দ্বি-বন্ধন দৈর্ঘ্যের মানের সমান এবং অপর দুটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনে দৈর্ঘ্যের মান কার্বন-অক্সিজেন এক-বন্ধন দৈর্ঘ্যের মানের সমান হয়।

রেজোন্যান্স তত্ত্ব অনুসারে কার্বনেট আয়ন তিনটি সমতুল্য লুইস-গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড :



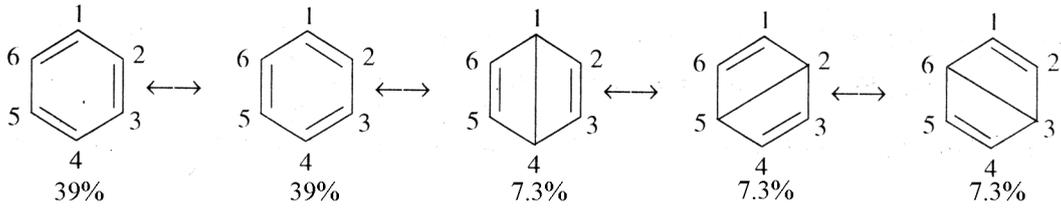
উপরে অবস্থিত কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনটি ধরলে দেখা যায় প্রথম গঠনে এই বন্ধনটি দ্বি-বন্ধন এবং দ্বিতীয় ও তৃতীয় গঠনে এই বন্ধনটি এক-বন্ধন। CO_3^{2-} আয়নকে এই তিনটি গঠনের হাইব্রিড হিসেবে ধরলে স্পষ্টতই বোঝা যায় যে, এই কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র আছে। অপর দুটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন সম্পর্কেও একই কথা প্রযোজ্য। অর্থাৎ, আয়নের CO_3^{2-} আয়নের তিনটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনই সমতুল্য (মনে রাখতে হবে CO_3^{2-} আয়নের তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনই সমতুল্য) এবং এদের মধ্যে আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্র আছে। সুতরাং রেজোন্যান্স তত্ত্ব অনুসারে তিনটি

কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মান একই হবে এবং এই মান হবে কার্বন-অক্সিজেন এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দৈর্ঘ্যের মানের অন্তর্বর্তী। প্রকৃত পরীক্ষা থেকে দেখা যায়, আয়নের তিনটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মানই 128 পিকোমিটার। এই বন্ধন-দূরত্ব কার্বন-অক্সিজেন একবন্ধন দূরত্ব (143 পিকোমিটার) এবং কার্বন-অক্সিজেন দ্বি-বন্ধন দূরত্বের (120 পিকোমিটার) অন্তর্বর্তী।

বন্ধন-ক্রম (Bond order) : যোজ্যতা-বন্ধন তত্ত্ব অনুসারে কোন অণুর কোন একটি নির্দিষ্ট বন্ধনের বন্ধন-ক্রম হল—
 যে সব ক্যানোনিকাল গঠনে বন্ধনটি দ্বি-বন্ধন সেইসব ক্যানোনিকাল গঠনগুলির

ভারসমূহের যোগফল +1 (প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে উপস্থিত এক-বন্ধনের জন্য)।

বেঞ্জিনের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি এবং রেজোন্যান্স হাইব্রিডে তাদের অবদান নিচে দেখান হল :

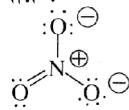


C_1-C_2 বন্ধনের বন্ধন-ক্রম = $(0 + 0.39 + 0 + 0 + 0.073) + 1$ (প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে উপস্থিত এক-বন্ধনের জন্য) = 1.463

[প্রথম, তৃতীয় ও চতুর্থ গঠনে দ্বি-বন্ধন নাই। দ্বিতীয়টিতে দ্বি-বন্ধন আছে। দ্বিতীয়টির অবদান 39%। তাই 0.39 (1-এর মধ্যে) যোগ হল। অনুরূপভাবে পঞ্চমটির জন্য 0.073 যোগ হল। অনুরূপভাবে দেখা যায় অপর পাঁচটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রমও হল 1.463। অর্থাৎ বেঞ্জিনের সবগুলি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রমই সমান এবং এই মান $C=C$ ও $C-C$ -এর মাঝামাঝি (অর্থাৎ 1.5) নয়, এর থেকে কিছুটা কম। প্রকৃত পরীক্ষা থেকে দেখা যায় বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধন-দূরত্বের মান সমান এবং এই মান হল 139.7 পিকোমিটার।

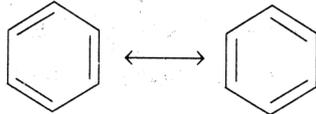
অনুশীলনী 6

(i) নাইট্রেট আয়নের গঠন নিচের মত করে লেখা যায় :



কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে জানা যায় যে তিনটি নাইট্রোজেন-অক্সিজেন বন্ধনই সমতুল্য এবং এদের বন্ধন-দূরত্ব নাইট্রোজেন-অক্সিজেন এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দূরত্বের অন্তর্বর্তী। রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে এটা কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

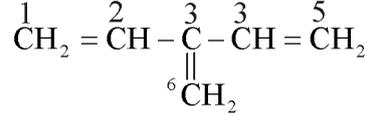
(ii) ধরুন বেঞ্জিন নিচে দেখান দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড



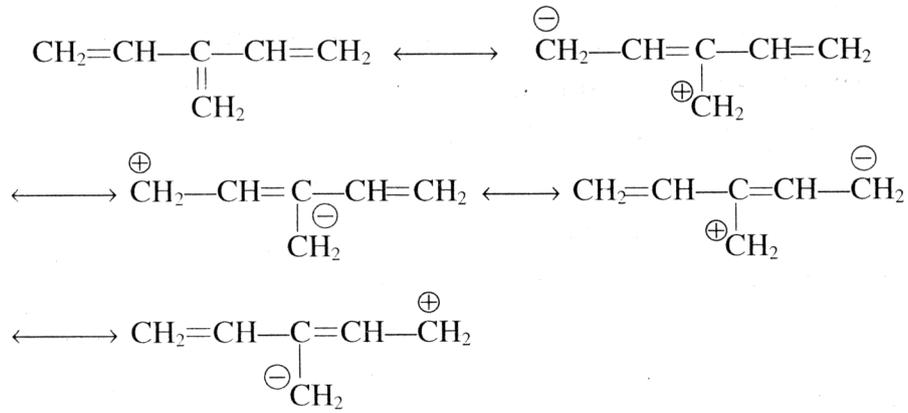
তাহলে বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম কি একই হবে? কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম নির্ণয় করুন।

2.2.11 সঙ্কর ক্রমায়ন (Cross Conjugation)

সঙ্কর ক্রমায়নী যৌগ তিনটি কার্যকরী মূলক থাকে যাদের মধ্যে দুটি পরস্পরের সঙ্গে ক্রমায়নী নয়, কিন্তু এদের উভয়েই পৃথকভাবে তৃতীয় কার্যকরী মূলকের সঙ্গে ক্রমায়নী। নিচের উদাহরণটি লক্ষ্য করুন।



এই যৌগটিতে $\text{C}_1 = \text{C}_2$ দ্বি-বন্ধন ও $\text{C}_4 = \text{C}_5$ দ্বি-বন্ধন নিজেরা ক্রমায়নী নয়, কিন্তু উভয়েই $\text{C}_3 = \text{C}_6$ দ্বি-বন্ধনের সঙ্গে ক্রমায়নী। এই যৌগটি নিচের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড :

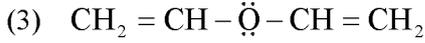
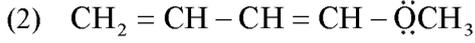
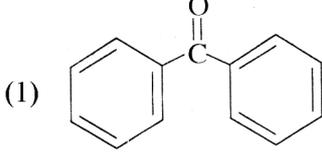


ক্যানোনিকাল গঠনগুলি থেকে স্পষ্ট বোঝা যায় যে, এক্ষেত্রে $\text{C}_1 - \text{C}_2$, $\text{C}_3 - \text{C}_6$, $\text{C}_4 - \text{C}_5$ বন্ধনগুলির বন্ধন-দূরত্ব সমান নয়, যদিও তিনটিতেই আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্র বর্তমান। $\text{C}_1 - \text{C}_2$, $\text{C}_4 - \text{C}_5$ বন্ধন-দূরত্ব দুটির মান সমান (উভয়ের ক্ষেত্রেই তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনে দ্বি-বন্ধন এবং দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে এক-বন্ধন আছে) এদের বন্ধন-দূরত্বের মান $\text{C}_3 - \text{C}_6$ বন্ধন-দূরত্বের মান থেকে কম (একটি ক্যানোনিকাল গঠনে দ্বি-বন্ধন এবং চারটি ক্যানোনিকাল গঠনে এক-বন্ধন আছে)। 1, 3-বিউটাডাইইন একটি ক্রমায়নী যৌগ। এর সঙ্গে তুলনা করলেই ক্রমায়নী ও সঙ্কর ক্রমায়নী যৌগের পার্থক্য বোঝা যায়।

1, 3-বিউটাডাইইনের ($\overset{1}{\text{CH}_2} = \overset{2}{\text{CH}} - \overset{3}{\text{CH}} = \overset{4}{\text{CH}_2}$) এবং $\text{C}_1 - \text{C}_2$ এবং $\text{C}_3 - \text{C}_4$ বন্ধনদুটি সমান আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্রবিশিষ্ট। কিন্তু আমাদের যৌগটির $\text{C}_1 - \text{C}_2$ (বা $\text{C}_4 - \text{C}_5$) বন্ধনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র 1, 3-বিউটাডাইইনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র থেকে বেশি এবং $\text{C}_3 - \text{C}_6$ বন্ধনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র 1, 3-বিউটাডাইইনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র থেকে কম। উভয়ের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি পর্যালোচনা করলে এই সিদ্ধান্তে সহজেই আসা যায়। সঙ্কর ক্রমায়নী যৌগগুলি সম্পর্কে সঠিক ধারণা গড়ে উঠলে এদের ধর্ম (বর্ণালী-বিষয়ক ধর্মসহ) বোঝা সহজ হয়।

অনুশীলনী 7

(i) নিচের যৌগগুলি সঙ্কর ক্রমাঙ্কন যৌগ কি না কারণসহ বলুন :

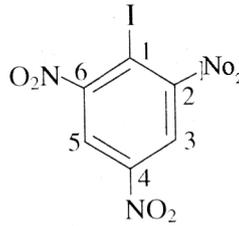


(iii) CO_3^{2-} আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি আঁকুন এবং ব্যাখ্যা করুন কেন কার্বনেট আয়নের তিনটি C-O বন্ধন-দূরত্বের মানই সমান (129 পিকোমিটার)।

2.2.12 স্টেরিক কারণে বা ত্রিমাত্রিক শূন্যে অবস্থানগত কারণে সংস্পন্দনের (বা রেজোন্যান্সের অবদমন (Steric Inhibition of Resonance)) :

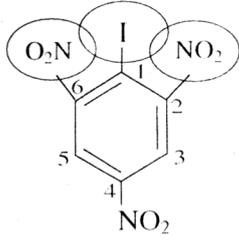
রেজোন্যান্সের একটি অবশ্য পালনীয় শর্ত হল এই যে স্থান-অতিক্রান্ত (delocalised) ইলেকট্রন দিয়ে বেষ্টিত পরমাণুগুলিকে একই সমতলে বা প্রায় একই সমতলে থাকতে হবে। সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলি একই সমতলে থাকলেই তাদের p-কক্ষকগুলি পরস্পর সমান্তরাল থাকতে পারে এবং এই p-কক্ষকগুলির মধ্যে কার্যকর পাশাপাশি অভিলেপন ঘটতে পারে। কোন কারণে p-কক্ষকগুলির সমান্তরাল থাকা ব্যাহত হলে অভিলেপনও ব্যাহত হয়। দুটি p-কক্ষক পরস্পর সমকোণে থাকলে তাদের মধ্যে অভিলেপন ঘটতে পারে না। ফলে রেজোন্যান্স অবদমিত হয়। এখন স্টেরিক কারণে অর্থাৎ, বড় আকারের প্রতিবেশী পরমাণুগুলির ত্রিমাত্রিক শূন্যে ভীড় করে থাকার ফলে যদি সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলি সমতলে থাকা থেকে বিচ্যুত হয় তাহলে রেজোন্যান্স অবদমিত হয়। রেজোন্যান্সের এই অবদমনকে স্টেরিক কারণে বা ত্রিমাত্রিক শূন্যে অবস্থানগত কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন বলা হয়। বৃহৎ আকারযুক্ত পরমাণুগুলির পাশাপাশি অবস্থানের জন্য সাধারণত বলয়াকার যৌগে এই ঘটনা ঘটে।

একটি উদাহরণ নেওয়া যাক। পিকরিল আয়োডাইডের (2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোআয়োডোবেনজিনের) গঠন নিচে দেখান হল।



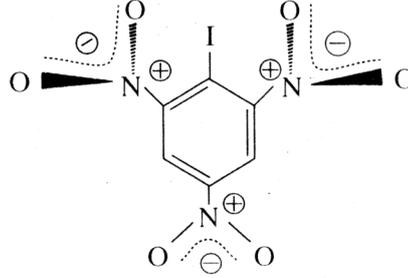
পিকরিল আয়োডাইড

বৃহৎ আকারের আয়োডিন পরমাণু 2 ও 6 অবস্থানের বৃহৎ আকারের নাইট্রো-মূলক দুটির মাঝের কার্বন পরমাণুতে (1 নং C) যুক্ত আছে। ফলে 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের অক্সিজেন পরমাণুগুলির

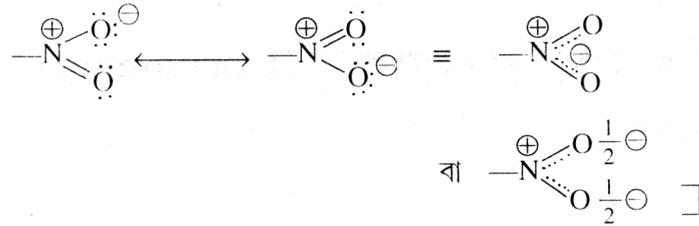


2 ও 6 অবস্থানের NO₂-মূলক বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকতে পারে না।

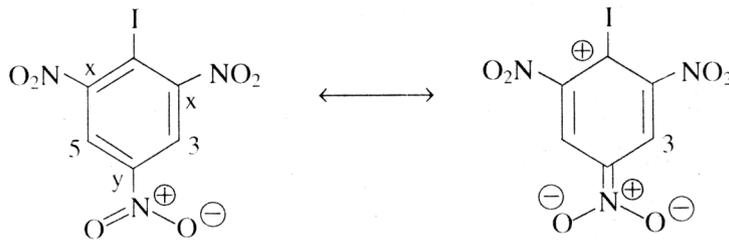
বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকার জন্য স্থানের সংকুলান হয় না। এইজন্য 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের অক্সিজেন পরমাণুগুলি আর বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকতে পারে না। অর্থাৎ স্টেরিক কারণে তারা সমতলের বাইরে থাকতে বাধ্য হয়।



[চিহ্ন দিয়ে কাগজের তলের পিছনে এবং \blacktriangle চিহ্ন দিয়ে কাজের তলের উপরে বোঝান হয়েছে। -NO₂ মূলকের রেজোন্যান্স হাইব্রিড গঠন দেওয়া হয়েছে :



অক্সিজেন পরমাণুগুলি একই সমতলে না থাকার জন্য 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্যান্স ঘটে না। কিন্তু 4-অবস্থানের নাইট্রো-মূলক এরকম কোন বাধার সম্মুখীন হয় না। তাই এই নাইট্রো-মূলকের অক্সিজেন পরমাণুদুটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকে। ফলে 4-অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্যান্স ঘটে :



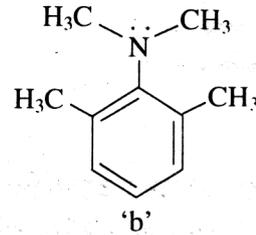
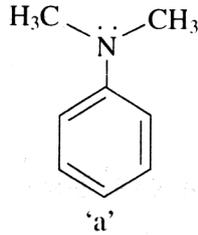
এই ঘটনার প্রতিফলন বন্ধন-দূরত্বে পাওয়া যায়। পরিমাপ করে দেখা যায় যে, x-চিহ্নিত C-N বন্ধন-দূরত্ব 145 পিকোমিটার, কিন্তু y-চিহ্নিত C-N বন্ধন-দূরত্ব 135 পিকোমিটার। 4-অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্যান্সের ফলে (উপরের রেজোন্যান্স গঠন দেখুন)। y-চিহ্নিত C-N বন্ধনে আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্র দেখা যায়, ফলে এই C-N বন্ধন-দূরত্বের মান কম হয়।

যে সব যৌগে স্টেরিক কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন ঘটে তাদের অনেক ধর্মে যেমন, অম্ল/ক্ষার ধর্মে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এর প্রভাব পড়ে।

অনুশীলনী ৪

(i) পিকরিল আয়োডাইডের ২ ও ৬ অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের নাইট্রোজেন পরমাণুদুটি কি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকে? এই নাইট্রো-মূলক দুটির অক্সিজেন পরমাণুগুলি কি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে অবস্থান করে?

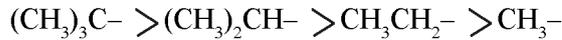
(ii) নিচে দুটি যৌগ দেওয়া হল :



দুটি যৌগের প্যারা অবস্থান (যথাক্রমে 'a' ও 'b') π -ইলেকট্রন-ঘনত্ব কি একই হবে? যুক্তিসহ বলুন।

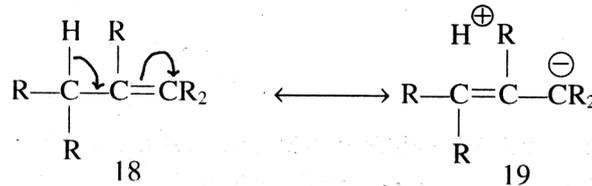
2.3 অধিক্রমাঙ্ঘ বা হাইপারকনজুগেশন (Hyperconjugation)

আবেশীয় ক্রিয়ার অ্যালকিল মূলকগুলির ইলেকট্রন মোচনের ক্রম হল :



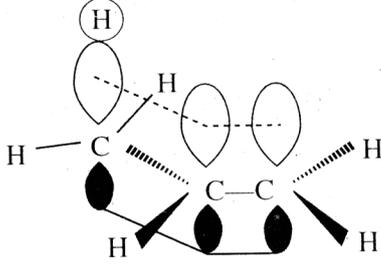
কিন্তু অ্যালকিল মূলকগুলি কোন অসম্পৃক্তির সঙ্গে যেমন, কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের ($\text{C} = \text{C}$) সঙ্গে বা বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত থাকলে অনেক সময় ইলেকট্রন মোচনের এই ক্রম একেবারে বিপরীত হয়ে যায় অর্থাৎ, CH_3 -মূলকের ইলেকট্রন মোচনের ক্ষমতা সবথেকে বেশি হয় এবং $(\text{CH}_3)_3\text{C}$ -মূলকের এই ক্ষমতা সবথেকে কম হয়। এইসব ক্ষেত্রে আবেশীয় ক্রিয়ার কৌশল থেকে ভিন্ন কৌশলে অ্যালকিল মূলকগুলি ইলেকট্রন মোচন করে। ইলেকট্রন মোচনের এই কৌশল ব্যাখ্যা করার জন্য অধিক্রমাঙ্ঘ বা হাইপার-কনজুগেশনের ধারণার অবতারণা করা হয়। ধারণাটি এইরূপ :

কোন অণুতে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত কোন কার্বন পরমাণু যদি কোন অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে সেক্ষেত্রে নিচে দেখানো ক্যানোনিকাল গঠনের (19) মত ক্যানোনিকাল গঠন আঁকা যায় :



লক্ষ্য করুন, এই ক্যানোনিকাল গঠনটি (19)-তে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে আদৌ কোন বন্ধন নাই। এই ঘটনাকে বন্ধনহীন রেজোন্যান্স (nobond resonance) বা অধিক্রমাঙ্ঘ (বা হাইপারকনজুগেশন) বলা

হয়। হাইপারকনজুগেশন বেকার-নাথান ক্রিয়া (Baker-Nathan effect) নামেও পরিচিত (বেকার ও নাথান প্রথম এই ব্যাখ্যা দেন)।

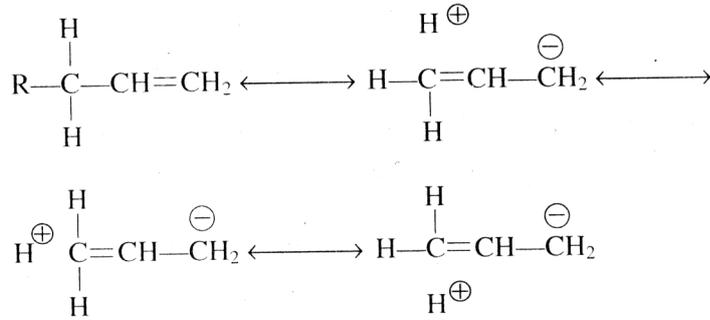


আপনি আগে রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে $\pi-\pi$ ক্রমাঙ্কনের সঙ্গে পরিচিত হয়েছেন। এখানে C-H বন্ধনের σ -ইলেকট্রনের সঙ্গে C=C বন্ধনের π -ইলেকট্রনের ক্রমাঙ্কন ঘটে। একে বলা হয় $\sigma-\pi$ ক্রমাঙ্কন।

প্রোপিন : C-H বন্ধনের σ -কক্ষকের সঙ্গে পাশের p-কক্ষকের অভিলেপন।

হাইপার-কনজুগেশনের কক্ষক চিত্র।

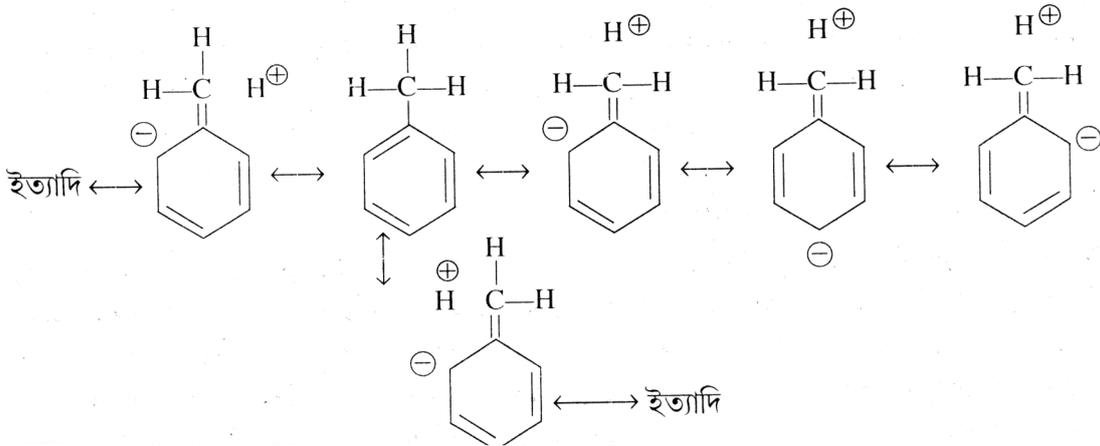
উদাহরণ : (1) প্রোপিন অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত কার্বনে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত আছে। তাই প্রোপিনের ক্ষেত্রে মুখ্য গঠন ছাড়া আরও তিনটি অধিক্রমাঙ্কন বা হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা হয় :

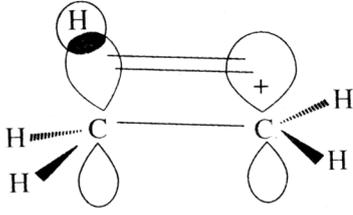


অর্থাৎ, প্রোপিন এই চারটি গঠনের হাইব্রিড। অসম্পৃক্তির সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলিতে মোট হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর হাইপারকনজুগেশন গঠনের মোট সংখ্যা নির্ভর করে।

যেমন, $\text{H}_3\text{CCH}=\text{CHCH}_3$ -এর ক্ষেত্রে মুখ্য গঠনটি ছাড়া আরও ছয়টি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়।

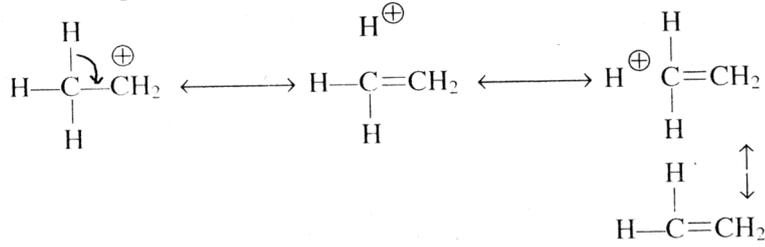
(2) টলুইনের ক্ষেত্রে নিচের হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি আঁকা যায় :



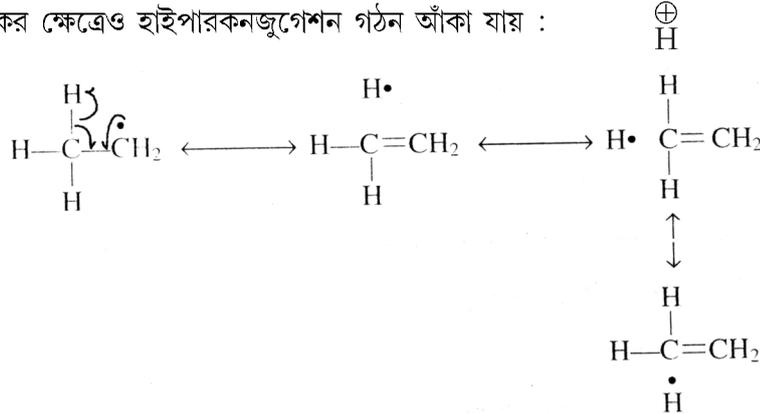


কার্বোক্যাটায়নে হাইপারকনজুগেশন—কক্ষক
চিত্র : কার্বন-হাইড্রোজেন বন্ধন কক্ষকের সঙ্গে
কার্বো-ক্যাটায়নের ফাঁকা p-কক্ষকের অভিলেপন

যে সব কার্বোক্যাটায়নে (কার্বনযুক্ত যে আয়নে কার্বনের
উপর ধনাত্মক আধান থাকে তাকে কার্বোক্যাটায়ন বলে—পরে
দেখুন) ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুতে
হাইড্রোজেন যুক্ত থাকে তাদের ক্ষেত্রেও অধিক্রমায়িত বা
হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। যেমন, -এর



মুক্তমূলকের ক্ষেত্রেও হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা যায় :



হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলিতে প্রকৃতপক্ষে প্রোটন বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় না। প্রোটন বিচ্ছিন্ন হলে রেজোন্যান্সের
মূল শর্তই অর্থাৎ কেন্দ্রকগুলির অবস্থান অপরিবর্তিত থাকতে হবে বিঘ্নিত হয়। হাইপার-কনজুগেশনের ফলে
C-H বন্ধনের ইলেকট্রনযুগল কার্বনের দিকে কিছুটা সরে থাকে। হাইপারকনজুগেশনও ইলেকট্রনের
স্থান-অতিক্রান্ত (ডিলোকালাইজেশন) হওয়ার ঘটনা এবং এটিও রেজোন্যান্সের মতই অণুকে স্থায়িত্ব প্রদান
করে। কোন অণু, কার্বোক্যাটায়ন বা মুক্ত মূলকের ক্ষেত্রে যত বেশি অর্থবহ হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা
যায়, এগুলি তত বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন হয়।

হাইপারকনজুগেশনে অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার
উপর ইলেকট্রন মোচন নির্ভর করে। হাইড্রোজেনের সংখ্যা বেশি হলে হাইপারকনজুগেশন গঠনও বেশি হয়
এবং ইলেকট্রন মোচনও বেশি করে ঘটে। CH₃-মূলকে তিনটি H-পরমাণু আছে, তাই CH₃-মূলকযুক্ত অসম্পৃক্ত
যৌগের ক্ষেত্রে মুখ্য গঠন ছাড়াও তিনটি অধিক্রমায়িত বা হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। কিন্তু

(CH₃)₃C-মূলকে একটিও হাইড্রোজেন পরমাণু না থাকায় কোন অতিরিক্ত হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা যায় না। তাই ইলেকট্রন মোচনের ক্ষমতা CH₃-এর সবথেকে বেশি এবং (CH₃)₃C-র সবথেকে কম।

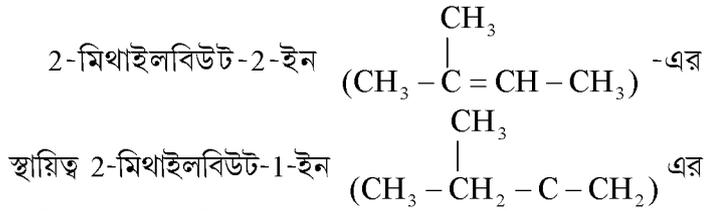
হাইপারকনজুগেশন নিয়ে বৈজ্ঞানিকদের মধ্যে মতভেদ আছে। বর্তমানে মনে করা হয় যে, স্থিতাবস্থায় প্রশম অণুর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনের কোন ভূমিকা নেই (যদিও কিছু ঘটনা এখনও অনেক হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করেন)। কার্বোক্যাটায়ন, মুক্তমূলক এবং অণুর উত্তেজিত অবস্থায় হাইপারকনজুগেশনের ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ।

বলিদানমূলক (sacrificial) এবং সমবন্ধনযুক্ত (Isovalent) অধিক্রমাণ বা হাইপারকনজুগেশন :

প্রশম অণুর হাইপারকনজুগেশনের ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলিতে শুধু বন্ধনহীন রেজোন্যান্সই থাকে, পৃথকীকৃত বিপরীত আধান (মুখ্য গঠনে থাকে না) এবং মুখ্য গঠনের থেকে কমসংখ্যক সমযোজ্যতা থাকে (উপরে প্রপিন ও টলুইনের হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি লক্ষ্য করুন)। এই ধরনের হাইপারকনজুগেশনকে মুলার ও মুলিকেন (Muller and Mulliken) বলিদানমূলক (Sacrificial) হাইপারকনজুগেশন আখ্যা দেন। এক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনের গুরুত্ব খুবই কম থাকে। কার্বোক্যাটায়ন ও মুক্তমূলকগুলির ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলিতে আধানের পৃথকীকরণ মুখ্য গঠনের থেকে বেশি হয় না এবং হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলিতে মুখ্য গঠনের সমসংখ্যক সমযোজ্যতা বন্ধনী থাকে। উপরে CH₃CH₂⁺ ও CH₃CH₂•-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি দেখুন। মুলার ও মুলিকেন এই ধরনের হাইপারকনজুগেশনকে সমবন্ধনযুক্ত বা আইসোভ্যালেন্ট হাইপারকনজুগেশন (Isovalent hyperconjugation) আখ্যা দেন। এই ধরনের হাইপারকনজুগেশন গুরুত্বপূর্ণ।

হাইপারকনজুগেশনের ফলে অপ্রান্তীয় অ্যালকিন (C = C কার্বনশৃঙ্খলের প্রান্তে না থেকে অন্তর্বর্তী অবস্থানে থাকে) প্রান্তীয় অ্যালকিন থেকে সাধারণত বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন। তাই কোন জৈব-সংশ্লেষণে প্রান্তীয় ও অপ্রান্তীয় উভয় অ্যালকিন উৎপন্নের সম্ভাবনা থাকলে অপ্রান্তীয় অ্যালকিন বিক্রিয়াজাত হিসেবে অগ্রাধিকার পায়।

হাইপারকনজুগেশন দিয়ে অপর কয়েকটি ঘটনার ব্যাখ্যা :
(1) অ্যালকিনের স্থায়িত্ব :



স্থায়িত্ব থেকে বেশি। প্রথম যৌগটিতে ৩টি হাইপার কনজুগেশন করতে সক্ষম H-পরমাণু আছে, তাই মুখ্য গঠন ছাড়া ৩টি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। দ্বিতীয় যৌগটিতে ১টি হাইপারকনজুগেশন করতে সক্ষম H-পরমাণু আছে, তাই মুখ্যগঠন ছাড়া পাঁচটি হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা যায়। যেহেতু প্রথমটির ক্ষেত্রে বেশি হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা যায়, তাই প্রথম যৌগটি দ্বিতীয়টি থেকে বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন।

অনুশীলনী ৯

- (1) 2-মিথাইলবিউট-2-ইন এবং 2-মিথাইল-বিউট-1-ইন-এর হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুগুলিকে চিহ্নিত করুন।
- (2) উভয়ের ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি লিখুন।

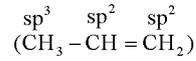
(3) কোন্ যৌগটি বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন?

(4) কেন?

(2) বন্ধন-দূরত্ব :

প্রোপিনে ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$) C_2-C_3 বন্ধন-দূরত্ব ইথেনের $\text{C}-\text{C}$ বন্ধন-দূরত্ব থেকে সামান্য কম। হাইপারকনজুগেশনের সাহায্যে এটি ব্যাখ্যা করা যায়। প্রোপিনের হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি লক্ষ্য করুন।

প্রোপিনে C_2-C_3 এর বন্ধন-দূরত্ব অনেক অন্যভাবে ব্যাখ্যা করেন। এই বন্ধনটি sp^3-sp^2 অভিলেপনের ফলে গঠিত হয়।



sp^2 সংকরায়িত $\text{C}-\text{r}$ সমযোজী-ব্যাসার্ধ (Covalent radius) sp^3 সংকরায়িত $\text{C}-\text{r}$ সমযোজী-ব্যাসার্ধ থেকে কম, তাই এই বন্ধন-দূরত্ব সংকুচিত হয়।

(উপরে)। তিনটিতে C_2-C_3 -এর মধ্যে দ্বি-বন্ধন আছে। এদের অবদানের জন্য C_2-C_3 বন্ধনের অল্প দ্বি-বন্ধন চরিত্র প্রকাশ পায়, তাই বন্ধন-দূরত্ব $\text{C}-\text{C}$ একবন্ধন দূরত্ব থেকে সামান্য কম হয়।

হাইপারকনজুগেশন রেজোন্যান্সের থেকে কম গুরুত্বপূর্ণ, তাই হাইপারকনজুগেশন গঠনের অবদানও অনেক কম হয়। ফলে বন্ধন-দূরত্বে এর প্রভাবও সামান্য হয়।

শেষে একটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়া, রেজোন্যান্স, হাইপারকনজুগেশন অণুর স্থিতাবস্থাতেই ক্রিয়া করে তা বলা হয়েছে। মনে রাখা দরকার, অণুর যে কোন অবস্থাতেই তার বিভিন্ন বন্ধনে ও পরমাণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ণয় করার জন্য ও অণুর সুস্থিরতা বিচার করার জন্য এই ধারণাগুলিই প্রয়োগ করা হয়। বিক্রিয়ার সময় অণুর উদ্ভেজিত অবস্থার বা মধ্যস্থের পদার্থের সুস্থিরতা বিচার করতে এই ধারণাগুলিই প্রয়োগ করা হয়। তাই এই ধারণাগুলি ভালভাবে আয়ত্ত করা জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া বোঝার একটি গুরুত্বপূর্ণ অঙ্গ।

2.4 ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া (E)

এই ক্রিয়াটি কোন অণুর স্থিতাবস্থায় ঘটে না। ক্রিয়াশীল বিকারকের দাবিতে কোন অণুর মধ্যের দ্বি-বন্ধনের বা ত্রি-বন্ধনের বন্ধনীয় ইলেকট্রন-জোড়ের এক পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে অস্থায়িভাবে সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরের ঘটনাকে ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া বলে।

উদাহরণ : কার্বনিল যৌগের সঙ্গে HCN -এর বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ উৎপন্ন হয়। এখানে বিকারক CN^- -এর দাবিতে $>\text{C}=\text{O}$ মূলকের কার্বন-অক্সিজেনের π -ইলেকট্রন-জোড় অক্সিজেনের দিকে স্থানান্তরিত হয়।



বাঁকান তীরচিহ্ন দিয়ে ইলেকট্রন-জোড় কোথা থেকে কোথায় যাচ্ছে দেখান হয়।

ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া শুধু ক্রিয়াশীল বিকারকের দাবিতেই ঘটে। বিকারককে বিক্রিয়ক অণুর সান্নিধ্য থেকে সরিয়ে নিলে এই ক্রিয়াটি আর কার্যকর থাকে না। ইলেকট্রন-জোড় আবার তার পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়ায় ইলেকট্রন-জোড় সেই পরমাণুর দিকেই স্থানান্তরিত হয়, যেদিকে গেলে বিক্রিয়াটি সহজেই ঘটতে পারে।

অণুর উত্তেজিত অবস্থায় এই ক্রিয়াটি কার্যকর হয়। এই ক্রিয়াটি স্থায়ী ধ্রুবীয়তা নয়। এটি একটি অস্থায়ী ক্রিয়া।

2.5 সমযোজী বন্ধনের বিভাজন (Cleavage of Covalent bond) ও সমযোজী বন্ধন গঠন (Formation of Covalent bond)

জৈব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গাগড়া ঘটে। তাই জৈব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া বোঝার জন্য সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গন ও গঠন কীভাবে ঘটেতে পারে সে সম্বন্ধে ধারণা থাকা আবশ্যিক। প্রথমে সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গন আলোচনা করা হল।

2.5.1 সমযোজী বন্ধনের বিভাজন (Cleavage of Covalent bond) :

জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার সময় জৈব অণুতে উপস্থিত দুটি পরমাণুর মধ্যের সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গন ঘটতে পারে। জৈব রসায়নে কার্বনের সঙ্গে অণু কোন পরমাণুর (যেটি কার্বনও হতে পারে) সমযোজী বন্ধনই গুরুত্বপূর্ণ। তাই কার্বনের সঙ্গে অন্য কোন পরমাণুর (X-এর) সমযোজী বন্ধন উদাহরণ হিসেবে নেওয়া হল :



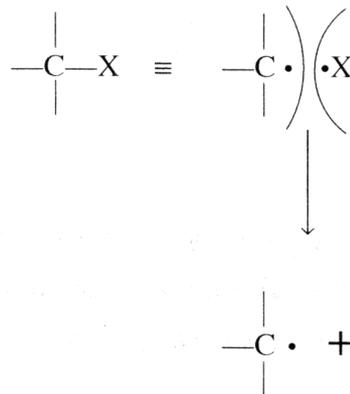
(C-এর অপর যোজ্যতাগুলি C বা অন্য কোন পরমাণু দিয়ে পরিতৃপ্ত আছে)।

ভাঙ্গন ঘটতে পারে। জৈব রসায়নে কার্বনের সঙ্গে অণু কোন পরমাণুর (যেটি কার্বনও হতে পারে) সমযোজী বন্ধনই গুরুত্বপূর্ণ। তাই কার্বনের সঙ্গে অন্য কোন পরমাণুর (X-এর) সমযোজী বন্ধন উদাহরণ হিসেবে নিয়ে এই ভাঙ্গন আলোচনা করা হল। C-C সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গনও একইভাবে ঘটতে পারে। দু'টি পরমাণুর মধ্যে গঠিত সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গন দু'ভাবে ঘটতে পারে :

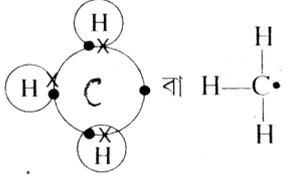
(1) সমবিভাজন (Homolytic Cleavage or Homolysis) :

সমবিভাজনে সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনদুটির একটি করে ইলেকট্রন সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির প্রত্যেকে নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় :

সমযোজী বন্ধনের সম-বিভাজনের ফলে মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।



এই বিভাজনের ফলে উৎপন্ন অংশগুলিতে একটি করে অযুগ্ম ইলেকট্রন থেকে যায়। যোজ্যতা কক্ষে এক বা একাধিক অযুগ্ম ইলেকট্রনযুক্ত মূলককে মুক্তমূলক বলা হয়। মূলকটি জৈব মূলক হলে মুক্তমূলকটিকে জৈব মুক্তমূলক বলা হয়। তাহলে সমযোজী বন্ধনের সমভঙ্গনের ফলে মুক্তমূলক গঠিত হয়।



জৈব মুক্তমূলকের কয়েকটি উদাহরণ : মিথাইল মুক্তমূলক ($\bullet\text{CH}_3$),
ইথাইল মুক্তমূলক ($\text{CH}_3\text{CH}_2\bullet$), আইসোপ্রোপাইল মুক্তমূলক $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\bullet$,

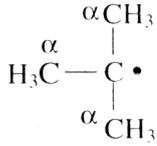
মিথাইল মুক্তমূলক যোজ্যতা-কক্ষে
একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন

টারসিয়ারি বিউটাইল মুক্তমূলক $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\bullet$, ফিনাইল মুক্তমূলক



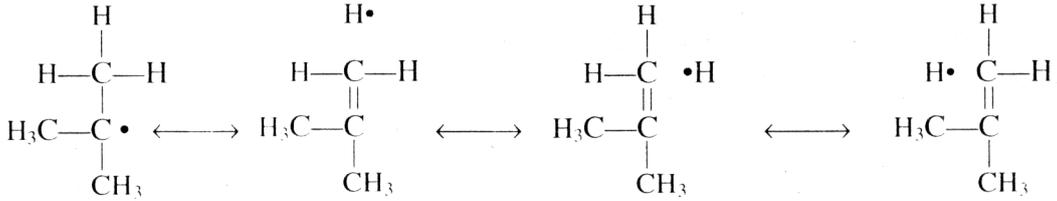
, অ্যালাইল মুক্তমূলক ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\bullet$) ইত্যাদি মুক্তমূলকের উদাহরণ।

অ্যালকিল মুক্তমূলকের স্থায়িত্বের ক্রম : অ্যালকিল মুক্তমূলকগুলির স্থায়িত্বের হ্রাসমান ক্রম হল



α -H পরমাণুর সংখ্যা নয়।

যে অ্যালকিল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে বেশিসংখ্যক হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় তার স্থায়িত্ব বেশি হয়। টারসিয়ারি-বিউটাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে মূল গঠনটি ছাড়াও নয়টি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় (হাইপারকনজুগেশন গঠনের সংখ্যা α -H পরমাণুর সংখ্যার উপর নির্ভর করে) :

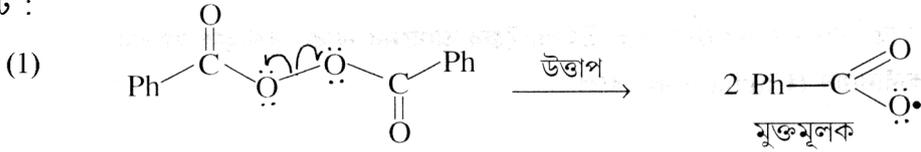


↔ এইরূপ আরও ছয়টি।

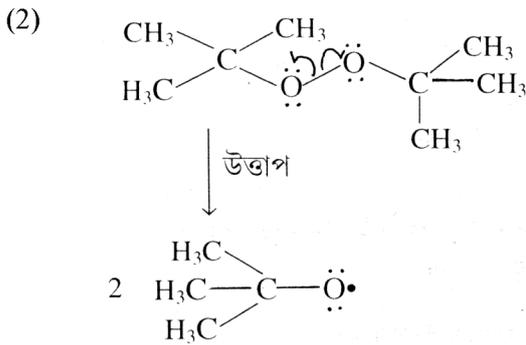
আইসোপ্রোপাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়াও আরও ছয়টি, ইথাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়া আরও তিনটি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। মিথাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে কোন হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় না (কোন α -H নাই)। সুতরাং হাইপারকনজুগেশন ধারণার সাহায্যে উপরের স্থায়িত্বের ক্রমটি ব্যাখ্যা করা যায়।

সমভঙ্গন কীভাবে ঘটে? রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমযোজী বন্ধনের সমভঙ্গন বিভিন্নভাবে ঘটতে পারে। যেমন,

(i) যেসব যৌগে পারঅক্সো বন্ধন (-O-O-) আছে তাদের মধ্যম তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সমবিভাজন ঘটে :

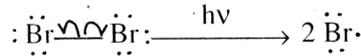


বেনজয়িল পারঅক্সাইড

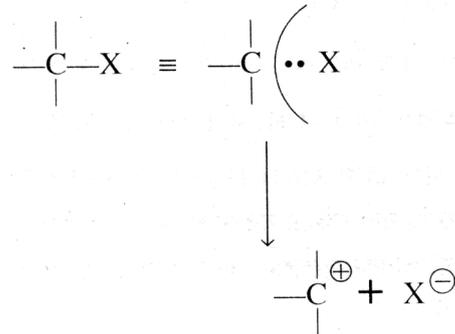


অর্থাৎ কিছু যৌগকে উত্তপ্ত করলে সমভঙ্গন ঘটে। অর্থাৎ, তাপের প্রভাবে সমভঙ্গন ঘটতে পারে। অবশ্য জৈব যৌগটির গঠন সমভঙ্গনে অংশগ্রহণের উপযুক্ত হতে হবে।

(ii) অতিবেগুনি রশ্মি (Ultraviolet light) বা অনেকসময় দৃশ্য আলোকের (Visible light) ক্রিয়াতেও সমযোজী বন্ধনের সমভঙ্গন ঘটতে পারে :

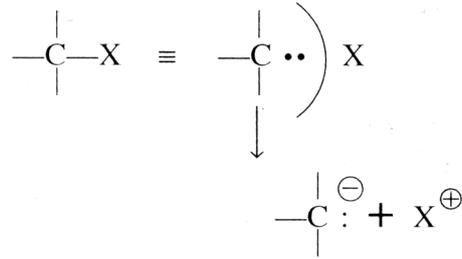


(2) **অসমবিভাজন (Heterolytic Cleavage)** : দু'টি পরমাণুর মধ্যকার সমযোজী বন্ধনের ভঙ্গন এমনভাবে ঘটতে পারে যে সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনদুটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির যে কোনটি গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। সমযোজী বন্ধনের এই ধরনের ভঙ্গনকে অসমবিভাজন বলা হয়। যেমন, C-এর সঙ্গে অপর কোন পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনদুটি অপর পরমাণুটি সম্পূর্ণরূপে গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যেতে পারে।



এইভাবে ভাঙ্গনের ফলে দুটি আয়ন উৎপন্ন হয়—একটিতে থাকে ধনাত্মক আধান এবং অপরটিতে থাকে ঋণাত্মক আধানে। কোন জৈব আয়নের কার্বন ধনাত্মক আধান বহন করলে আয়নটিকে কার্বোক্যাটায়ন (Carbocation) বলা হয়।

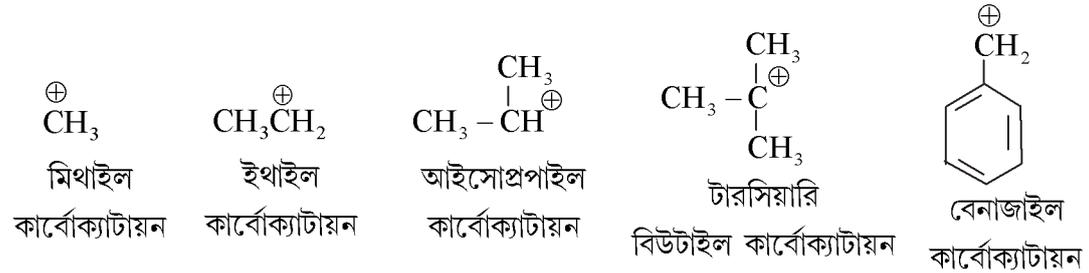
আবার সমযোজ্যতা বন্ধনের ভাঙ্গনের ফলে উৎপন্ন জৈব আয়নের কার্বন ঋণাত্মক আধান বহন করলে জৈব আয়নটিকে কার্বানায়ন (Carbanion) বলে :



কার্বনের সঙ্গে অপর কোন পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গনে যদি কার্বনই সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনদুটি সম্পূর্ণরূপে গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় তবে কার্বানায়ন উৎপন্ন হয়।

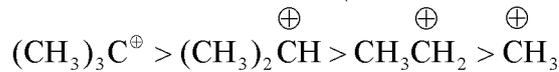
সমযোজী বন্ধনের অসম বিভাজনে আয়ন-যুগল (ion-pair) উৎপন্ন হয়।

কার্বোক্যাটায়নের উদাহরণ : কয়েকটি কার্বোক্যাটায়নের উদাহরণ নিচে দেওয়া হল :



অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়ন

অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম : অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



হাইপারকনজুগেশন ধারণার সাহায্যে অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের এই ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

-এর ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়া আরও নয়টি, $(\text{CH}_3)_2\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}$ -এর ক্ষেত্রে আরও ছয়টি এবং

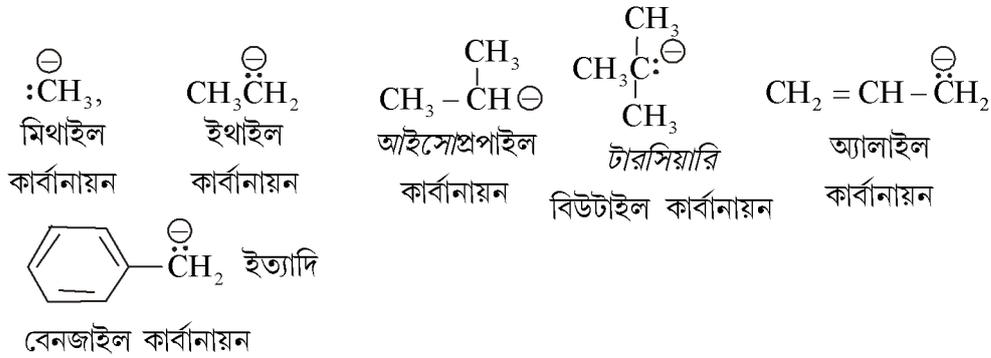
$\text{CH}_3\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2$ -এর ক্ষেত্রে আরও তিনটি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। CH_3^{\oplus} -এর ক্ষেত্রে অতিরিক্ত

কোন হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় না। আমরা আগেই জেনেছি যার ক্ষেত্রে যতবেশি অর্থবহ হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় তার স্থায়িত্বও তত বেশি হয়। তাই হাইপারকনজুগেশন ধারণার সাহায্যে অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের উপরোক্ত ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

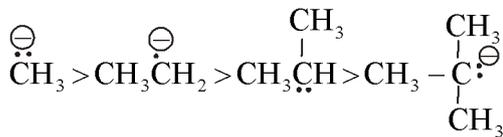
[কোন আয়নের আধান যদি কোন একস্থানে সীমাবদ্ধ না থেকে বিস্তৃত হয়ে যেতে পারে, তবে আয়নটির স্থায়িত্ব বাড়ে। কোন কারক যদি কোন আয়নের আধানকে একস্থানে সীমাবদ্ধ হয়ে থাকতে বাধ্য করে বা কোন একস্থানে আধানের ঘনত্ব বাড়িয়ে দেয় তবে আয়নটির স্থায়িত্ব কমে যায়। আর কোন কারক যদি কোন আয়নের আধানকে σ -বন্ধনের মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়তে সাহায্য করে (আবেশীয় ক্রিয়ার মাধ্যমে) বা স্থান-অতিক্রান্ত বা ডিলোকালাইজড (রেজোন্যান্স বা হাইপারকনজুগেশনের সাহায্যে) করতে সক্ষম হয় তবে আয়নটির স্থায়িত্ব বেড়ে যায়। অর্থাৎ সাধারণ নীতি হল : আধানের ঘনীভূত হওয়া আয়নের অস্থায়িত্বের কারণ এবং আধানের বিস্তৃতি আয়নের অধিকতর স্থায়িত্বের কারণ। মুক্তমূলকের ক্ষেত্রেও অযুগ্ম ইলেকট্রন কেন্দ্রীভূত না হয়ে যতবেশি ছড়িয়ে পড়তে পারে তত তার স্থায়িত্ব বাড়ে।

উপরের অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম আবেশীয় ক্রিয়া দিয়েও ব্যাখ্যা করা যায়। আমরা দেখেছি অ্যালকিল মূলকগুলি +1 মূলক। এখন ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বনের সঙ্গে যতবেশি অ্যালকিল মূলকযুক্ত থাকে আবেশীয় ক্রিয়ার সাহায্যে ততবেশি আধানের বিস্তৃতি ঘটে। $\text{CH}_3\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2$ -এ C^{\oplus} -এর সঙ্গে তিনটি CH_3 -মূলক, $(\text{CH}_3)_2\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}$ -এ C^{\oplus} -এর সঙ্গে দু'টি CH_3 -মূলক $(\text{CH}_3)_3\overset{\oplus}{\text{C}}$ -এ C^{\oplus} -এর সঙ্গে একটি CH_3 -মূলক যুক্ত আছে এবং $\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_3$ -এ C^{\oplus} -এর সঙ্গে CH_3 -মূলক নাই। সুতরাং আবেশীয় ক্রিয়ার সাহায্যেও অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির উপরের স্থায়িত্বের ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।]

কার্বানায়নের উদাহরণ : নিচে কয়েকটি সাধারণ কার্বানায়নের উদাহরণ দেওয়া হল :



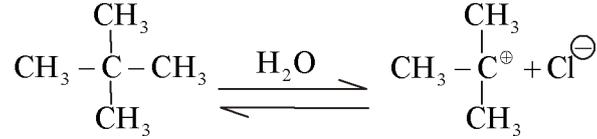
অ্যালকিল কার্বানায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম : অ্যালকিল কার্বানায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



লক্ষ্য করে দেখুন এই স্থায়িত্বের ক্রম অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রমের ঠিক বিপরীত। আবেশীয় ক্রিয়ার সাহায্যে এই স্থায়িত্বের ক্রমের ব্যাখ্যা সহজেই দেওয়া যায়। CH_3 মূলক + 1 মূলক, তাই C^{\ominus} -এ যুক্ত CH_3 মূলক C^{\ominus} -এ ঋণাত্মক আধানকে বাড়িয়ে দেয়। C^{\ominus} -এ যতবেশি মিথাইলমূলক যুক্ত থাকে

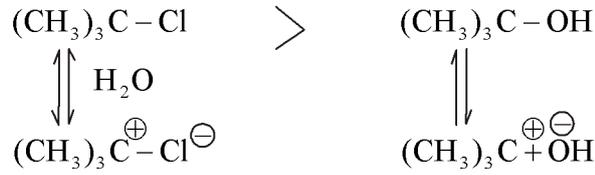
C^{\ominus} -এ ততবেশি ঋণাত্মক আধান কেন্দ্রীভূত হয়। সুতরাং, সঙ্গতকারণেই অ্যালকিল কার্বানায়ন স্থায়িত্বের উপরোক্ত ক্রম দেখা যায়।

অসমবিভাজন কীভাবে ঘটে? রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অসমবিভাজনের ফলে আয়নের উৎপত্তি উৎপন্ন আয়নের আপেক্ষিক স্থায়িত্ব বা সুস্থিরতার উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, উৎপন্ন আয়নগুলি অপেক্ষাকৃত সুস্থির হলেই অসমবিভাজন ঘটতে পারে। যেমন, *টারসিয়ারি* বিউটাইল ক্লোরাইড জলে অসমবিভাজনের ফলে *টারসিয়ারি* বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন করে :



কিন্তু অনুরূপ শর্তে মিথাইল ক্লোরাইডের জলে অসমবিভাজন ঘটে না। CH_3^{\oplus} থেকে $(\text{CH}_3)_3\text{C}^{\oplus}$ অনেক বেশি সুস্থির হওয়ায় এরূপ ঘটে।

আবার অসমবিভাজনের ফলে কার্বোক্যাটায়নের সঙ্গে যে ঋণাত্মক আয়ন উৎপন্ন তার সুস্থিরতার উপরও অসমবিভাজন সহজে হবে কি না নির্ভর করে। যেমন, *টারসিয়ারি*-বিউটাইল ক্লোরাইডের অসমবিভাজন *টারসিয়ারি* বিউটাইল অ্যালকোহল থেকে অনেক সহজে ঘটে :



যদিও উভয়ক্ষেত্রেই ধনাত্মক আয়ন হিসেবে *টারসিয়ারি* বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়, কিন্তু Cl^{\ominus} -এর সুস্থিরতা OH^{\ominus} -এর সুস্থিরতা থেকে বেশি হওয়ায় *টারসিয়ারি*-বিউটাইল ক্লোরাইড অনেক সহজে অসমবিভাজনে অংশগ্রহণ করে।

2.5.2 জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুটি বিশদ ভাগ : আয়নীয় বিক্রিয়া ও মুক্তমূলক বিক্রিয়া

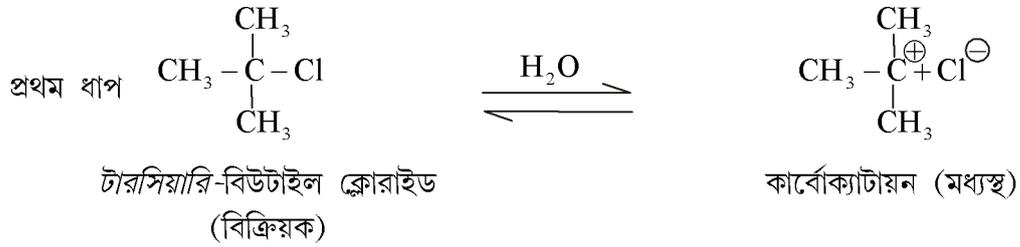
জৈব যৌগে উপস্থিত সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গনের ফলে আয়ন (কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়ন) বা মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়। এইজন্য জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে দুটি বিশদ ভাগে ভাগ করা যায়। (1) আয়নীয় বিক্রিয়া, ও (2) মুক্তমূলক বিক্রিয়া। অবশ্য জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া এই দুভাবে ছাড়াও অন্যভাবে ঘটতে পারে। যেমন, পরিবৃত্তীয় বা পেরিসাইক্লিক বিক্রিয়া (Pericyclic reaction) এই দুভাবের কোনভাবেই ঘটে না। পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়া সম্বন্ধে আপনি পরে জানবেন।

2.5.3 জৈব বিক্রিয়ার মধ্যস্থ :

জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনেক সময় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত-র মধ্যবর্তী অন্য পদার্থ উৎপন্ন হয়।

এই পদার্থগুলিকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যস্থ বলে। এই মধ্যস্থগুলি ক্ষণস্থায়ী এবং সহজেই বিক্রিয়াজাত পদার্থে পরিণত হয়ে যায়। যেমন, ধরা যাক একটি বিক্রিয়ায় ক হল বিক্রিয়ক এবং গ হল বিক্রিয়াজাত।

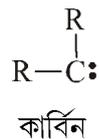
ক → খ → গ
 এখন যদি এই বিক্রিয়ায় ক প্রথমে খ উৎপন্ন করে এবং তারপর খ গ-তে বিক্রিয়ক মধ্যস্থ বিক্রিয়াজাত পরিণত হয় তাহলে খ হল এই বিক্রিয়ার মধ্যস্থ (Intermediate)। যেমন, টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে টারসিয়ারি-বিউটাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই বিক্রিয়ায় টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইড টারসিয়ারি-বিউটাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয় না। প্রথম ধাপে টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইডের C-Cl বন্ধনের অসমবিভাজনের ফলে টারসিয়ারি-বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন, $(CH_3)_3C^+$, উৎপন্ন হয় এবং পরবর্তী ধাপে এই কার্বোক্যাটায়ন জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে টারসিয়ারি-বিউটাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। তাহলে $(CH_3)_3C^+$ এই বিক্রিয়ার মধ্যস্থ। বিক্রিয়াটি নিচে দেখান হল :



যে মধ্যস্থগুলি অত্যধিক ক্রিয়াশীল এবং দ্রুত বিক্রিয়াজাত-তে পরিবর্তিত হয়, তাদের ক্রিয়াশীল মধ্যস্থ (Reactive intermediates) বলে। কার্বোক্যাটায়ন, কার্বানায়ন ও মুক্তমূলক হল ক্রিয়াশীল মধ্যস্থ।

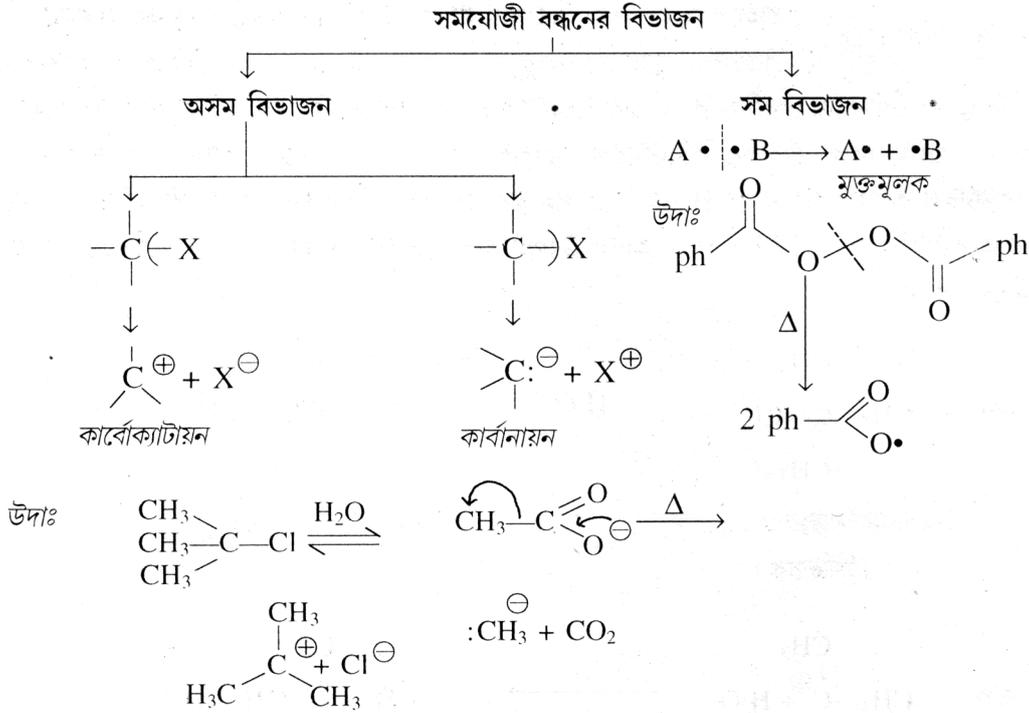


এই মধ্যস্থগুলিতে কার্বনের যোজ্যতা তিন। আর একটি মধ্যস্থ হল কার্বিন যেখানে কার্বনের যোজ্যতা দুই :



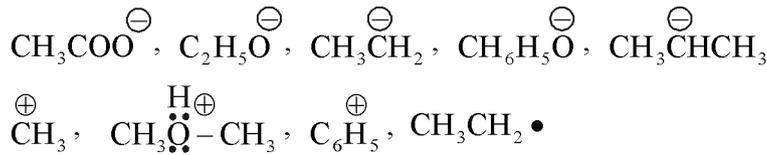
কার্বিনের উদাহরণ হল মিথিলিন (:CH₂), ডাইক্লোরোকার্বিন (: CCl₂) ইত্যাদি।

নিচের ছকে সমযোজী বন্ধনের বিভাজন এবং তার ফলে মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়নের উৎপন্ন উদাহরণসহ সংক্ষেপে দেখান হল :



অনুশীলনী 10

(i) নিচের কোন্গুলি কার্বোক্যাটায়ন, কোন্গুলি কার্বানায়ন, কোন্গুলি কোনটিই হয়?

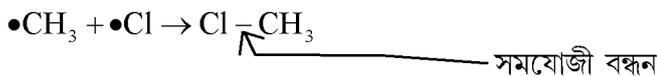


(ii) (CH₃)₃C-Cl ও CH₃-Cl-এর মধ্যে জলে কোন্ যৌগের C-Cl বন্ধনের অসমবিভাজন সহজে হয়? কেন?

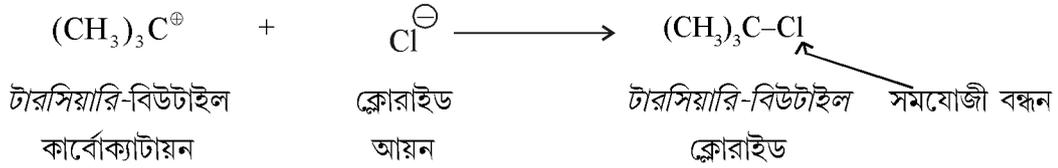
2.5.4 সমযোজী বন্ধন গঠন (Formation of Covalent bond) :

রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠিত হতে পারে :

(1) সমবিভাজনের বিপরীত প্রক্রিয়ায় (By the reversal of homolysis) : এই প্রক্রিয়ায় দুটি মুক্তমূলক পরস্পর যুক্ত হয়ে সমযোজী বন্ধন রচনা করে। যেমন,

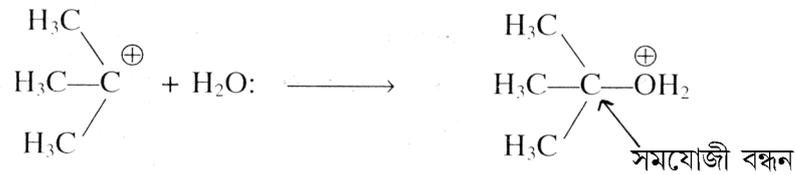


- (2) অসম-বিভাজনের বিপরীত প্রক্রিয়ায় (By the reversal of heterolysis) : এই প্রক্রিয়ায় বিপরীত আধানযুক্ত দুটি আয়ন পরস্পর যুক্ত হয়ে সমযোজী বন্ধন রচনা করে। যেমন,



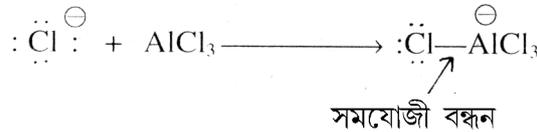
- (3) প্রশম অণুর সঙ্গে কোন আয়নের সংযুক্তির প্রক্রিয়ায় (By the addition of an ion to a neutral molecule) :

- (i) প্রশম অণুর সঙ্গে ধনাত্মক আয়নের সংযুক্তি :



ধনাত্মক আয়নের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার জন্য প্রশম অণুর কোন পরমাণুর কমপক্ষে বন্ধনে না-অংশগ্রহণকারী একজোড়া ইলেকট্রন থাকা আবশ্যিক।

- (ii) প্রশম অণুর সঙ্গে ঋণাত্মক আয়নের সংযুক্তি :



ঋণাত্মক আয়নের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার জন্য প্রশম অণুটিতে একজোড়া ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম হতে হবে। অর্থাৎ, এর একটি ফাঁকা কক্ষক থাকা আবশ্যিক।

2.6 সারাংশ

এই একক অধ্যয়ন করে আপনি জানতে পেরেছেন :

- জৈব যৌগের বিশেষ বন্ধনে বা বিশেষ পরমাণুতে আপেক্ষিক ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকগুলি হল আবেশীয় ক্রিয়া, ক্ষেত্রজ ক্রিয়া, রেজোন্যান্স বা সংস্পন্দনশীলতা, হাইপারকনজুগেশন বা অধিক্রমাঙ্কন।
- একটি বন্ধনের ধ্রুবীয়তা থেকে তার পার্শ্ববর্তী বন্ধনে ধ্রুবীয়তা সঞ্চারিত হওয়াকে আবেশীয় ক্রিয়া বলে। $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl}$ যৌগটিতে ক্লোরিন কার্বনের থেকে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় C-Cl বন্ধনটি ধ্রুবীয় হয় এবং C-Cl বন্ধনের এই ধ্রুবীয়তা পার্শ্ববর্তী C-C বন্ধনে ধ্রুবীয়তা সঞ্চারিত করে।

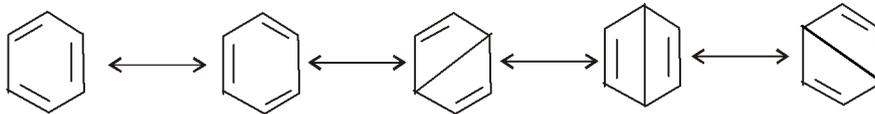
ফলে $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl}$ অণুটির বিভিন্ন পরমাণুতে ইলেকট্রনপ্রাপ্যতা বিভিন্ন হয় : $\delta\delta + \delta + \delta +$ । আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে অণু স্থিতাবস্থাতে স্থায়ী ধ্রুবীয়তা প্রাপ্ত হয়। এই ক্রিয়া σ -বন্ধনের মাধ্যমে সঞ্চরিত হয় এবং এই ক্রিয়ার প্রভাব উৎস থেকে কম দূরত্বে সাধারণত 2টি কার্বন পরমাণু পর্যন্ত অনুভূত হয়।

কার্যকরী মূলকগুলিকে হাইড্রোজেন পরমাণুর সাপেক্ষে ইলেকট্রন-অপসারী (-I) ও ইলেকট্রন-মোচনকারী (+I) মূলক হিসেবে শ্রেণীবিভাগ করা হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের তুলনায় NO_2 -মূলক ইলেকট্রন-অপসারী এবং O^\ominus ইলেকট্রন-মোচনকারী।

- যখন অণুর এক অংশের প্রভাবে অন্য অংশের ধ্রুবীয়করণ ত্রিমাত্রিক শূন্যের মাধ্যমে বা দ্রাবক অণুর মধ্যে দিয়ে সঞ্চরিত হয়, তখন একে ক্ষেত্রজ ক্রিয়া বলে। কোন অণুর মধ্যে আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য সাধারণত করা যায় না।
- কোন বন্ধনের σ বা π -বন্ধনীয় ইলেকট্রনযুগল পরমাণুদ্বয়ের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকলে সেই ইলেকট্রনযুগলকে স্থানীভূত বা লোকালাইজড ইলেকট্রনযুগল এবং বন্ধনটিকে সীমাবদ্ধ বা লোকালাইজড বন্ধন বলা হয়।

কোন অণুতে এক বা একাধিক বন্ধনীয় কক্ষক দুটি মাত্র পরমাণুর মধ্যে সীমাবদ্ধ না থেকে তিন বা তার অধিকসংখ্যক পরমাণুর মধ্যে বিস্তৃত হয়ে গেলে এই বন্ধনকে স্থান-অতিক্রান্ত বা ডি-লোকালাইজড বন্ধন বলা হয়। যেমন, 1,3-বিউটাডাইইনে স্থান অতিক্রান্ত π -কক্ষক থাকে। স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত যৌগগুলিকে একটিমাত্র লুইস-গঠন দিয়ে প্রকাশ করা যায় না।

- স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত অণুর গঠন রেজোন্যান্স ধারণার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যদি কোন অণুর ক্ষেত্রে একাধিক গঠন লেখা যায় যাদের মধ্যে পরমাণুগুলির কেন্দ্রকের অবস্থানের কোন পার্থক্য থাকে না, পার্থক্য থাকে শুধু ইলেকট্রন-বিন্যাসের তবে সেই অণুটির প্রকৃত গঠন এই বিভিন্ন গঠনগুলির কোনটিই নয়—অণুটির প্রকৃত গঠন হল এই সমস্ত গঠনগুলির একটি হাইব্রিড। ইলেকট্রন-বিন্যাসে পার্থক্যযুক্ত এই বিভিন্ন গঠনগুলির কোন অস্তিত্ব নাই—এগুলি কাল্পনিক গঠন। এই গঠনগুলিকে রেজোনেটিং গঠন বা ক্যানোনিকাল গঠন বলা হয়। প্রকৃত অণুর গঠনে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান সমান থাকে না। কোন অণুর প্রকৃত গঠনকে বিভিন্ন রেজোনেটিং গঠন বা ক্যানোনিকাল গঠনের ভারযুক্ত গড় হিসেবে প্রকাশ করাকে রেজোন্যান্স বলে। যেমন, বেনজিনের গঠন হল নিচের পাঁচটি ক্যানোনিকাল গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড—এদের মধ্যে প্রথম দুটির অবদান 39% করে এবং শেষ তিনটির অবদান 7.3% করে।



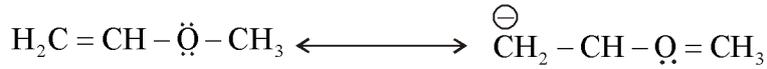
বেনজিন অণুর একটি নির্দিষ্ট ও বাস্তব অস্তিত্ব আছে, কিন্তু উপরোক্ত ক্যানোনিকাল গঠনগুলি কাল্পনিক।

- রেজোন্যান্স হাইব্রিড অর্থাৎ প্রকৃত অণু যে কোন একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে অধিকতর সুস্থির। প্রকৃত অণুর শক্তি এবং ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠনটির শক্তির যে পার্থক্য সেই শক্তিকে রেজোন্যান্স শক্তি বলা হয়। বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি হল 152 KJ মোল⁻¹।

- যে অণুগুলিতে দ্বি-বন্ধন এবং / বা ত্রি-বন্ধন ক্রমাঘয়ে উপস্থিত এবং যে অণুগুলিতে দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে ক্রমাঘরী তাদের গঠন রেজোন্যান্স ধারণার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

যেমন, $\text{CH}_2 = \text{CH} - \overset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}} = \text{O}$ (দ্বি-বন্ধন দুটি ক্রমাঘয়ে উপস্থিত) এবং $\text{CH}_2 = \text{CH} - \ddot{\text{Cl}}$: (দ্বি-বন্ধন পার্শ্ববর্তী ক্লোরিন পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে ক্রমাঘরী) অণুদুটির গঠন রেজোন্যান্স ধারণার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

- ক্যানোনিকাল গঠন লেখার নিয়ম হল : (1) প্রত্যেকটি ক্যানোনিকাল গঠনকে অবশ্যই প্রকৃত লুইস-গঠন সম্পন্ন হতে হবে। (2) প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে কেন্দ্রকগুলির অবস্থান একই থাকতে হবে। (3) রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলিকে অবশ্যই একই তলে বা প্রায় একই তলে অবস্থান করতে হবে। (4) প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে একই সংখ্যক অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকতে হবে। (5) প্রকৃত অণুর শক্তি যে কোন ক্যানোনিকাল গঠনের শক্তির থেকে কম হতে হবে।
- প্রকৃত অণুতে সবকটি ক্যানোনিকাল গঠনের অবদান একই থাকে না।
- যে রেজোন্যান্সে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে তাকে সমবন্ধনযুক্ত বা আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স বলা হয়। যেমন, মিথাইল ভিনাইল ইথারের দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান :



এটি আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্সের উদাহরণ।

যে রেজোন্যান্সে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে না তাকে অসমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স বা হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স বলে। যেমন, প্রোপিন্যালের ক্যানোনিকাল গঠনদুটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে না :



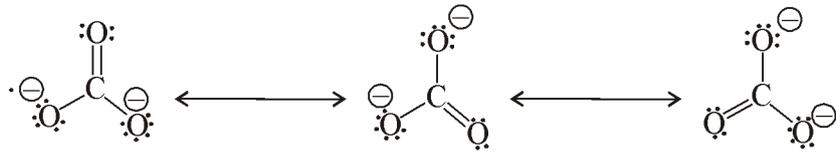
এটি হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্সের উদাহরণ।

আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স থেকে অনেক বেশি গুরুত্বপূর্ণ।

- ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান তাদের সুস্থিরতার উপর নির্ভর করে। ক্যানোনিকাল গঠনগুলির সুস্থিরতা ও আপেক্ষিক অবদান নির্ণয়ের নিয়মগুলি হল : (1) সমতুল্য ক্যানোনিকালগুলি সমান গুরুত্ব সম্পন্ন এবং তাদের অবদানও সমান। (2) অধিক সংখ্যক সমযোজী বন্ধনযুক্ত ক্যানোনিকাল গঠনের গুরুত্ব বেশি। (3) যে ক্যানোনিকাল গঠনে সব পরমাণুরই যোজ্যতাকক্ষ পূর্ণ তার অবদান

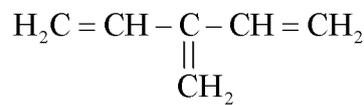
একটি বা দুটি অপূর্ণ যোজ্যতাকক্ষ সম্পন্ন ক্যানোনিকাল গঠনের অবদান থেকে বেশি। (4) যে ক্যানোনিকাল গঠনে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটে তার অবদান যে ক্যানোনিকাল গঠনে তা ঘটে না তার থেকে কম। (5) যে ক্যানোনিকাল গঠনে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধান থাকে তার অবদান কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধানযুক্ত ক্যানোনিকাল গঠন থেকে বেশি। আবার, ধনাত্মক আধানের ক্ষেত্রে কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ধনাত্মক আধানযুক্ত ক্যানোনিকাল গঠনের অবদান বেশি হয়।

- রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে বিভিন্ন বন্ধনের বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মান ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন, CO_3^{2-} -আয়ন হল নিচের তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড :



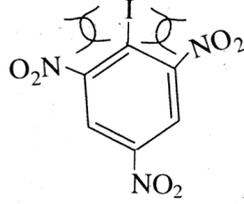
প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের ক্ষেত্রে দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে এক-বন্ধন ও একটি ক্যানোনিকাল গঠনে দ্বি-বন্ধন আছে। তাই প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মান একই হওয়া উচিত এবং এই মান হওয়া উচিত এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দৈর্ঘ্যের মানের অন্তর্বর্তী। প্রকৃত পরীক্ষা থেকে দেখা যায় প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মানই 128 পিকোমিটার। এই মান কার্বন-অক্সিজেন এক-বন্ধন দূরত্বের মান (143 পিকোমিটার) ও দ্বি-বন্ধন দূরত্বের মানের (120 পিকোমিটার) অন্তর্বর্তী।

- কোন অণুর কোন একটি নির্দিষ্ট বন্ধনের বন্ধন-ক্রম = যেসব ক্যানোনিকাল গঠনে বন্ধনটি দ্বি-বন্ধন সেইসব ক্যানোনিকাল গঠনগুলির ভারসমূহের যোগফল +1 (প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে উপস্থিত এক-বন্ধনের জন্য)।
- যদি কোন যৌগে তিনটি মূলক থাকে যাদের মধ্যে দুটি পরস্পরের সঙ্গে ক্রমায়িত নয়, কিন্তু এদের উভয়েই পৃথকভাবে তৃতীয় মূলকটির সঙ্গে ক্রমায়িত থাকে, তবে যৌগটিকে সঙ্কর-ক্রমায়িত যৌগ বলা হয়। যেমন, নিচের যৌগটি একটি সঙ্কর-ক্রমায়িত যৌগ :

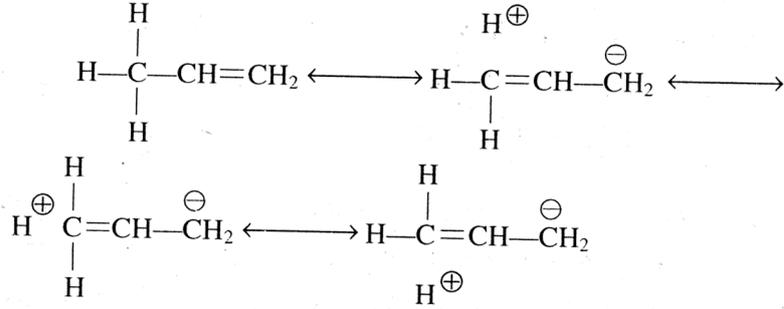


- বড় আকারের প্রতিবেশী পরমাণুগুলি যদি ত্রিমাত্রিক শূন্যে এমনভাবে ভীড় করে থাকে যে রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণ করতে পারে এমন পরমাণুগুলি সমতলে থাকা থেকে বিচ্যুত হয়, তবে রেজোন্যান্স অবদমিত হয়। এই ঘটনাকে স্টেরিক কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন বলা হয়। যেমন, পিকরিল আয়োডাইডে বৃহৎ আকারের আয়োডিন পরমাণু 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রোমূলক দুটির মাঝের কার্বন

পরমাণুতে থাকায় 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রোমূলক দুটি বেনজিন বলয়ের সমতল থেকে বিচ্যুত হয়। ফলে এই দুটি নাইট্রোমূলকের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্যান্স অবদমিত হয়।



- কোন অণুতে কোন অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর α -অবস্থানের C পরমাণুর সঙ্গে H পরমাণুযুক্ত থাকলে এই C-H σ -বন্ধনের সঙ্গে π -বন্ধনের রেজোন্যান্স ঘটে। এই ঘটনাকে অধিক্রমাঙ্কন বা হাইপারকনজুগেশন বলা হয়। প্রোপিনের ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন ঘটনাটি দেখান হল।

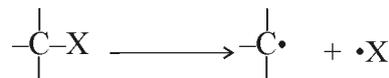


প্রোপিনে ($^3\text{CH}_3 - ^2\text{CH} = ^1\text{CH}_2$) $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধন-দূরত্ব ইথেনের C-C বন্ধন-দূরত্ব থেকে একটু কম। এই ঘটনা হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। আবার, অ্যালকিনগুলির আপেক্ষিক স্থায়িত্বও CH_3

হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন, $\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_3$ -এর স্থায়িত্ব

$\text{CH}_3 + \text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}} = \text{CH}_2$ -এর স্থায়িত্ব থেকে বেশি, এই ঘটনা হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। প্রথম ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়া 9টি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। তাই প্রথম যৌগটি দ্বিতীয় যৌগ থেকে বেশি সুস্থির।

- ক্রিয়াশীল বিকারকের দাবিতে কোন অণুর মধ্যের দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনের বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড়ের এক পরমাণুর থেকে অপর পরমাণুতে অস্থায়িভাবে সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরের ঘটনাকে ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া বলে। এই ক্রিয়াটি অণুর স্থিতাবস্থাতে ঘটে না।
- সমযোজী বন্ধনের বিভাজন দু'ভাবে ঘটতে পারে; (1) সমবিভাজন : সমবিভাজনে সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রনদুটির একটি করে ইলেকট্রন সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির প্রত্যেকে নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। এই বিভাজনের ফলে মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।



যোজ্যতাকক্ষে এক বা একাধিক অযুগ্ম ইলেকট্রনযুক্ত মূলককে মুক্তমূলক বলে।

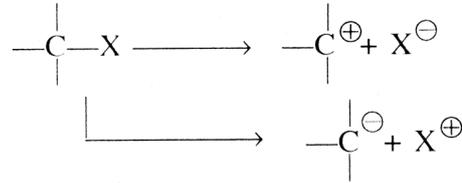
অ্যালকিল মুক্তমূলকগুলির স্থায়িত্বের ক্রমক্রাসমান ক্রম হল :



হাইপারকনজুগেশন দিয়ে এই ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

পারঅক্সো (-O-O-) বন্ধনযুক্ত যৌগকে উত্তপ্ত করলে সমবিভাজন ঘটে। অতিবেগুনী বা অনেকসময় দৃশ্য আলোকের ক্রিয়াতেও সমযোজী বন্ধনের সমবিভাজন ঘটতে পারে।

(2) **অসমবিভাজন** : সমযোজী বন্ধনের বিভাজন এমনভাবে ঘটতে পারে যে সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন দুটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির যে কোনটি গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় :

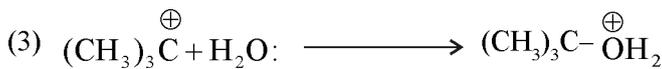
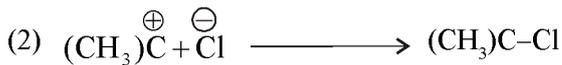


অসমবিভাজনের ফলে আয়নযুগল উৎপন্ন হয়। অসমবিভাজনের ফলে কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বানায়ন উৎপন্ন হতে পারে। কোন জৈব আয়নের কার্বন ধনাত্মক আধান বহন করলে আয়নটিকে কার্বোক্যাটায়ন বলে। জৈব আয়নের কার্বনে ঋণাত্মক আধান থাকলে আয়নটিকে কার্বানায়ন বলে। অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



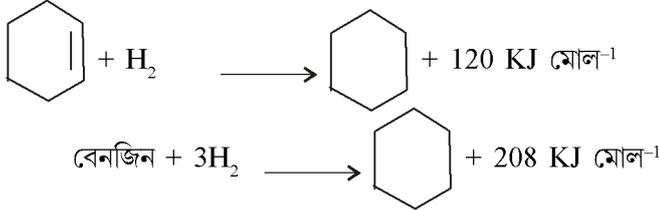
হাইপারকনজুগেশন দিয়ে এই ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

- জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার দুটি বিশদ ভাগ হল আয়নীয় বিক্রিয়া ও মুক্তমূলক বিক্রিয়া।
- জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনেকসময় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত-র মধ্যবর্তী পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই পদার্থগুলিকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যস্থ বলা হয়। এই মধ্যস্থগুলি ক্ষণস্থায়ী এবং বিক্রিয়াকালীন অবস্থায় সহজেই বিক্রিয়াজাত পদার্থে পরিণত হয়ে যায়। কার্বোক্যাটায়ন, কার্বানায়ন, মুক্তমূলক, কার্বিন ($\text{R}_2\text{C}:$) হল জৈব বিক্রিয়ার ক্রিয়াশীল মধ্যস্থ। এই মধ্যস্থগুলি খুব ক্রিয়াশীল এবং অতি দ্রুত বিক্রিয়াজাত পদার্থে পরিণত হয়ে যায়।
- (1) সমবিভাজনের বিপরীত প্রক্রিয়ায়, (2) অসমবিভাজনের বিপরীত প্রক্রিয়ায় এবং (3) প্রশম অণুর সঙ্গে কোন আয়নের সংযুক্তির প্রক্রিয়ায় সমযোজী বন্ধন গঠিত হতে পারে :

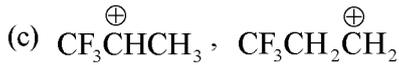
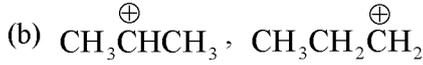
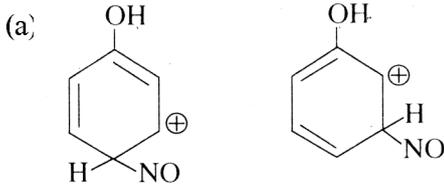


2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

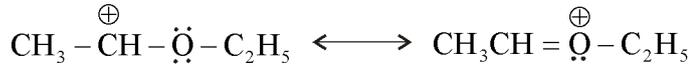
- (1) কোন্ ক্রিয়ার ফলে $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ অণুটির 2নং কার্বনে স্বল্প ধনাত্মক আধান থাকে? ক্রিয়াটি বুঝিয়ে বলুন।
- (2) আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়ার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?
- (3) স্থানীভূত (লোকালাইজড) ও স্থান-অতিক্রান্ত (ডিলোকালাইজড) বন্ধন বলতে কী বোঝায়? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- (4) (i) কোন্ ধরনের অণুগুলির ক্ষেত্রে রেজোন্যান্স গঠন লেখা যায়?
 (ii) সমতলিকতা রেজোন্যান্সের একটি অবশ্য পালনীয় শর্ত কেন?
 (iii) রেজোন্যান্স শক্তি বলতে কী বোঝায়? নিচের তথ্যগুলি থেকে বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি গণনা করুন।



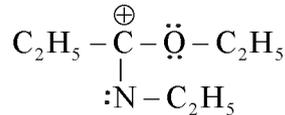
- (5) (i) নিচের জোড়গুড়ির মধ্যে কোন্টি অধিকতর সুস্থির?



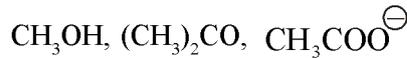
- (ii) নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটির মধ্যে প্রকৃত রেজোন্যান্স হাইব্রিড কোন্টির অবদান বেশি? কেন?



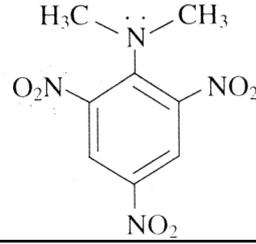
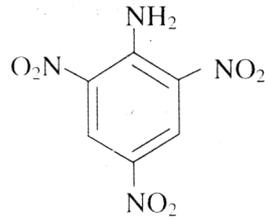
- (ii) নিচের কার্বোক্যাটায়নটির ক্যানোনিকাল গঠনগুলি আঁকুন এবং কোন্ ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান সবথেকে বেশি কারণসহ লিখুন।



- (6)(a) সংক্ষিপ্ত কারণসহ C-O বন্ধন-দূরত্বের হ্রাসমান ক্রম অনুসারে সাজান



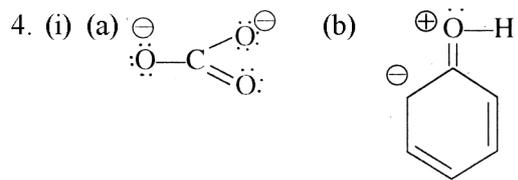
- (b) ইউরিয়া (NH_2CONH_2)-তে অ্যাসিড যোগ করলে একটি H^+ যুক্ত হয়। প্রোটোনেশন নাইট্রোজেনে হয় না অক্সিজেনে হয়?
7. মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়ন বলতে কী বুঝায়। একটি করে উদাহরণ দিন।
- 8.(a) হাইপারকনজুগেশন বলতে কী বোঝায়?
 (b) প্রোপিন-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি আঁকুন।
- 9.(a) একটি সমযোজী বন্ধন কতভাবে বিভাজিত হতে পারে? A-B এই কাল্পনিক অণুকে উদাহরণস্বরূপ নিয়ে আলোচনা করুন।
 (b) জৈব বিক্রিয়ার চারটি ক্রিয়াশীল মধ্যস্থ উল্লেখ করুন।
 (c) টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে কী মধ্যস্থ উৎপন্ন হয়?
- 10.(a) মিথাইল ক্লোরাইড ও টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইডের মধ্যে কোনটির জলে অসমবিভাজন সহজে ঘটে? কেন?
 (b) টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইড ও টারসিয়ারি-বিউটাইল অ্যালকোহলের মধ্যে কোনটির অসমবিভাজন সহজে হয়? কেন?
 (c) প্রোটোনেশনের ফলে নিম্নলিখিত যৌগদুটির মধ্যে কোনটির রেজোন্যান্স শক্তির বেশি হ্রাস পায়? কেন?



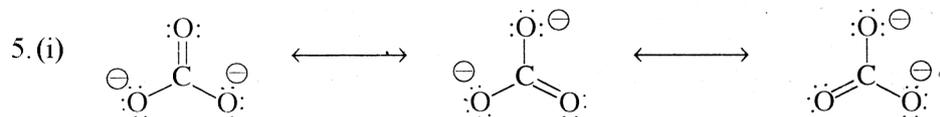
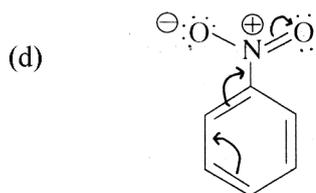
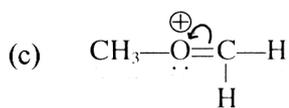
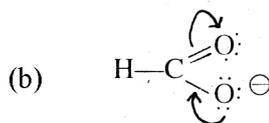
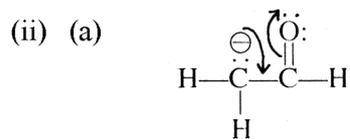
2.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী

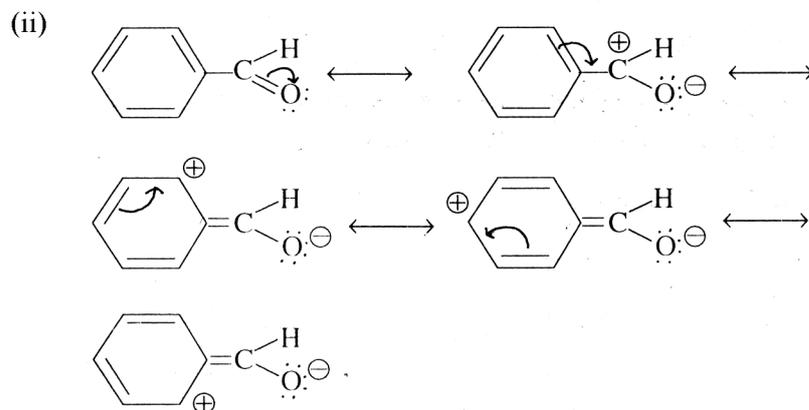
- 1.(i)(a) মিথ্যা। (b) সত্য। (c) মিথ্যা। (d) মিথ্যা। (e) মিথ্যা।
 (ii) O^- , COO^- -ইলেকট্রনমোচনকারী (+1) মূলক। CN , NR_3^+ , COOH , OR -ইলেকট্রন-অপসারী (-1) মূলক। হাইড্রোজেন পরমাণুর সাপেক্ষে।
- 2.(i) স্থানীভূত দ্বি-বন্ধনযুক্ত।
 (ii) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (iii) স্থানীভূত দ্বি-বন্ধনযুক্ত।
 (iv) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (v) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (vi) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (vii) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (viii) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
- 3.(i) মিথ্যা। (ii) সত্য। (iii) মিথ্যা। (iv) সত্য। (v) সত্য। (vi) সত্য। (vii) মিথ্যা।



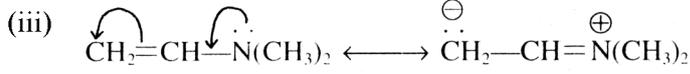
(c)



এক্ষেত্রে আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে।

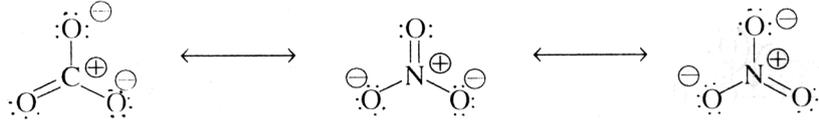


এক্ষেত্রে হেটেরোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে।



এক্ষেত্রে আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে।

6.(i) নাইট্রেট আয়ন নিচের গঠনগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড :



রেজোন্যান্স গঠনগুলি থেকে স্পষ্টতই দেখা যায় প্রতিটি নাইট্রোজেন-অক্সিজেন বন্ধনের ক্ষেত্রে দু'টি গঠনে N-O একবন্ধন ও 1টি বন্ধনে N = O দ্বিবন্ধন আছে। তাই তিনটি নাইট্রোজেন-অক্সিজেন বন্ধনই সমতুল্য এবং এদের বন্ধন-দূরত্ব নাইট্রোজেন-অক্সিজেন এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দূরত্বের অন্তর্বর্তী।

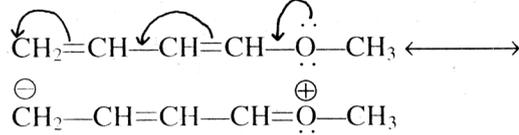
(ii) বেনজিনের দুটি ক্যানোনিকাল গঠনই সমতুল্য। তাই এদের অবদানও সমান— 50% করে। প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম $= (0 + 0.5) + 1 = 1.5$

প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের ক্ষেত্রেই একটি ক্যানোনিকাল গঠনে এক-বন্ধন ও অপর ক্যানোনিকাল গঠনে দ্বি-বন্ধন আছে। তাই প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম একই হবে।

7.(i) (a) এক্ষেত্রে $C = 0$ পৃথকভাবে দুটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গেই ক্রমাঙ্কনীয়, কিন্তু বেনজিন বলয়দুটি পরস্পর ক্রমাঙ্কনীয় নয়। তাই যৌগটি সঙ্কর-ক্রমাঙ্কনীয় যৌগ।

(b) —এই যৌগটির দুটি দ্বি-বন্ধন এবং অক্সিজেনের উপর অবক্ষীয়-

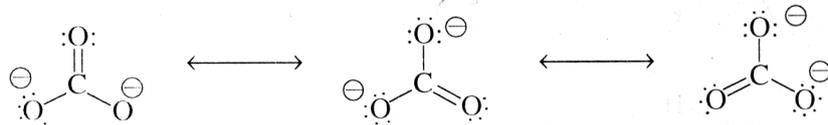
ইলেকট্রনযুগল ক্রমাঙ্কনীয় অবস্থিত।



তাই এই যৌগটি ক্রমাঙ্কনীয় যৌগ, সঙ্কর-ক্রমাঙ্কনীয় যৌগ নয়।

(c) এক্ষেত্রে দুটি দ্বি-বন্ধনই পৃথক পৃথকভাবে অক্সিজেনের অবক্ষীয় ইলেকট্রনযুগলের সঙ্গে ক্রমাঙ্কনীয়, কিন্তু দ্বি-বন্ধন দুটি পরস্পর ক্রমাঙ্কনীয় নয়। তাই এই যৌগটি সঙ্কর-ক্রমাঙ্কনীয় যৌগ।

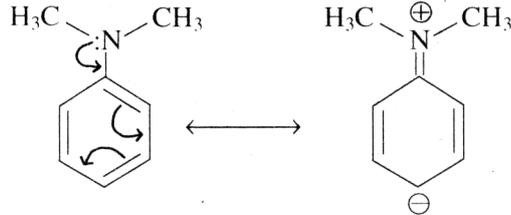
(ii) CO_3^{2-} আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি হল :



CO_3^{2-} আয়নের প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের ক্ষেত্রেই দুটি গঠনে C-O একবন্ধন ও একটি গঠনে C=O দ্বি-বন্ধন আছে। তাই CO_3^{2-} আয়নের তিনটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন-দূরত্বের মানই সমান।

8. (i) পিকরিল আয়োডাইডের 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে অবস্থান করে, কিন্তু এই নাইট্রো-মূলক দুটির অক্সিজেন পরমাণুগুলি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে অবস্থান করে না। বড় আকারের আয়োডিন পরমাণু পাশে থাকার জন্য NO_2 -মূলক দুটির স্থানের সংকুলান হয় না। ফলে C-N বন্ধনের ঘূর্ণন ঘটে এবং অক্সিজেন পরমাণুগুলি বেনজিন বলয়ের সমতল থেকে বিচ্যুত হয়, কিন্তু নাইট্রোজেন পরমাণু বেনজিন বলয়ের সমতলে থেকে যায়।

- (ii) প্রথম যৌগের ক্ষেত্রে রেজোন্যান্স ঘটে :



কিন্তু দ্বিতীয় যৌগে অর্থাৎ অবস্থানে দুটি বড় আকারের মিথাইল মূলক থাকার জন্য রেজোন্যান্স অবদমিত হয়।

• অর্থাৎ 'a' স্থানে π -ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি হয়।

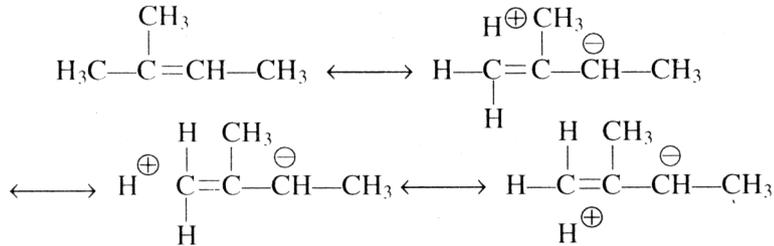
9. (i)



হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুগুলিকে বৃত্তের মধ্যে দেখান হয়েছে।

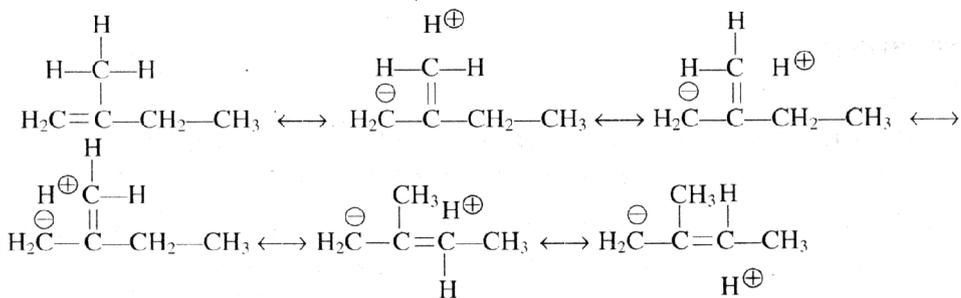
2-মিথাইলবিউট-2-ইন-এর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুর সংখ্যা 9টি এবং 2-মিথাইলবিউট-1-ইন-এর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুর সংখ্যা 5টি।

- (ii) 2-মিথাইলবিউট-2-ইন-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি হল :

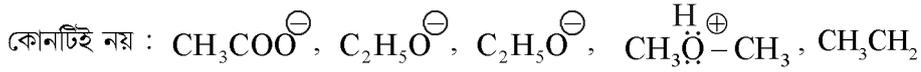
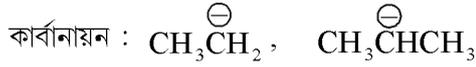


এইরূপ অপর দুটি CH_3 মূলকের হাইড্রোজেনের জন্য আরও ছয়টি।

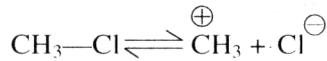
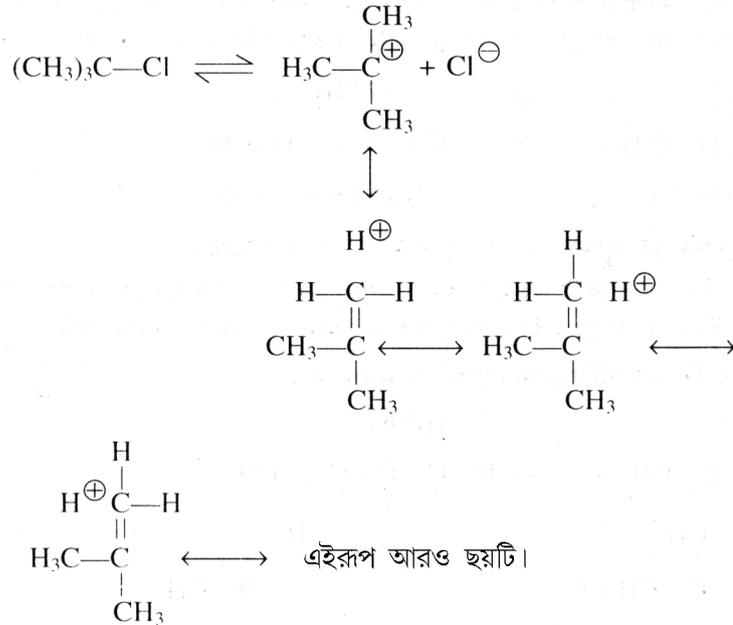
- 2-মিথাইলবিউট-1-ইন-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি হল :



- (iii) 2-মিথাইলবিউট-2-ইন বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন।
 (iv) কারণ এক্ষেত্রে বেশিসংখ্যক হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।



- (ii) $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{Cl}$ -এর $\text{C}-\text{Cl}$ বন্ধনের অসমবিভাজন সহজতর। কারণ অসমবিভাজনের ফলে উৎপন্ন টারসিয়ারি-বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন মিথাইল কার্বোক্যাটায়ন থেকে হাইপারকনজুগেশনের ফলে অধিকতর সুস্থির হয় :



সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (i) আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে।

$\overset{2}{\text{C}}\text{H}_3-\overset{1}{\text{C}}\text{H}_2-\text{Cl}$ অণুতে কার্বনের থেকে ক্লোরিন অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় C_1-Cl বন্ধন প্রবীণ এবং C_1 স্বল্প ধনাত্মক এবং Cl স্বল্প ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। C_1-Cl বন্ধনের প্রবীণতা পার্শ্ববর্তী C_1-C_2 বন্ধনের প্রবীণতা সঞ্চারিত করে : $\overset{\delta\delta+}{\text{C}}\text{H}_2 \rightarrow \overset{\delta+}{\text{C}}\text{H}_2 \rightarrow \overset{\delta-}{\text{Cl}}$ । এই ক্রিয়াকে আবেশীয় ক্রিয়া বলে। এই আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে C_2 -তে খুব স্বল্প তড়িৎ-ঋণাত্মক আধান (C_1 -থেকে কম) থাকে।

2. আবেশীয় ক্রিয়ার দ্বারা ধ্রুবীকরণ অণুর σ -বন্ধনের মাধ্যমে সঞ্চারিত হয় আর ক্ষেত্রজ ক্রিয়ার অণুর এক অংশের প্রভাবে অন্য অংশের ধ্রুবীকরণ ত্রিমাত্রিক শূন্যের মাধ্যমে বা দ্রাবক অণুর মধ্যে দিয়ে সঞ্চারিত হয়। কোন অণুর মধ্যে এই দুই ক্রিয়ার পার্থক্য করা খুবই কঠিন। দুটি ক্রিয়াই একযোগে কাজ করে।

3. আলোচনা 2.2.2 দেখুন।

4. (i) নিচের অণুগুলির জন্য রেজোন্যান্স গঠন লেখা যায় :

(a) যে অণুতে দ্বি-বন্ধন এবং/বা ত্রি-বন্ধন ক্রমান্বয়ে উপস্থিত। যেমন,



(b) যে অণুতে দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে ক্রমান্বয়ী। যেমন,



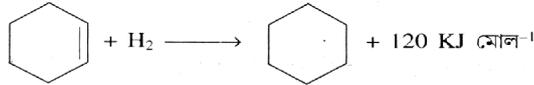
আরও উদাহরণ হল :



(ii) সমতলিকতা অর্থাৎ রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুদের একই তলে বা প্রায় একই তলে অবস্থান করা রেজোন্যান্সের একটি অবশ্য পালনীয় শর্ত কারণ রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণকারী পরমাণুগুলি একই তলে অবস্থান করলে তাদের উপরে অবস্থিত p-কক্ষকগুলি সমান্তরাল থাকে, ফলে এই p-কক্ষকগুলির মধ্যে কার্যকর পাশাপাশি অভিলেপন ঘটেতে পারে। পরমাণুগুলি একই তলে না থাকলে p-কক্ষকগুলি সমান্তরাল থাকে না, তাদের মধ্যে অভিলেপন ঘটে না এবং রেজোন্যান্সও হয় না।

(iii) প্রকৃত অণুর শক্তি এবং সর্বাপেক্ষা কম শক্তিসম্পন্ন লুইস-গঠনের (অর্থাৎ, সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠনের) শক্তির যে পার্থক্য সেই শক্তিকে রেজোন্যান্স শক্তি বলে।

দ্বিতীয় অংশ :



কেকুলে গঠন বেনজিনের সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠন। এইট কাল্পনিক 1, 3, 5-সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন। ধরা যায়, এই কাল্পনিক যৌগটিকে হাইড্রোজেনেশন করলে সাইক্লোহেক্সিনের হাইড্রোজেনেশনের ফলে নির্গত শক্তির তিনগুণ শক্তি নির্গত হবে। অর্থাৎ এটি থেকে 3×120 বা 360 KJ মোল^{-1} শক্তি নির্গত হবে।

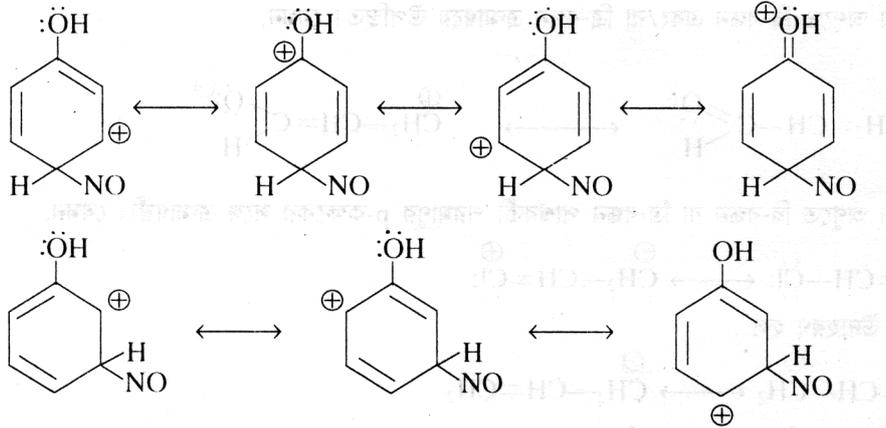
প্রকৃত বেনজিনের হাইড্রোজেনেশন করলে 208 KJ মোল^{-1} শক্তি নির্গত হয়।

∴ বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি

$$= (360-208) \text{ KJ মোল}^{-1}$$

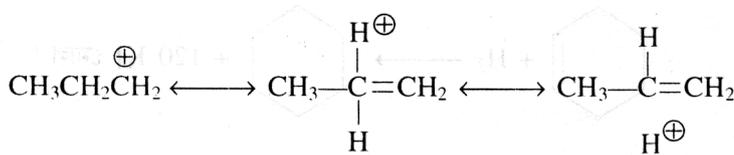
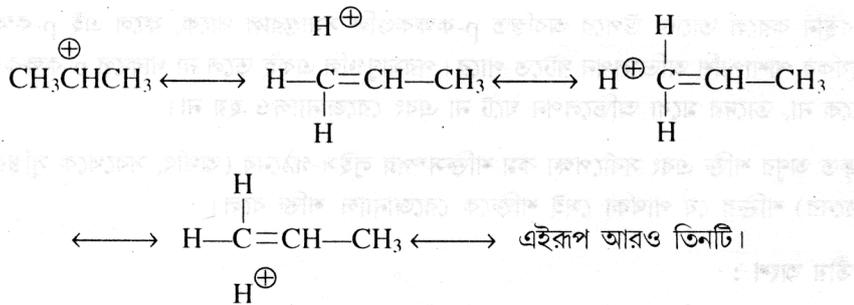
$$= 152 \text{ KJ মোল}^{-1}$$

(5) (i)(a)

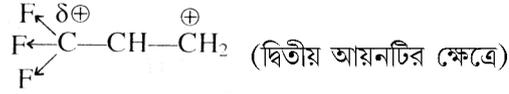
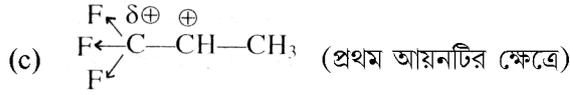


প্রথমটির ক্ষেত্রে একটি বেশি ক্যানোনিকাল গঠন (শেষটি) লেখা যায়। এই ক্যানোনিকাল গঠন শুধু একটি অতিরিক্ত ক্যানোনিকাল গঠনই নয়, সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠনও বটে, কারণ এই ক্যানোনিকাল গঠনে পরমাণুগুলির কক্ষকপূর্তি ঘটেছে। এইরকম কোন ক্যানোনিকাল গঠন দ্বিতীয় আয়নটির ক্ষেত্রে লেখা যায় না। তাই প্রথমটিই অধিকতর সুস্থির।

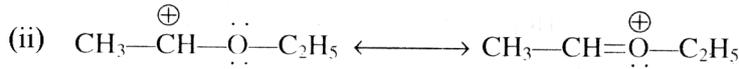
(b)



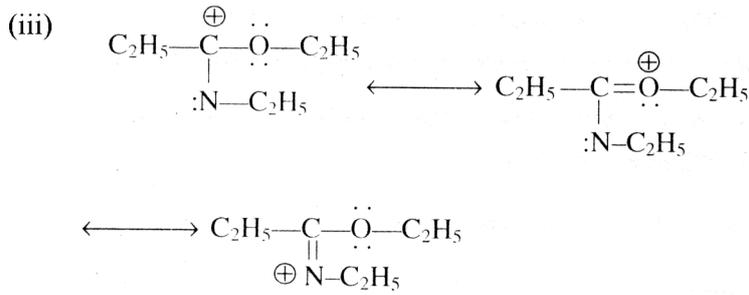
প্রথমটি সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন এবং দ্বিতীয়টি প্রাইমারি কার্বোক্যাটায়ন। প্রথমটির ক্ষেত্রে মূলটি ছাড়া আরও ছয়টি হাইপার-কনজুগেশন গঠন লেখা যায়। দ্বিতীয়টির ক্ষেত্রে মূলটি ছাড়া মাত্র আর দুটি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। তাই প্রথমটি অধিকতর সুস্থির।



প্রথম আয়নটির ক্ষেত্রে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুতে ধনাত্মক চার্জ থাকায় পারস্পরিক বিকর্ষণ ঘটে। তাই দ্বিতীয় আয়নটিই অধিকতর সুস্থির।

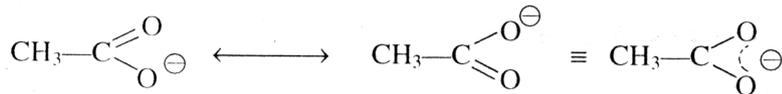


দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান বেশি। কারণ যদিও এই ক্যানোনিকাল গঠনে কার্বনের থেকে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু অক্সিজেনে ধনাত্মক আধান আছে, এই ক্যানোনিকাল গঠনে পরমাণুগুলির কক্ষকপূর্তি ঘটেছে এবং এতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যাও বেশি।



তৃতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটির সবথেকে অবদান বেশি, কারণ এই ক্যানোনিকাল গঠনটি তিনটির মধ্যে সবথেকে বেশি সুস্থির। প্রথম ক্যানোনিকাল গঠনে ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণুটিতে অষ্টকপূর্তি হয়নি; তাই এর স্থায়িত্ব সবথেকে কম। দ্বিতীয় ও তৃতীয় ক্যানোনিকাল গঠনে পরমাণুগুলির কক্ষকপূর্তি ঘটেছে, কিন্তু দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনে নাইট্রোজেনের থেকে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু অক্সিজেনে ধনাত্মক আধান আছে। তাই তৃতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটি অধিকতর সুস্থির।

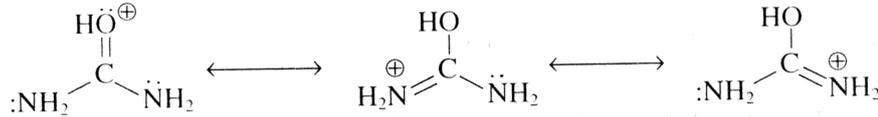
6 (a) C-O বন্ধন-দূরত্বের ক্রমক্রমসমান ক্রম হল : $\text{H}_3\text{C} - \text{OH} > \text{CH}_3\text{COO}^{\ominus} > (\text{CH}_3)_2\text{C} = \text{O}$
কারণ, $\text{CH}_3 - \text{OH}$ -এ C-O একবন্ধন আছে, তাই এখানে C-O বন্ধন-দূরত্ব সবথেকে বেশি।
 $\text{CH}_3\text{COO}^{\ominus}$ দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড :



অর্থাৎ, এখানে C–O বন্ধন-দূরত্বই সমান এবং এই বন্ধন-দূরত্ব C–O এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দূরত্বের অন্তর্বর্তী।
তাই এখানে C–O বন্ধন-দূরত্ব CH₃–OH-এর C–O বন্ধন-দূরত্ব থেকে কম।
(CH₃)₂C = O-তে কার্বন-অক্সিজেন দ্বি-বন্ধন আছে। তাই এখানে C–O বন্ধন-দূরত্ব সবথেকে কম।

(b) একটি H[⊕] ইউরিয়ার নাইট্রোজেনে যুক্ত হলে উৎপন্ন হয় $\text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\overset{\text{O}:\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$, যার ধনাত্মক আধানকে স্থান-অতিক্রান্ত করে অন্য কোন ক্যানোনিকাল গঠন আঁকা যায় না।

একটি H[⊕] ইউরিয়ার অক্সিজেনে যুক্ত হলে উৎপন্ন হয় $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{H}\text{O}^{\oplus}}{\parallel}{\text{C}}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$, যেটি রেজোন্যান্সের জন্য সুস্থিরতা অর্জন করে :



তাই প্রোটোনেশন অক্সিজেনে হয়।

7. যোজ্যতাকক্ষে এক বা একাধিক অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকলে সেই পরমাণু বা মূলককে মুক্তমূলক বলে।

উদাহরণ : CH₃• (মিথাইল মুক্তমূলক)—কার্বনের যোজ্যতাকক্ষে একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে।

কোন জৈব আয়নের কার্বন ধনাত্মক আধান বহন করলে আয়নটিকে কার্বোক্যাটায়ন বলা হয়।

উদাহরণ : (CH₃)₃C[⊕] (টারসিয়ারি-বিউটাইল কার্বোক্যাটায়ন)।

কোন জৈব আয়নের কার্বন ঋণাত্মক আধান বহন করলে আয়নটিকে কার্বানায়ন বলা হয়।

উদাহরণ : :CH_3^{\ominus} (মিথাইল কার্বানায়ন)।

8.(a) আলোচনা 2.4 দেখুন।

(b) আলোচনা 2.4 দেখুন।

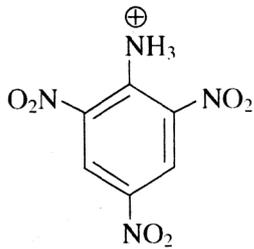
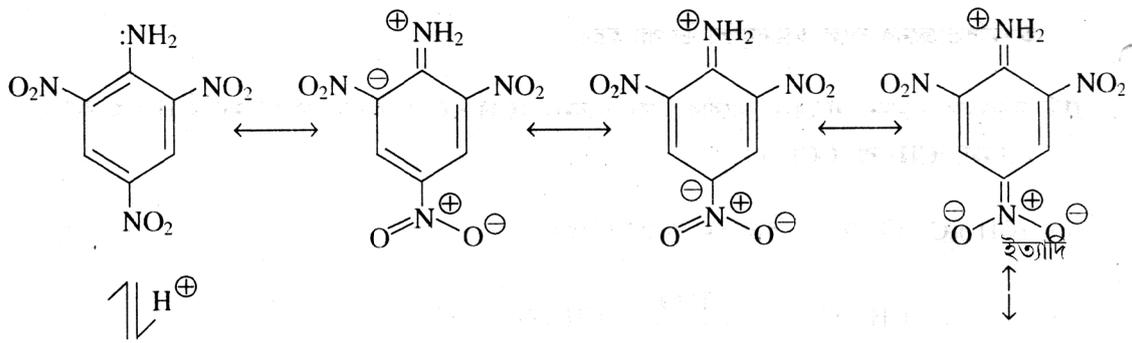
9.(a) সমযোজী বন্ধন দু'ভাবে বিভাজিত হতে পারে :

(b) সমবিভাজন : সমবিভাজন বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির উভয়েই একটি করে ইলেকট্রন নিয়ে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়।

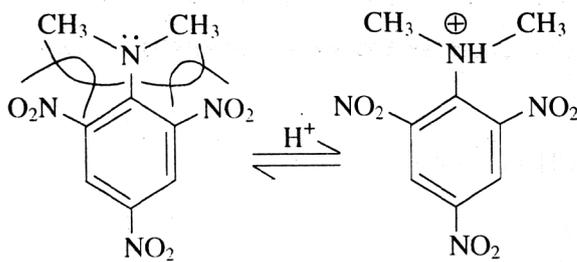


সমবিভাজনের ফলে মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।

(c) 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোঅ্যানিলিনের রেজোন্স্যান্স শক্তির বেশি হ্রাস হয়। কারণ, N, N-ডাইমিথাইল জাতকের ক্ষেত্রে স্টেরিক কারণে রেজোন্স্যান্স অবদমিত হয়। ফলে, ডাইমিথাইলঅ্যামিনো-মূলকে নাইট্রোজেনে প্রোটোনেশন হলে রেজোন্স্যান্সে প্রভাব পড়ে না। কিন্তু 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোঅ্যানিলিনের NH₂-মূলকের অবক্ষীয় ইলেকট্রনযুগল বেনজিন বলয়ের এবং নাইট্রো-মূলকের সঙ্গে রেজোন্স্যান্সে অংশগ্রহণ করে। এখন NH₂-মূলকে প্রোটোনেশন হলে এই রেজোন্স্যান্স আর ঘটে না, তাই রেজোন্স্যান্স শক্তির বেশি হ্রাস হয়।



(ধনাত্মক আধান রেজোন্স্যান্সের মাধ্যমে স্থান-অতিক্রান্ত হতে পারে না।)



(এক্ষেত্রেও রেজোন্স্যান্স হয় না।)

(স্টেরিক কারণে রেজোন্স্যান্সের অবদমনের ফলে N-এর অবক্ষীয় ইলেকট্রনের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্স্যান্স হয় না।)

একক 3 □ সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য

3.2 পেট্রোলিয়াম : অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের উৎস

3.2.1 সংযুক্তি

3.2.2 পেট্রোলিয়ামের আংশিক পতন

3.2.4 ক্র্যাকিং

3.2.5 সাংশ্লেষিক পেট্রোলিয়াম

3.2.6 সিটেন সংখ্যা

3.3 নামকরণ

3.4 সমাবয়বতা

3.5 অ্যালকেন এবং সাইক্লোঅ্যালকেনের প্রস্তুতি

3.5.1 স্যাঁবাটিয়ার-সেনডারেনস্ বিজারণ

3.5.2 হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া

3.5.3 অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ

3.5.4 কোরে-হাউস অ্যালকেন সংশ্লেষণ (Corey-House alkane synthesis)

3.5.5 গ্রিগনার্ড বিকারকের আর্দ্রবিশ্লেষণ

3.5.6 উর্জ বিক্রিয়া

3.5.7 কোলবের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি

3.5.8 কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডি-কার্বক্সিলেশন

3.5.9 সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতি

α , ω —দ্বি-হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ থেকে

ম্যালেরিয়া এস্টার সংশ্লেষণ

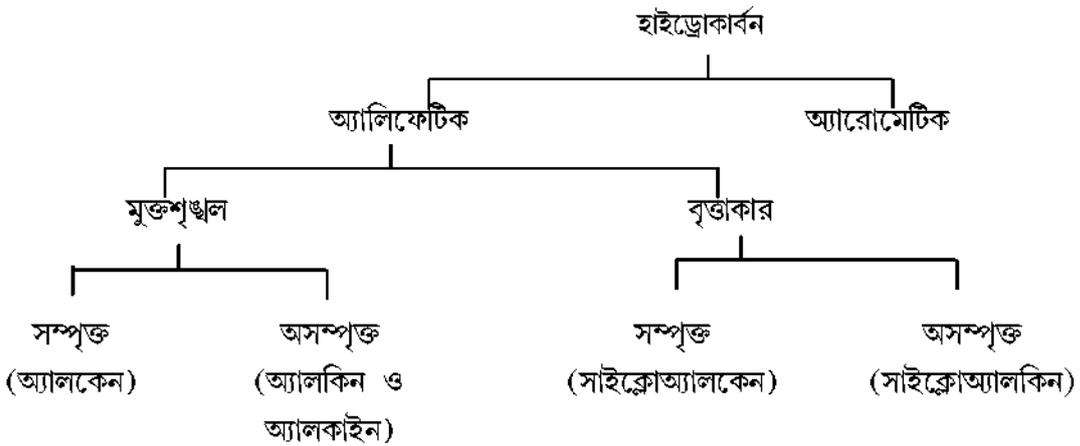
1.4 (বা তার অধিক)—ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম, বোরিয়াম (বা থোরিয়াম) লবণ থেকে

ডিকম্যান বিক্রিয়া

- 3.6 অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের ভৌত ধর্ম
- 3.7 অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া
- 3.7.1 হ্যালোজিনেশন
- 3.7.2 নাইট্রেশন
- 3.7.3 সালফোনেশন
- 3.7.4 দহন
- 3.7.5 তাপবিভাজন
- 3.7.6 সমাবয়বী রূপান্তর
- 3.7.7 সাইক্লোঅ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া
- 3.8 সারাংশ
- 3.9 সর্বশেষ প্রণাবলী
- 3.10 উত্তরমালা

3.1 প্রস্তাবনা

কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে। আণবিক গঠনের উপর ভিত্তি করে হাইড্রোকার্বনগুলিকে মূলত দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয় : অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক। অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনকে পুনরায় দুটি ভাগ করা হয় : মুক্তশৃঙ্খল এবং বৃত্তাকার। উভয়কেই আবার সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে পৃথক করা হয়।



এই এককটিতে আমরা অ্যালকেন এবং সাইক্লোঅ্যালকেন সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

মুক্ত সরল শৃঙ্খল অথবা শাখাশৃঙ্খল যুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনসমূহকে অ্যালকেন বলে।

এদের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2} । এই হাইড্রোকার্বনগুলিকে 'প্যারারফিন'ও বলা হয়। বন্ধ-শৃঙ্খলযুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বন বা সাইক্লোঅ্যালকেন বলে। সাইক্লোঅ্যালকেনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n} । যেহেতু এই হাইড্রোকার্বনগুলি পেট্রোলিয়াম থেকে সংগ্রহ করা যায় তাই পেট্রোলিয়ামই হল এদের প্রধান প্রাকৃতিক উৎস। এজন্য বর্তমান এককটিতে আমরা পেট্রোলিয়ামের সংযুক্তি ও পৃথকীকরণ সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

এই এককটিতে অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন-এর নামকরণ, সমাবয়বতা, প্রস্তুতি, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা করা হয়েছে। অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন-এর কনফরমেশন (conformation) সম্বন্ধে পর্যায় 2-এর একক 9 ও একক 10-এ বিস্তৃত আলোচনা করা হয়েছে। তাই এই এককে এর পুনরাবৃত্তি করা হলো না।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে যে তথ্য জানতে পারবেন এবং ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করতে পারবেন সেগুলি হলো :

- পেট্রোলিয়াম বলতে কী বুঝায়, এর গঠন কী এবং কিভাবে পেট্রোলিয়াম বিশোধন করা হয়,
- অক্টেন সংখ্যা এবং সিন্টেন সংখ্যা বলতে আমরা কী বুঝি এবং এদের প্রয়োজনীয়তা কোথায়,
- এই হাইড্রোকার্বনগুলির নামকরণ কী কী পদ্ধতিতে করা হয়,
- সমাবয়বতা বলতে আমরা কী বুঝি এবং একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট যৌগের বিভিন্ন সমাবয়ব কীভাবে উপস্থাপিত করা যায় এবং এদের সংখ্যা কত,
- বিভিন্ন পদ্ধতিতে অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের প্রস্তুতি এবং
- সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলির ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া।

3.2 পেট্রোলিয়াম (Petroleum) : অ্যালকেনের ও সাইক্লোঅ্যালকেনের উৎস

ল্যাটিন Petra অর্থ পাথর এবং Oleum অর্থ তেল। অর্থাৎ ল্যাটিন ভাষায় এর অর্থ পাথুরে তেল। ভূ-পৃষ্ঠে মাটির নিচে বিভিন্ন গভীরতায় নিশ্চিহ্ন পাথরের মধ্যে পেট্রোলিয়াম সঞ্চিত থাকে।

প্রকৃতিজাত, সান্দ্র এবং সাধারণভাবে কালো রঙের একপ্রকার দাহ্য তৈলাক্ত তরল—যা' মাটির নিচের গচ্ছিত ভাণ্ডার থেকে আহরণ করা হয়, তার নাম পেট্রোলিয়াম।

মাটির নিচ থেকে তোলা হয় বলে একে খনিজ তেল ও (mineral oil) বলে।

পেট্রোলিয়াম হলো অ্যালকেন এবং সাইক্লোঅ্যালকেনের মুখ্য উৎস।

অশোধিত পেট্রোলিয়ামকে আংশিক পাতনের মাধ্যমে গ্যসোলিন, ন্যাপথা, কেরোসিন প্রভৃতি অংশে ভাগ করা হয়।

স্বাধীনতার পরে ভারতবর্ষেও পেট্রোলিয়াম উৎপাদন শুরু হয়েছে, যা' চাহিদার মাত্র দুই-তৃতীয়াংশ যোগান দেয়।

3.2.1 সংযুক্তি (Composition) :

স্থানভেদে অপরিশোধিত পেট্রোলিয়ামের সংযুক্তি বিভিন্ন, কিন্তু প্রায় সব নমুনায়ই প্রধান উপাদান সর্বদাই C_1 থেকে C_{40} কার্বন পরমাণুঘটিত সরল ও শাখায়ুক্ত হাইড্রোকার্বন।

এছাড়া সাইক্লোহেক্সেন, ন্যাপথালিন এবং অন্যান্য অ্যারোম্যাটিক (aromatic) হাইড্রোকার্বন অল্পমাত্রায় থাকে। হাইড্রোকার্বনসমূহ ছাড়াও এতে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও সালফারের বিভিন্ন যৌগ এবং ধাতব পদার্থসমূহও অতি সামান্য পরিমাণে থাকে।

পেট্রোলিয়ামের সাথে প্রাকৃতিক গ্যাসও থাকে যার প্রধান উপাদান মিথেন (80%) এবং ইথেন (10%)। অবশিষ্ট 10% হ'ল উচ্চতর হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। হাইড্রোকার্বন ছাড়াও প্রাকৃতিক গ্যাসে কার্বন-ডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন থাকে।

যেহেতু পেট্রোলিয়াম অনেক যৌগের মিশ্রণ তাই খনি থেকে তুলেই একে সরাসরি ব্যবহার করা যায় না।

অশোধিত পেট্রোলিয়ামকে ব্যবহারের উপযোগী উপাদানে পৃথকীকরণকে বিশোধন (refining) বলে।

বিশোধনের প্রথম ধাপ হলো আংশিক পাতন।

3.2.2 পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতন (Fractionation of petroleum) :

অপরিশোধিত তরল পেট্রোলিয়ামকে আংশিক পাতন-প্রণালীতে পাতিত করে কয়েকটি অংশে ভাগ করা হয়।

অপরিশোধিত পেট্রোলিয়ামকে 375° তাপমাত্রায় চুল্লীতে উত্তপ দিয়ে বাষ্পীভূত করে একটি কক্ষে পাঠানো হয় সেখানে চাপ কমিয়ে উদ্বায়ী অংশকে পৃথক করা হয়। এরপর বাষ্পীয় মিশ্রণটিকে একটি লম্বা বুদ্ধবুদ্ধ স্তম্ভের মধ্যে পাঠানো হয়, যেখানে অনেকগুলো স্টেইনলেস-স্টীল নির্মিত ট্রে অনুভূমিক তলে পরপর সাজানো থাকে। বাষ্পীয় মিশ্রণটি যতই স্তম্ভের নিচের দিকে নামতে থাকে ততই এটি ঠাণ্ডা হতে

থাকে এবং এইভাবে স্তরের বিভিন্ন উচ্চতায় বাষ্পের বিভিন্ন অংশ, ঘনীভূত হয়ে সাজানো ট্রে-গুলির মধ্যে জমা হতে থাকে। সর্বাপেক্ষা উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট অংশ স্তরের একেবারে নিচে ঘনীভূত হয়। এইভাবে অপরিশোধিত পেট্রোলিয়াম বাষ্পকে কয়েকটি অংশে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি অংশই বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। তাই ব্যবহার করার পূর্বে প্রত্যেকটি অংশকে পুনরায় শোধন করে নিতে হয়।

উল্লেখযোগ্য পেট্রোলিয়াম-অংশ এবং তার স্ফুটনাঙ্ক পরিসর ও মুখ্য ব্যবহার নিচের সারণীতে দেখানো হল।

সারণি 3.1 : পেট্রোলিয়ামের অংশীকরণ

নাম	স্ফুটনাঙ্ক (° সেল.)	অ্যালকেনের মিশ্রণ	ব্যবহার
প্রাকৃতিক গ্যাস		C_1-C_6	জ্বালানিরূপে
হালকা পেট্রোল	20-100	C_5-C_7	দ্রাবকরূপে
বেনজাইন	70-90	C_6-C_7	নির্জলা ঘৌত শিল্পে (ড্রাই ক্লিনিং)
লিগেরাইন	80-120	C_6-C_8	দ্রাবকরূপে
পেট্রোল (গ্যাসোলিন)	70-200	C_6-C_{11}	মোটর যান, উড়োজাহাজের জ্বালানিরূপে
কেরোসিন (প্যারাফিন তেল)	200-300	$C_{12}-C_{16}$	আলো জ্বালাবার জন্য
গ্যাস তেল বা ডিজেল	300 উপরে	$C_{13}-C_{18}$	জ্বালানিরূপে
লুব্রিকেটিং তেল	„	$C_{16}-C_{20}$	লুব্রিকেটিং তেল হিসাবে
ভেসেলিন	„	$C_{18}-C_{22}$	মলম জাতীয় ঔষধ প্রস্তুতিতে
প্যারাফিন মোম	„	$C_{20}-C_{30}$	মোম প্রস্তুতিতে
অবশিষ্ট (অ্যাসফাল্ট)	„	$C_{30}-C_{40}$	রাস্তা প্রস্তুতিতে

3.2.3 ক্র্যাকিং (Cracking) :

তাপ প্রয়োগে জৈব যৌগের বিভাজনকে তাপবিভাজন (pyrolysis) বলে। যখন ইহা অ্যালকেনের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয় তখন এই তাপবিভাজনের নাম ক্র্যাকিং।

পেট্রোলিয়ামের গ্যাসোলিন (C_6-C_{11}) অংশকেই শুধুমাত্র মোটরগাড়ির জ্বালানিরূপে ব্যবহার করা হয়। তাই পেট্রোলিয়াম বা খনিজ তেলের ভারী অংশকে (C_8-C_{22}) তাপবিভাজনে কমসংখ্যক কার্বনঘটিত অ্যালকেনে (গ্যাসোলিন) পরিণত করা হয়।

এই প্রক্রিয়া মুক্তমূলক ক্রিয়াকৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

ক্র্যাকিং প্রক্রিয়া দু'ভাবে ঘটানো হয় :

- (i) তরল অবস্থায় ক্র্যাকিং (Liquid phase cracking) : পেট্রোলিয়ামের ভারী অংশকে (C_8-C_{22}) তরল অবস্থাতেই উচ্চ তাপমাত্রায় ($475-530^\circ$) এবং উচ্চচাপের (প্রতি ইঞ্চিতে $100-1000$ পাউন্ড) মাধ্যমে প্রধানত গ্যাসোলিনে (C_6-C_{11}) পরিণত করা হয়।
- (ii) গ্যাসীয় অবস্থায় ক্র্যাকিং (Vapour phase cracking) : কেরোসিন ($C_{12}-C_{16}$) গ্যাস-তেল (Gas Oil) ($C_{13}-C_{18}$)-কে গ্যাসীয় অবস্থায় উচ্চ তাপমাত্রায় (600°) এবং চাপে (প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে $3.5-10.5$ কিলোগ্রাম) গ্যাসোলিনে পরিণত করা হয়।

3.2.4 সাংশ্লেষিক পেট্রোলিয়াম (Synthetic petroleum) :

সভ্যতার ক্রমবিকাশ এবং শিল্পের প্রসারের সাথে সাথে গ্যাসোলিনের চাহিদাও দিন দিন বেড়ে চলেছে। পেট্রোলিয়ামের প্রাকৃতিক ভাণ্ডার সীমিত। বর্তমানের ক্রমবর্ধমান চাহিদা মেটাতে গিয়ে অদূর ভবিষ্যতে প্রাকৃতিক ভাণ্ডার একেবারে নিঃশেষিত হয়ে যাবে—এই কথা মনে রেখে রসায়ন-বিজ্ঞানীরা গ্যাসোলীন তৈরির সংশ্লেষণ পদ্ধতি আবিষ্কার করেন।

(1) বার্জিয়াস পদ্ধতি (Bergius process) :

এই পদ্ধতিতে প্রথমে কয়লাকে উত্তমরূপে চূর্ণ করা হয়। চূর্ণ কয়লাকে ভারী তেল বা আলকাতরার সঙ্গে মিশিয়ে লেই প্রস্তুত করা হয়। টিন, লেড প্রভৃতি অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গে এই লেই-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়। কয়লার কার্বন পরমাণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকেন উৎপন্ন করে এবং কয়লায় উপস্থিত বৃন্তাকার কার্বন যৌগগুলি বিভাজিত হয়ে ছোট ছোট হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়, যেগুলি পরে হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন পদার্থগুলির আংশিক পাতনে গ্যাসোলিন (200° পর্যন্ত) এবং কেরোসিন (300° পর্যন্ত) পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে এক টন নরম কয়লা থেকে প্রায় 140 গ্যালন পেট্রোলিয়াম পাওয়া যায়।

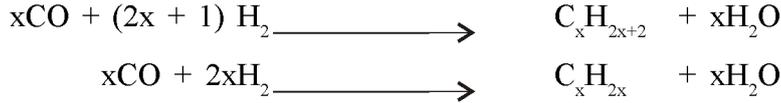
ফ্রেডরিক বার্জিয়াস (Friedrich Bergius) একজন জার্মান বিজ্ঞানী। জন্ম 1884 সালে এবং মৃত্যু 1949 সালে। তিনি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উচ্চচাপের প্রভাব নিয়ে গবেষণা করেন। এই গবেষণার ফলশ্রুতিই কয়লা থেকে সাংশ্লেষিক পেট্রোলিয়াম প্রস্তুতি। জার্মানি প্রথম বিশ্বযুদ্ধের সময় এই পদ্ধতিতেই পেট্রোলিয়াম প্রস্তুত করতে বাধ্য হয়েছিল। কারণ ঐ সময় জার্মানিতে পেট্রলের চাহিদা প্রচণ্ড ছিল কিন্তু জার্মানির প্রাকৃতিক উৎস থেকে তার যোগান দেওয়া সম্ভব ছিল না। এই আবিষ্কারের জন্য 1931 সালে বার্জিয়াস রসায়নে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হয়েছিলেন।

ফিশার-ট্রপস্ পদ্ধতি (Fischer-Tropsch process)

1923 খ্রিস্টাব্দে হ্যানজ ফিশার এবং হ্যানস ট্রপস নামে দু'জন জার্মান-রসায়নবিদ এই পদ্ধতির উদ্ভাবন করেন।

উত্তপ্ত কোকের উপর স্টীম পাঠালে কার্বন-মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ (ওয়াটার-গ্যাস) উৎপন্ন করে।

ওয়াটার-গ্যাসের সাথে অর্ধেক আয়তনের হাইড্রোজেন গ্যাস মিশিয়ে মিশ্রণটিকে অনুঘটকের [কোবাল্ট (100 ভাগ), থোরিয়া (5 ভাগ), ম্যাগনেসিয়া (8 ভাগ) এবং কাইসেলগুর (100 ভাগ)। উপর 200°-600° উষ্ণতায় এবং 1-10 অ্যাটমসফিয়ার চাপে পাঠালে অশোধিত পেট্রোলিয়াম উৎপন্ন হয়।



সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত
হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ

উৎপন্ন অশোধিত পেট্রোলিয়াম পূর্বে আলোচিত পদ্ধতির সাহায্যে বিশোধিত করা হয়।

3.2.5 অক্টেন সংখ্যা (Octane number)

মোটরযানের জ্বালানিরূপে গ্যাসোলিনের ব্যবহার সর্বাধিক। সকল গ্যাসোলিনই মোটর-জ্বালানি হিসাবে সমান কার্যকরী নয়। অক্টেন সংখ্যা'র সাহায্যে উৎকৃষ্ট মানের জ্বালানিকে নিকৃষ্ট মানের জ্বালানির সাথে তুলনা করা হয়। গ্যাসোলিনের গুণগত মান জানবার জন্য অক্টেন সংখ্যা ব্যবহার করা হয়। অক্টেনসংখ্যা যত বেশি হবে জ্বালানি হিসাবে গ্যাসোলিনের মান তত উন্নত বলে ধরা হবে।

2,2,4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন (আইসোঅক্টেন)

[CH₃C(CH₃)₂CH₂CH(CH₃)CH₃] জ্বালানি হিসাবে উৎকৃষ্ট মানের বলে এর অক্টেন সংখ্যা 100 ধরা হয়। অপরপক্ষে, n-হেপ্টেন [CH₃CH₂CH₂CH₂CH₂CH₂CH₃] জ্বালানি হিসাবে নিকৃষ্ট মানের বলে 'অক্টেন সংখ্যা' শূন্য ধরা হয়।

0 এবং 100-এর মধ্যে 'অক্টেন সংখ্যা' প্রকাশের জন্য উপরোক্ত যৌগ দুটির মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

আইসোঅক্টেন এবং n-হেপ্টেনের মিশ্রণে শতকরা যত ভাগ আইসোঅক্টেন থাকলে মিশ্রণের জ্বালানি মান পরীক্ষণীয় গ্যাসোলিনের জ্বালানি মানের সমান হবে উহাই (সেই ভাগই) পরীক্ষণীয় গ্যাসোলিনের অক্টেন সংখ্যা।

উদাহরণস্বরূপ, কোন জ্বালানির অক্টেন সংখ্যা 60 বললে বুঝতে হবে যে, জ্বালানি হিসেবে এর মান শতকরা 60 ভাগ আইসোঅক্টেন ও 40 ভাগ n-হেপ্টেনের মিশ্রণের সমান। আধুনিক মোটরগাড়িতে যে জ্বালানি ব্যবহার করা হয় তাদের অক্টেন সংখ্যা 87 থেকে 95-এর মধ্যে থাকে।

দেখা গেছে যে :

- হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খলে শাখাবৃদ্ধির সাথে অক্টেন সংখ্যা বাড়ে।

- হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির সাথে অক্টেন সংখ্যা কমে।
- অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের অক্টেন সংখ্যা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের অক্টেন সংখ্যার চেয়ে বেশি।
- সাইক্লোঅ্যালকেনের অক্টেন সংখ্যা সংশ্লিষ্ট মুক্তশৃঙ্খল অ্যালকেন অপেক্ষা বেশি।

গ্যাসোলিনের অক্টেন সংখ্যা বাড়াবার জন্য টেট্রাইথাইল লেড, $(C_2H_5)_4Pb$ এবং টারসিয়ারি বিউটাইল মিথাইল ইথার, $(CH_3)_3COCH_3$ ব্যবহার করা হয়।

3.2.6 সিটেন সংখ্যা (Cetane number)

ডিজেল-এঞ্জিন ও গ্যাসোলিন-এঞ্জিন ভিন্ন পদ্ধতিতে কাজ করে। যেসব জ্বালানির অক্টেন সংখ্যা কম ডিজেল ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে সেগুলিই বেশি উপযোগী; অর্থাৎ এক্ষেত্রে সরল মুক্তশৃঙ্খল যুক্ত হাইড্রোকার্বন শাখাশৃঙ্খল যুক্ত হাইড্রোকার্বন অপেক্ষা উৎকৃষ্ট জ্বালানি রূপে বিবেচিত হয়। ডিজেল জ্বালানির মান 'সিটেন সংখ্যা' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিশুদ্ধ n -হেক্সাডেকেন (সিটেন, $C_{16}H_{34}$) ডিজেল ইঞ্জিনে উৎকৃষ্ট মানের জ্বালানি ধরা হয় এবং এর সিটেন সংখ্যা 100 দেওয়া হয়। অপরপক্ষে, 1-মিথাইলন্যাপথালিন নিকৃষ্ট মানের জ্বালানি ধরে এর সিটেন সংখ্যা শূন্য (0) দেওয়া হয়।

0 এবং 100-এর মধ্যে সিটেন সংখ্যা প্রকাশের জন্য এদের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

n -হেক্সাডেকেন এবং 1-মিথাইলন্যাপথালিনের মিশ্রণে শতকরা যত ভাগ n -হেক্সাডেকেন থাকলে মিশ্রণের জ্বালানি মান পরীক্ষণীয় জ্বালানির জ্বালানি-মান সমান হবে সেই শতকরা ভাগই পরীক্ষণীয় জ্বালানির সিটেন সংখ্যা।

আধুনিক ডিজেল ইঞ্জিনে যে সমস্ত জ্বালানির সিটেন সংখ্যা 45-এর বেশি সেইগুলি ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী 1

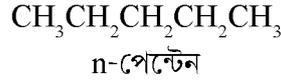
- নিম্নের জোড়া যৌগগুলির মন্যে কোনটির 'অক্টেন সংখ্যা' বেশি?
 - $CH_3(CH_2)_5CH_3$ এবং $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
 - $CH_3CH(CH_3)CH(CH_3)CH_3$ এবং $CH_3(CH_2)_4CH_3$
 - $CH_3CH_2CH=CH_2$ এবং $CH_3CH_2CH_2CH_3$
 - $CH_3CH(CH_3)CH_2CH(CH_3)CH_3$ এবং $CH_3C(CH_3)=CHCH(CH_3)CH_3$
- ক্র্যকিং কাকে বলে? এর সাহায্যে কী করা হয়?
- 'অক্টেন সংখ্যা' কাকে বলে? কোন জ্বালানির অক্টেন সংখ্যা 40 বলতে কী বুঝায়?
- 'সিটেন সংখ্যা' কাকে বলে? কোন জ্বালানির সিটেন সংখ্যা 60 বলতে কী বুঝায়?

3.3 নামকরণ :

সম্পৃক্ত মুক্তশৃঙ্খল ও বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বনের নামকরণ :

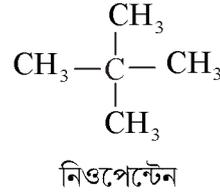
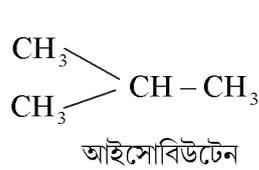
(ক) সম্পৃক্ত মুক্তশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনের সাধারণ নামকরণ :

(1) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খল যদি শাখাবিহীন হয় তাদের নামের আগে 'n' (normal) বসাতে হবে। যেমন—



এদের বৈশিষ্ট্য হলো যে এই হাইড্রোকার্বনের কোন কার্বনই দুটির বেশি কার্বনের সঙ্গে যুক্ত নয়।

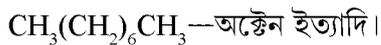
(2) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন শৃঙ্খল যখন শাখায়ুক্ত হয় অর্থাৎ যখন কোন কার্বন পরমাণু তিনটি অথবা চারটি কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে তখন তাদের নামের আগে আইসো (iso) অথবা নিও (neo) বসাতে হয়। যেমন :



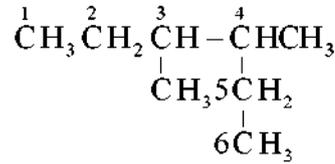
(খ) সম্পৃক্ত মুক্তশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনের IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ :

এই পদ্ধতির নিয়মগুলি সংক্ষিপ্ত আকারে নিচে উল্লেখ করা হলো।

(1) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে এই পদ্ধতিতে অ্যালকেন বলা হয়। যৌগের নামের শেষে 'এন' (ane) বসাতে হয়। যেমন—

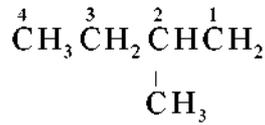


(2) হাইড্রোকার্বনটির দীর্ঘতম শৃঙ্খলটিকে বেছে নিতে হবে এবং সে অনুসারেই যৌগের নামকরণ হবে।
যেমন—

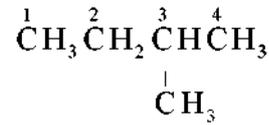


এই যৌগটিতে ছটি কার্বনের শৃঙ্খলই সবচেয়ে বড়। তাই যৌগটি হবে প্রতিস্থাপিত হেক্সেন।

(3) শৃঙ্খলটি শাখায়ুক্ত (অ্যালকিল মূলক) হলে বা শৃঙ্খলটিতে অন্য কোন প্রতিস্থাপক থাকলে তাদের অবস্থান সবচেয়ে কম সংখ্যার সাহায্যে চিহ্নিত করা হয়। যেমন—



2-মিথাইলবিউটেন
(সঠিক)

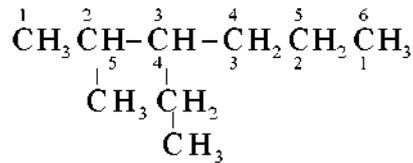


3-মিথাইলবিউটেন
(ভুল)

(4) যদি যৌগের শৃঙ্খলে প্রতিস্থাপকের সংখ্যা বেশি হয় তবে এদের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে নির্দিষ্ট করার সময় মনে রাখতে হবে যে বিভিন্ন সম্ভাবনাগুলির মধ্যে যেটিতে সংখ্যাসমূহের সমষ্টি সবচেয়ে কম সেটিই সঠিক বলে গৃহীত হবে।

সংখ্যা ও প্রতিস্থাপকের নামের মধ্যে হাইফেন (hyphen) বসাতে হবে।

একাধিক প্রতিস্থাপকের নাম উল্লেখ করার সময় প্রতিস্থাপকগুলির ইংরেজী নামের আদ্যাক্ষরের ক্রমানুসারে লিখতে হবে। যেমন—

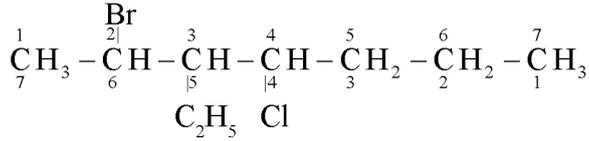


বাদিক থেকে শৃঙ্খলে প্রতিস্থাপক দুটিকে চিহ্নিত করলে 2 ও 3 নম্বর কার্বনে যথাক্রমে মিথাইল ও ইথাইল মূলক দুটি রয়েছে। এখানে 2+3 = 5 আর ডানদিক থেকে কার্বন চিহ্নিত করলে 4 ও 5 নম্বর কার্বনে যথাক্রমে ইথাইল ও মিথাইল মূলক দুটি বর্তমান।

এখানে 4 + 5 = 9। তাই বাঁদিক থেকেই শৃঙ্খলের কার্বন চিহ্নিত করতে হবে।

মিথাইল (methyl) ও ইথাইল (ethyl) মূলকদুটির আদ্যাক্ষর 'm' ও 'e' মূলকগুলির ইংরেজী নামের আদ্যাক্ষরের ক্রমানুসারে সাজিয়ে নামকরণ করতে হবে। তাই ইথাইল মূলকটি আগে এবং মিথাইল মূলকটি পরে উল্লেখ করতে হবে। উপরে উল্লিখিত যৌগটির সঠিক নাম হবে— 3-ইথাইল-2-মিথাইলহেক্সেন।

আরও একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝান হলো।

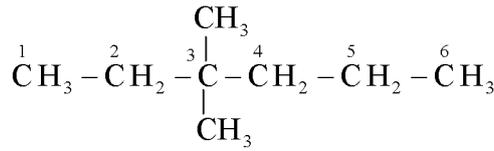


[এখানে মনে রাখতে হবে যে প্রতিস্থাপক ও মূল নামের মধ্যে কোন ফাঁক থাকবে না। অর্থাৎ 3-ইথাইল-2-মিথাইল হেক্সেন লিখলে ভুল হবে। লিখতে হবে 3-ইথাইল-2-মিথাইলহেক্সেন]

2-ব্রোমো-4-ক্লোরো-3-ইথাইলহেক্টেন

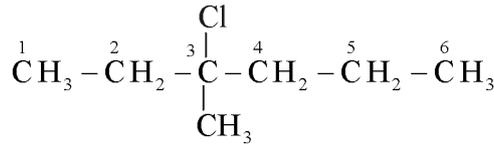
সাধারণত অধিক প্রতিস্থাপক যুক্ত যৌগটি ধরা হয়।

(5) যদি দুটি একই ধরনের প্রতিস্থাপক একই কার্বনে যুক্ত থাকে তবে ঐ কার্বনটিকে যে সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে, সেই সংখ্যাটি দু'বার ব্যবহার করতে হবে এবং কমা (comma) দিয়ে পৃথক করতে হবে। প্রতিস্থাপকগুলির নামের আগে 'ডাই' শব্দ ব্যবহার করতে হবে। যেমন—



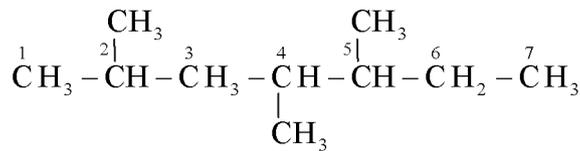
3,3-ডাইমিথাইলহেক্সেন

কিন্তু একই কার্বনে যদি দুটি আলাদা প্রতিস্থাপক যুক্ত থাকে তবে কমা ব্যবহার করা হবে না। তখন 4নং নিয়ম অনুসারে যৌগটির নামকরণ করা হবে। যেমন—



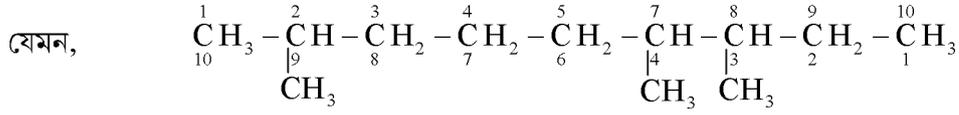
3-ক্লোরো-3-মিথাইলহেক্সেন

যদি তিনটি বা তার বেশি একই ধরনের মূলক কার্বনশৃঙ্খলের ভিন্ন ভিন্ন কার্বনে যুক্ত থাকে তবে মূলকের নামের আগে ট্রাই, টেট্রা, পেন্টা ইত্যাদি বসিয়ে নামকরণ করতে হবে যেমন—



2,4,5-ট্রাইমিথাইলহেক্টেন

এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে যে, প্রতিস্থাপক-যুক্ত কার্বন পরমাণুর উপর আরোপিত সংখ্যাগুলির যোগফল যে সব সময় ন্যূনতম হতে হবে এই ধারণাও সঠিক নয়।

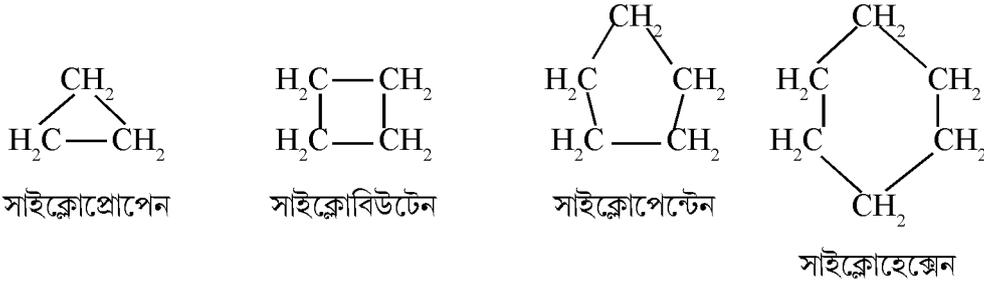


যৌগটির নাম 2,7,8 -ট্রাইমিথাইলঅক্টেন

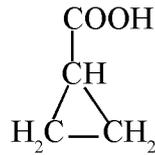
অন্যপ্রাস্ত থেকে গণনা করলে এর নাম হবে 3,4,9-ট্রাইমিথাইলঅক্টেন। প্রথম ক্ষেত্রে সংখ্যাগুলির যোগফল : $2+7+8 = 17$; এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে যোগফল : $3+4+9 = 16$; যোগফল 16 অপেক্ষা 17 বেশি হলেও প্রথম নামকরণটি সঠিক। কারণ, গণনা এমনভাবে করতে হবে যাতে প্রথম পার্থক্যে কার্বনের উপর আরোপিত সংখ্যার মান ক্ষুদ্রতর হয়।

(গ) সম্পৃক্ত বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বনের IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ :

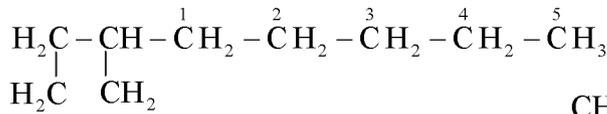
(1) এই পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামের আগে সাইক্লো (cyclo) শব্দটি ব্যবহার করতে হবে।
যেমন—



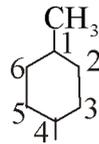
(2) যৌগটি প্রতিস্থাপিত সাইক্লোঅ্যালকেন হলে প্রতিস্থাপকটি বা প্রতিস্থাপকদের সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো। যেমন—



সাইক্লোপ্রোপাইল কার্বক্সিলিক অ্যাসিড



1-সাইক্লোবিউটাইলপেন্টেন



$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

1-মিথাইল-4-প্রোপাইলসাইক্লোহেক্সেন

3.4 সমাবয়বতা :

জৈব যৌগগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীর ভাগ করা যায়। প্রত্যেক শ্রেণীতেই জৈব যৌগের সমাবয়বতা লক্ষ্য করার মত। যে সকল জৈব যৌগ একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অথচ এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য আছে তাদের সমাবয়ব (isomer) বলে।

মুক্তশৃঙ্খল অ্যালকেন যৌগগুলিতে গঠনগত সমাবয়বতা লক্ষ্য করা যায়। নিচে দুটি অ্যালকেন যৌগের (বিউটেন ও পেন্টেন) আণবিক সংকেত, নাম, সমাবয়বের গঠন ও ভৌত ধর্ম (স্ফুটনাঙ্ক) দেখানো হলো।

যৌগের আণবিক সংকেত	যৌগের নাম	সমাবয়বের গঠন	স্ফুটনাঙ্ক °C
C ₄ H ₁₀	n-বিউটেন	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	-0.5
	2-মিথাইলপ্রোপেন	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-10.2
C ₅ H ₁₂	n-পেন্টেন	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	36
	2-মিথাইলবিউটেন	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	28
	2,2-ডাইমিথাইলপ্রোপেন	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	9.4

3.5 অ্যালকেন এবং সাইক্লোঅ্যালকেনের প্রস্তুতি

অ্যালকেন সাধারণত প্রাকৃতিক উৎস—পেট্রোলিয়াম এবং প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে উৎপন্ন করা হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে অতি অবশ্যই সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। (1) অ্যালকিন অথবা অ্যালকাইন; (2) অ্যালকিন হ্যালাইড এবং (3) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে অ্যালকেন তৈরি করা হয়।

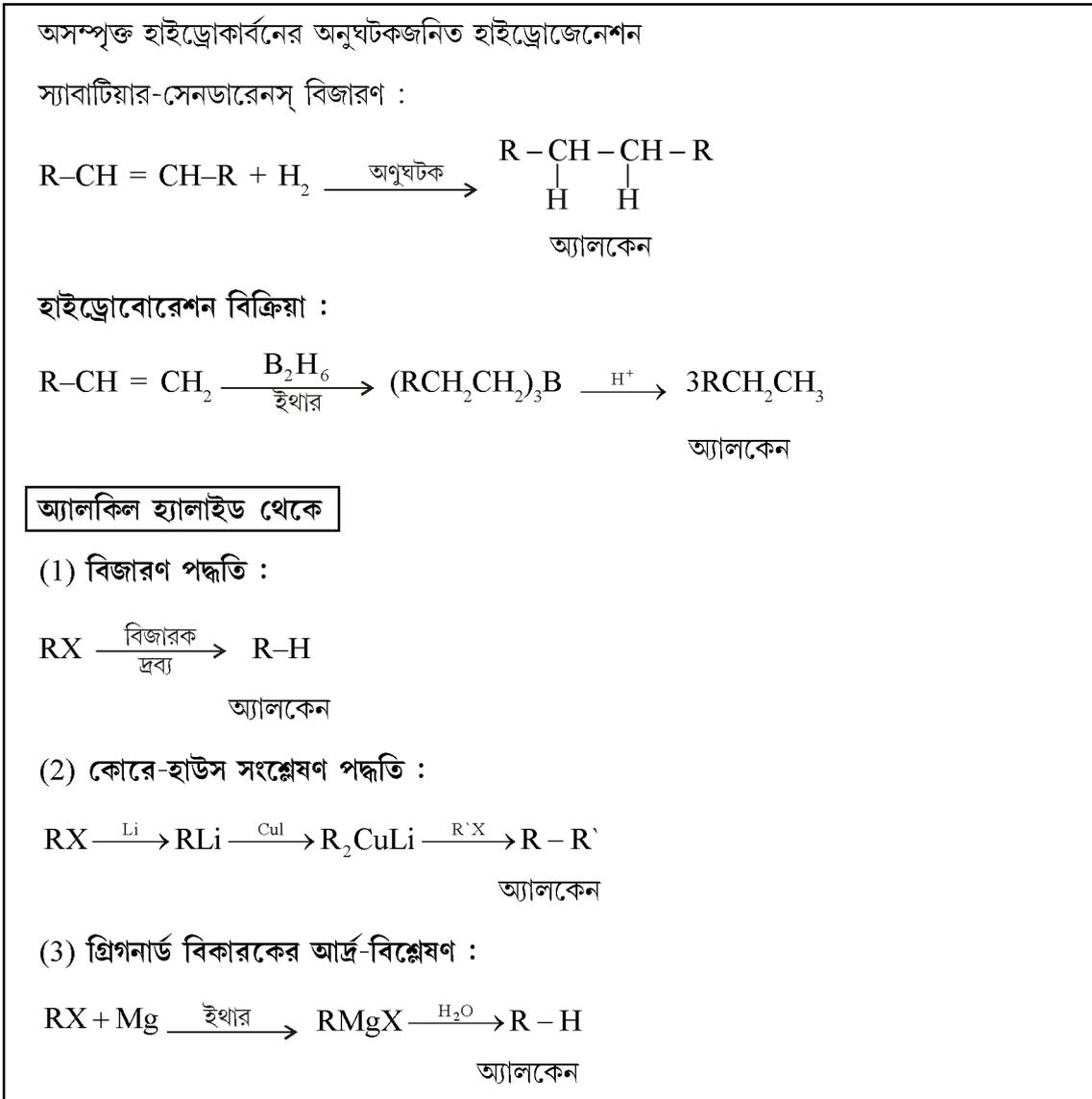
সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে মুক্তশৃঙ্খল অ্যালকেনের দু'প্রান্তে অবস্থিত কার্যকরী মূলকের জ্যামিতিক

অবস্থানের উপর নির্ভর করে। তাই অতি সহজেই সাইক্লোপ্রোপেন তৈরি করা যায়। কিন্তু সাইক্লোঅ্যালকেনে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে প্রস্তুতিও কঠিন হয়ে পড়ে। সাধারণত—

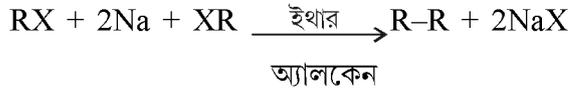
(1) α , ω -দি-হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগ, (2) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড এবং এদের এস্টার থেকে সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়।

অ্যালকেন এবং সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতির উল্লেখযোগ্য পদ্ধতিগুলির সংক্ষিপ্তসার নিচের সারণিতে দেখানো হ'ল।

সারণি 3.2 : অ্যালকেন প্রস্তুতির সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ



(4) উর্জ-বিক্রিয়া :

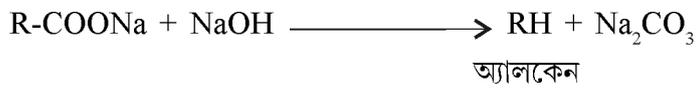


কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে

(1) কোলবের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :



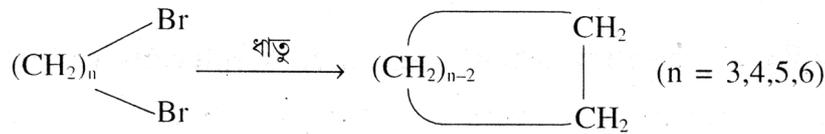
(2) ডি-কার্বক্সিলেশন পদ্ধতি :



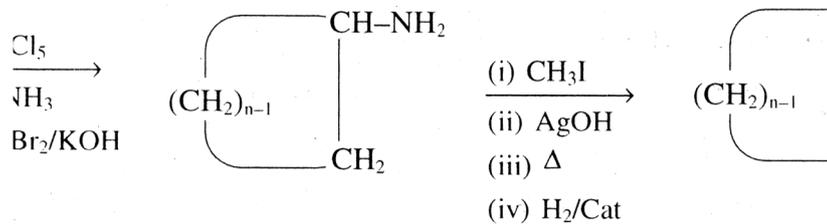
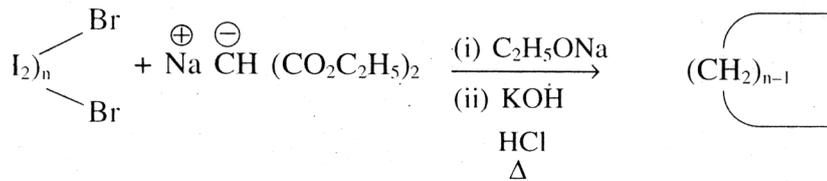
সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতির সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ :

(1) α , ω -দ্বি-হ্যালোজেন সঞ্জাত যৌগের সাথে

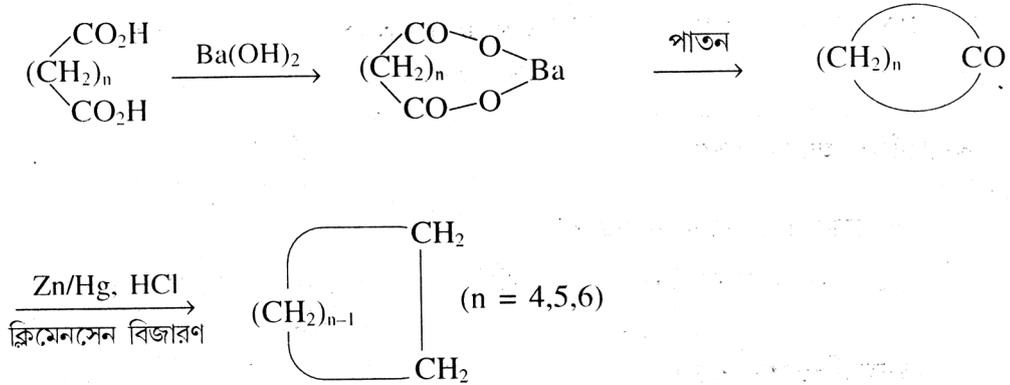
(i) ধাতুর বিক্রিয়ায়



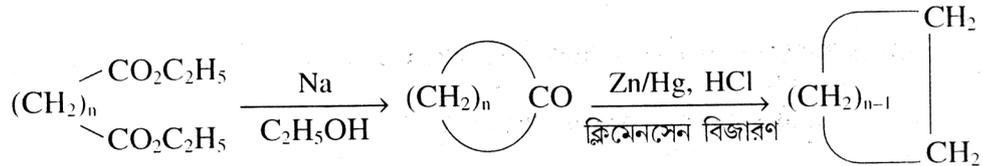
(ii) আলোবিদ্য এসটার সংশ্লেষণ



(2) ডাই-কার্বক্লিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম বা বেরিয়াম লবণের শুষ্ক পাতন :



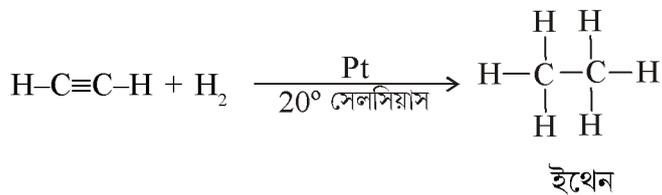
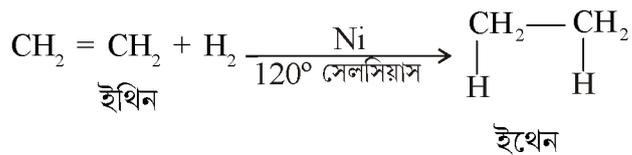
(3) ডিকম্যান বিক্রিয়া :



এখন আমরা উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি সংক্ষিপ্তাকারে আলোচনা করবো।

3.5.1 স্যাভাটিয়ার-সেনডারেনস্ বিজারণ (Sabatier-Senderens reduction) :

প্লাটিনিয়াম, প্যালাডিয়াম, নিকেল প্রভৃতি ধাতব অনুঘটকের উপস্থিতিতে অসম্পূক্ত হাইড্রোকার্বন (অ্যালকিন, অ্যালকাইন) হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়ে অ্যালকেনে পরিণত হয়।



ধাতব অনুঘটকের উপস্থিতিতে অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণের এই পদ্ধতিকে 'স্যাঁবাটিয়ার-সেনারেনস বিজারণ' বলে।

- ব্যবহার : (i) তরল উদ্ভিজ (vegetable oils) কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনকে এই পদ্ধতিতে বিজারিত করে কঠিন স্নেহ-পদার্থে (fats) পরিণত করা হয়। একে অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনেশন (catalytic hydrogenation) বলে।
- (ii) একই যৌগে উপস্থিত অ্যারোমেটিক বলয়, কার্বনিল গ্রুপ এবং কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন/ত্রি-বন্ধনের মধ্যে অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনেশনে পছন্দমতো (selectively) দ্বি-বন্ধন/ত্রি-বন্ধনকে বিজারিত করা যায়। একে কেমোসিলেক্টিভ (chemoselective) বিক্রিয়া বলে।

3.5.2 হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া (Hydroboration reaction) :

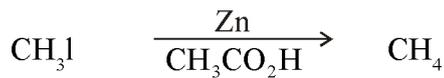
ডাইবোরেনের (B_2H_6) ইথার দ্রবণে অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বন, অ্যালকিন যোগ করলে ট্রাইঅ্যালকিলবোরেন উৎপন্ন হয়। এতে অ্যাসিড দিলে অ্যালকেন পাওয়া যায়।



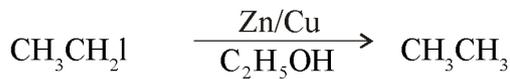
[বিক্রিয়া-কৌশল : একক 4, অ্যালকিন দেখুন]

3.5.3 অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ :

(1) দ্রবীভূত ধাতুর দ্বারা বিজারণ (Dissolving metal reduction) : জিঙ্ক/অ্যাসেটিক অ্যাসিড, জিঙ্ক/হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, জিঙ্ক-কপার যুগল/ ইথানল প্রভৃতির দ্বারা অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণের ফলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



মিথাইল আয়োডাইড মিথেন



ইথাইল আয়োডাইড ইথেন

ক্রিয়া-কৌশল : Zn/Cu এবং C_2H_5OH দ্বারা বিজারণ মুক্তমূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

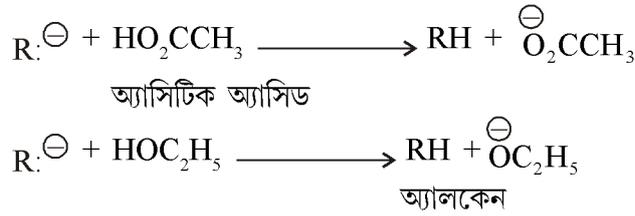
প্রথম ধাপ : ধাতু থেকে নির্গত প্রথম ইলেকট্রনটি অ্যালকিল হ্যালাইডে যুক্ত হয়ে মুক্তমূলক R• এবং হ্যালাইড অ্যানায়ন, X[⊖] উৎপন্ন করে।



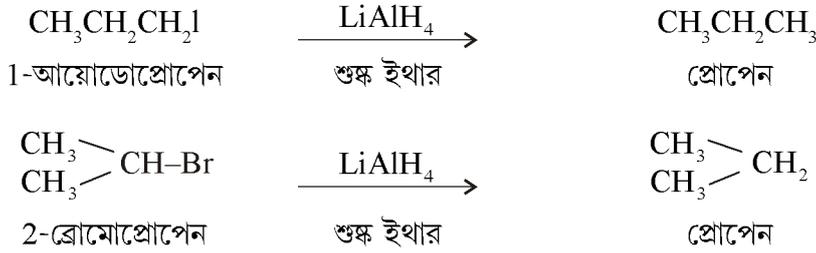
মুক্তমূলক R• দ্বিতীয় ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বানায়ন, R:⊖ উৎপন্ন হয়।



দ্বিতীয় ধাপ : প্রোটিক অ্যাসিড/প্রোটিক দ্রাবক কার্বানায়নকে প্রোটন দান করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



(2) জটিল ধাতব হাইড্রাইড দ্বারা বিজারণ : প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি অ্যালকিল হ্যালাইডকে ইথার দ্রবণে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড (LiAlH₄) দ্বারা সহজেই বিজারিত করা যায়।

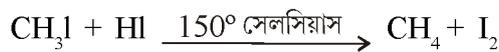


এ ছাড়াও সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড (NaBH₄), ট্রাইফিনাইল টিন হাইড্রাইড (Ph₃SnH) বিজারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(3) অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ (Hydrogenolysis of alkyl halide) : প্রাইমারি, সেকেন্ডারি এবং টারসিয়ারি অ্যালকিল হ্যালাইড অনুঘটকের (রয়ানী নিকেল, Ni; প্যালাডিয়াম-কার্বন, Pd-C) উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা সহজেই বিজারিত হয়ে অ্যালকেনে পরিণত হয়।

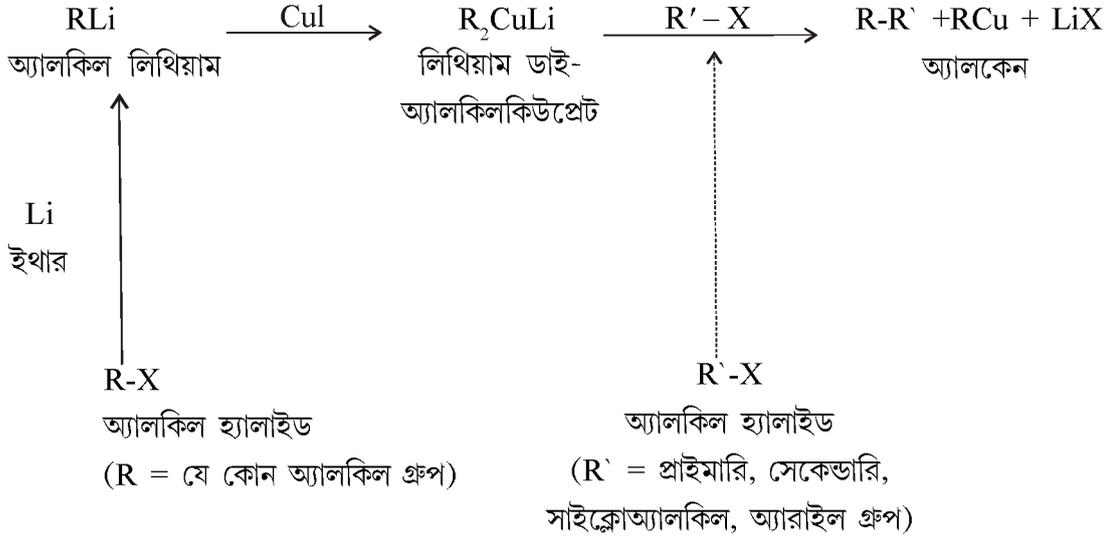


(4) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI) দ্বারা বিজারণ : কেবলমাত্র অ্যালকিল আয়োডাইড ঘন HI দ্বারা 150° সেলসিয়াস উষ্ণতায় বিজারিত হয়।



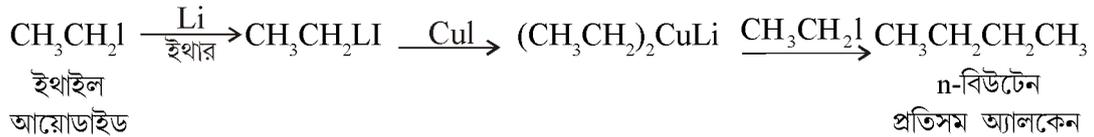
3.5.4 কোরে-হাউস অ্যালকেন সংশ্লেষণ(Corey-House alkane synthesis) :

অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকেন সংশ্লেষণের এটি একটি উত্তম পদ্ধতি। এই পদ্ধতির সংশ্লেষণ-সারণিটি নিম্নরূপ :

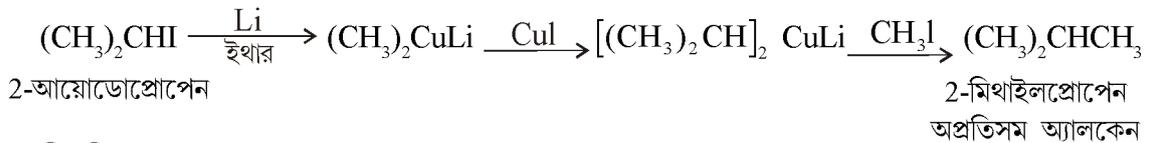


এক্ষেত্রে R এবং R' গ্রুপ দু'টি একই অথবা ভিন্ন হ'তে পারে। যখন, R = R' তখন প্রতিসম (symmetrical) অ্যালকেন; এবং যখন, R ≠ R' তখন অপ্রতিসম (unsymmetrical) অ্যালকেন উৎপন্ন হবে। এই দুই ধরনের অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে এটি একটি খুব ভাল পদ্ধতি।

যখন R = R'



যখন R ≠ R'



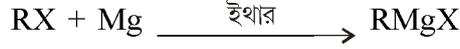
অনুশীলনী-2

কোরে-হাউস সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে 2-মিথাইলবিউটেন যৌগটি কিভাবে তৈরি করবেন?

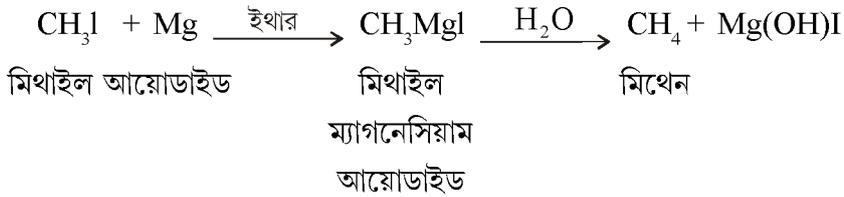
3.5.5 গ্রিগনার্ড বিকারকের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of Grignard reagent) :

অ্যালকিল হ্যালাইডের বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ইথার দ্রবণে ম্যাগনেসিয়ামের (Mg)-এর শুষ্ক চূর্ণ যোগ করলে

ম্যাগনেসিয়াম ধাতু দ্রবীভূত হয়ে অ্যালকিল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (RMgX) উৎপন্ন হয়। একে গ্রিগনার্ড বিকারক (Grignard reagent) বলে।



গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথার দ্রবণে শীতল জল বা লঘু অ্যাসিড যোগ করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

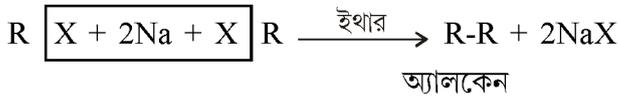


অনুশীলনী-3

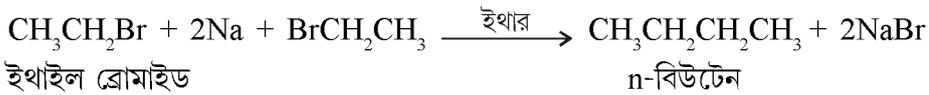
CH₃CH₂MgBr এবং D₂O-এর বিক্রিয়ায় কী মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন হবে? সমীকরণসহ লিখুন।

3.5.6 উর্জ বিক্রিয়া (Wurtz reaction) :

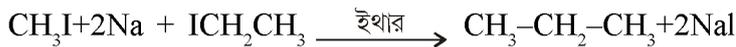
অ্যালকিল হ্যালাইডকে ইথারে দ্রবীভূত করে সোডিয়াম যোগ করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। একে উর্জ বিক্রিয়া বলে।



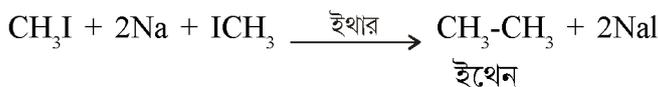
কেবলমাত্র যুগ্ম সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রতিসম অ্যালকেন তৈরির ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়া ব্যবহার করা হয়।

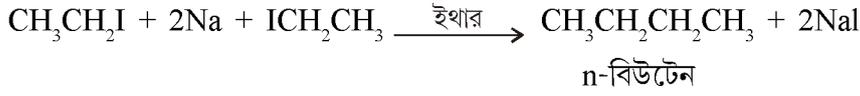


অযুগ্ম সংখ্যক পরমাণুযুক্ত অপ্রতিসম অ্যালকেন তৈরির ক্ষেত্রে দু'টি ভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইডের ব্যবহার প্রয়োজন। এরূপ ক্ষেত্রে একাধিক অ্যালকেন উৎপন্ন হয় যা পৃথক করা কঠিন। তাই অপ্রতিসম অ্যালকেন তৈরির জন্য এই বিক্রিয়ার ব্যবহার উপযুক্ত নয়। প্রোপেন তৈরির ক্ষেত্রে বিক্রিয়া নিম্নরূপ।



কিন্তু একইসঙ্গে ইথেন এবং n-বিউটেন উৎপন্ন হয়।





এক্ষেত্রে প্রোপেন, ইথেন ও n-বিউটেনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

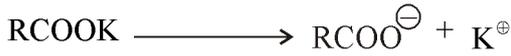
3.5.7 কোলবের তড়িৎ-বিচ্ছেদ পদ্ধতি (Kolbe's electrolytic method) :

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিচ্ছেদ করলে অ্যানোডে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিকে কোলবের তড়িৎ-বিচ্ছেদ পদ্ধতি বলে।

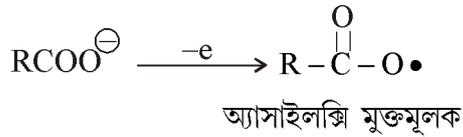


বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল :

জলীয় দ্রবণে লবণটি প্রথমে আয়নিত হয় :



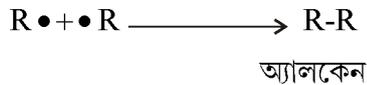
অ্যানোডে বিক্রিয়া



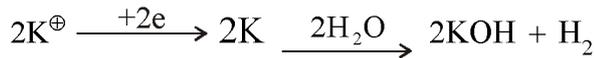
অ্যাসাইলক্সি মুক্তমূলক থেকে স্থায়ী CO_2 অপনীত হয়ে অ্যালকিল মুক্তমূলক, $\text{R}\bullet$ উৎপন্ন হয়।



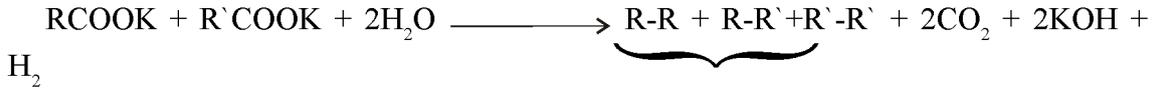
এখন দু'টি অ্যালকিল মুক্তমূলক যুক্ত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



ক্যাথোডে বিক্রিয়া



এই পদ্ধতিতে দু'টি ভিন্ন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণের মিশ্রণ ব্যবহার করলে অ্যালকেনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়, যেগুলোকে সহজে পৃথক করা যায় না।

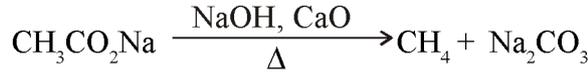


অ্যালকেনের মিশ্রণ

এছাড়া বিক্রিয়াটি মুক্তমূলকের মধ্য দিয়ে ঘটে বলে অনেক অবাঞ্ছিত পার্শ্বপদার্থ উৎপন্ন হয়। তাই বাস্তবে এর ব্যবহার খুবই সীমিত।

3.5.8 কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডি-কার্বক্সিলেশন (Decarboxylation of carboxylic acids) :

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অনার্দ্র সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম (NaOH, CaO) মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিতে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে কার্বন-অক্সাইড অপনীত হয় বলে একে ডি-কার্বক্সিলেশন বলে।



সোডিয়াম অ্যাসিটেট সোডালাইম মিথেন

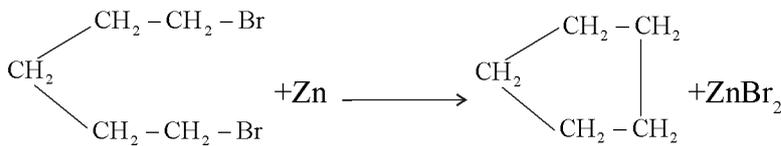
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণকে সোডালাইম বলে। এই বিক্রিয়ায় NaOH অংশগ্রহণ করে। কিন্তু ইহার গলনাঙ্ক কম বলে CaO মিশানো হয়। এই মিশ্রণটি সহজে গলে না।

উৎপন্ন অ্যালকেনে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা ব্যবহৃত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের চেয়ে একটি পরমাণু কম থাকে। অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণুটি সোডালাইম থেকে আসে। যদিও ইথানয়িক অ্যাসিড থেকে মিথেন খুব ভাল পরিমাণে উৎপন্ন হয়, অন্যান্য অ্যাসিড থেকে অ্যালকেনের উৎপাদন শতকরা 10 থেকে 20-এর মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকে।

3.5.9 সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতি :

(1) যখন অ্যালকেনের α , ω -দ্বি-হ্যালোজেন সজ্জাত যৌগকে সোডিয়াম অথবা জিঙ্কের সাথে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তখন সংশ্লিষ্ট সাইক্লোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

যেমন, 1,5-ডাইব্রোমোপেন্টেন উল্লিখিত ধাতুর ক্রিয়ায় সাইক্লোপেন্টেন তৈরি করে।

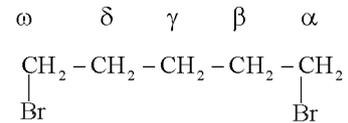


1,5-ডাইব্রোমোপেন্টেন

সাইক্লোপেন্টেন

অ্যালকেনের সাধারণ নামকরণে কার্যকরী মূলকের অবস্থান বোঝাতে গ্রীক অক্ষর α , β , γ , δ , ω ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

যেমন,

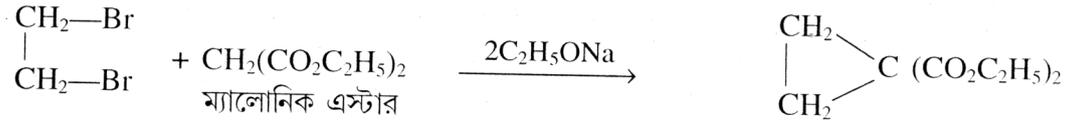


1,5-ডাইব্রোমোপেন্টেন
(α, ω -ডাইব্রোমোপেন্টেন)

(2) ম্যালোনিক এস্টার সংশ্লেষণ :

এক মোল α,ω -ডাইব্রোমোঅ্যালকেন, $\begin{matrix} \text{Br} \\ \diagdown \\ (\text{CH}_2)_n \\ \diagup \\ \text{Br} \end{matrix}$ ($n = 2$ থেকে 5) এবং এক মোল ম্যালোনিক এস্টারের

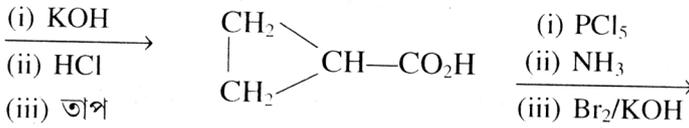
সাথে দু'মোল সোডিয়াম ইথোক্সাইডের বিক্রিয়ায় সাইক্লোঅ্যালকেন-1,1-ডাইকার্বক্সিলিক এস্টার উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন এস্টারকে ক্ষারীয় আর্দ্রবিশ্লেষণ, আম্লিকরণ ও তাপ দিয়ে প্রথমে সাইক্লোঅ্যালকেন মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড এবং পরে আরোও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে সাইক্লোঅ্যালকেনে রূপান্তরিত করা হয়।



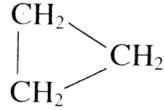
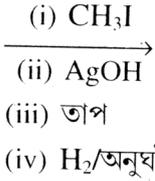
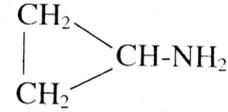
ইথিলিন ডাইব্রোমাইড

সাইক্লোপ্রোপেন—

1,1-ডাইকার্বক্সিলিক এস্টার

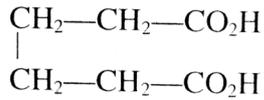


সাইক্লোপ্রোপেন
মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড

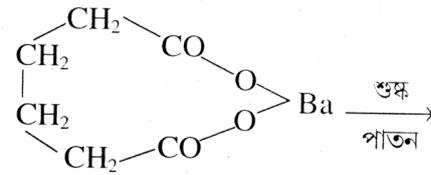
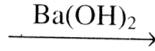


সাইক্লোপ্রোপেন

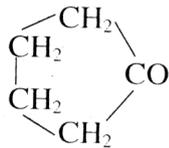
(3) 1, 4 বা তার অধিক ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম বা বেরিয়াম লবণকে শুষ্ক অবস্থায় পাতিত করলে সাইক্লিক কিটোন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কিটোন ক্লিমনেসেন বিজারণে সাইক্লোঅ্যালকেনে পরিণত হয়। এই পদ্ধতি কেবলমাত্র সাইক্লোপেন্টেন, হেক্সেন ও হেপ্টেন তৈরির পক্ষে উপযোগী।



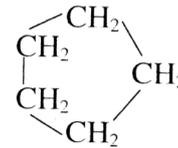
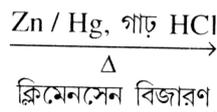
অ্যাডিপিক অ্যাসিড



বেরিয়াম অ্যাডিপেট



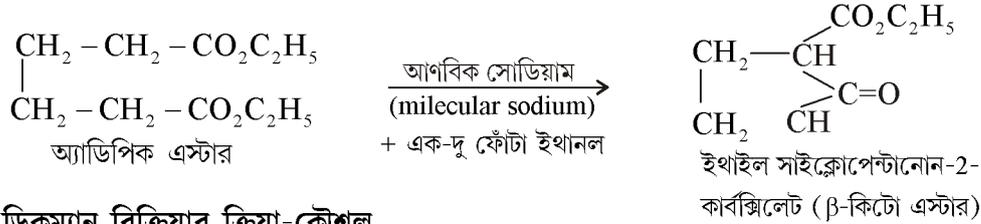
সাইক্লোপেন্টানোন



সাইক্লোপেন্টেন

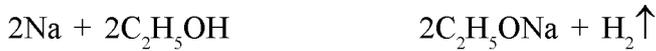
(4) ডিকম্যান বিক্রিয়া (Dieckmann reaction) :

অ্যাডিপিক এস্টার সোডিয়াম ও স্বল্প পরিমাণ ইথানল অথবা সোডিয়াম ইথোক্সাইডের বিক্রিয়ায় সাইক্লোপেন্টানোন এস্টার উৎপন্ন হয়। পাইম্যালিক অথবা সুবেরিক এস্টারও একই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এই বিক্রিয়াকে ডিকম্যান বিক্রিয়া বলে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

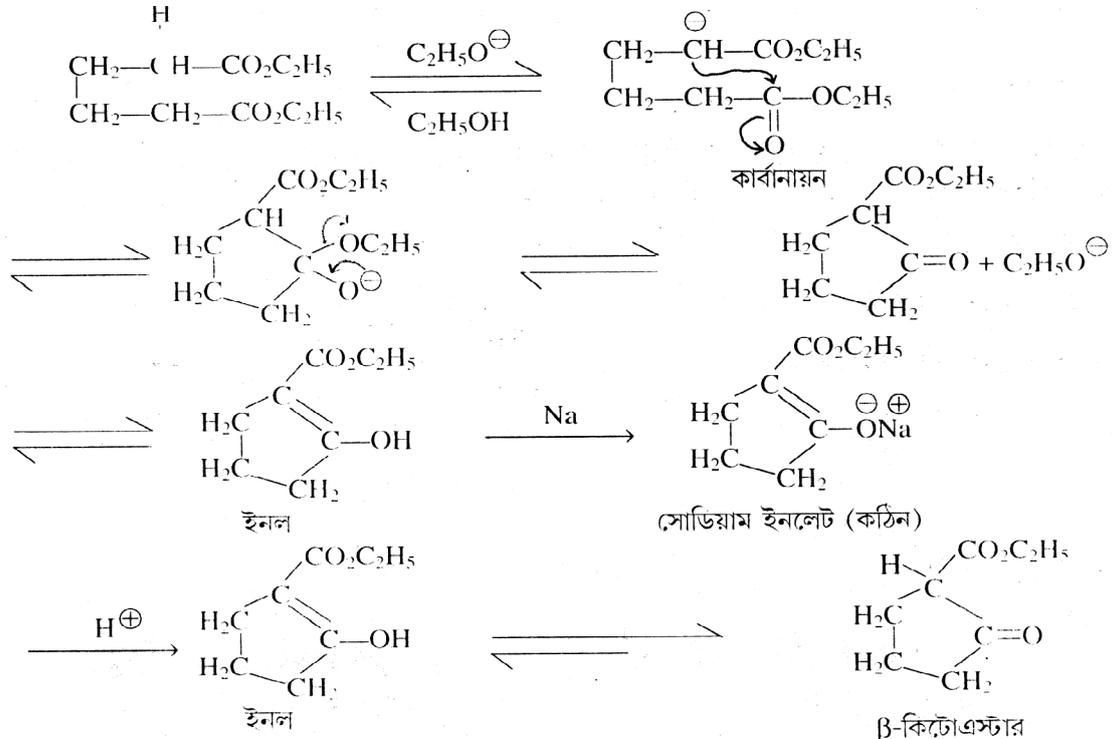


ডিকম্যান বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল

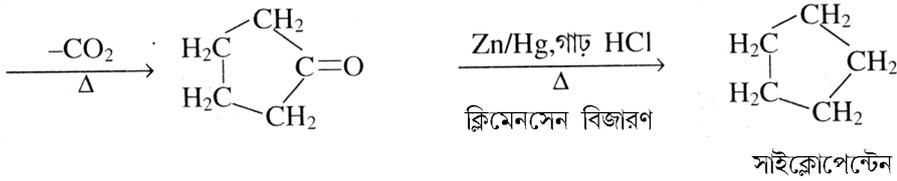
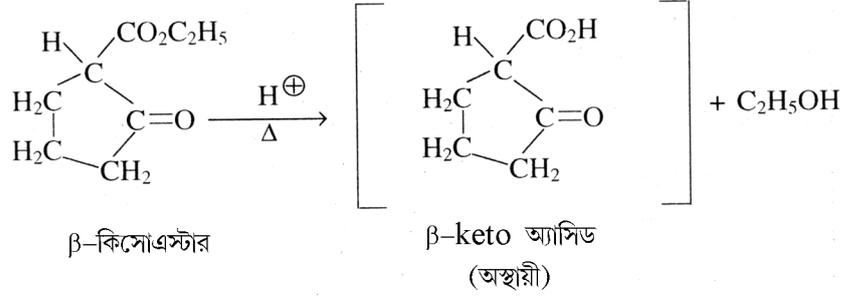
সোডিয়াম ও ইথানলের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ইথোক্সাইড ($\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$) উৎপন্ন হয়।



সোডিয়াম ইথোক্সাইড একটি জৈব ক্ষারক। ইহা ডাই-ইথাইল অ্যাডিপেট এস্টারের সক্রিয় মিথিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কার্বানায়ন উৎপন্ন করে। এই কার্বানায়নটি একটি নিউক্লিওফাইল এবং ইহা নিউক্লিওফিলীয় সংযোগ ও অপনয়নের মাধ্যমে β -কিটোএস্টার উৎপন্ন করে। এই যৌগটি ইনলে রূপান্তরিত হয়ে সাম্যাবস্থায় থাকে। ইনল যৌগটি সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম ইনলেট উৎপন্ন করে এবং শীতল অবস্থায় কঠিন সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়। এই সোডিয়াম লবণটিকে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে β -কিটো এস্টার তৈরি করা হয়।



β -কিটোএস্টারটিকে প্রথমে অ্যাসিডের সাথে উত্তপ্ত করলে আর্দ্রবিপ্লেষণ-ডিকার্বক্সিলেশন পদ্ধতির মাধ্যমে সাইক্লোপেন্টানোন এবং ক্লিমনেসেন বিজারণের সাহায্যে সাইক্লোপেন্টানোনকে সাইক্লোপেন্টেনে রূপান্তরিত করা হয়।



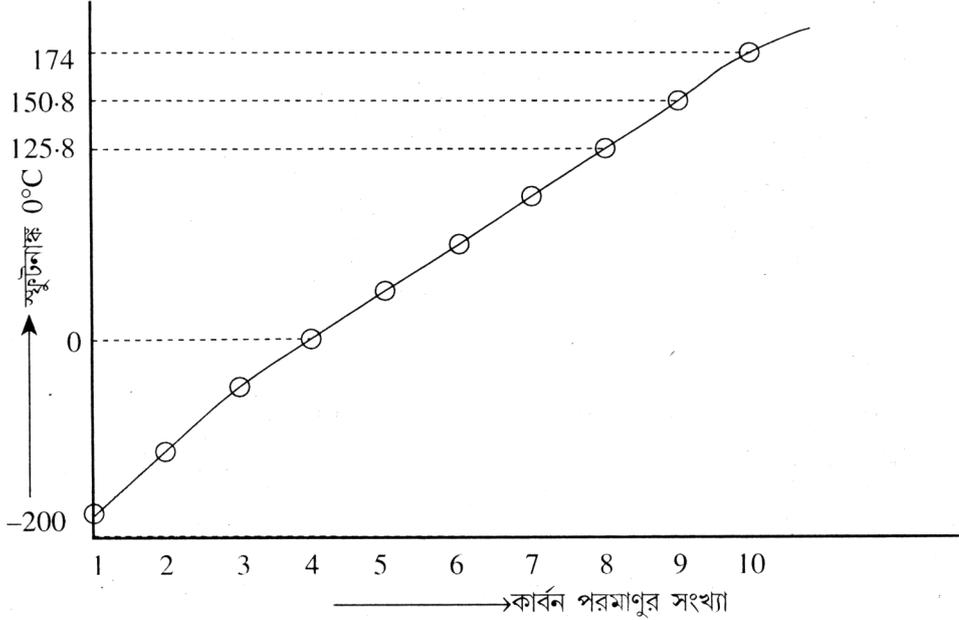
অনুশীলনী-4

- $\text{HO}_2\text{C}-[\text{CH}_2]_5-\text{CO}_2\text{H}$ অ্যাসিডের বেরিয়াম লবণের শুষ্ক পাতনে উৎপন্ন যৌগের নাম সমীকরণসহ লিখুন।
- ম্যালোনিক এস্টার থেকে সাইক্লোবিউটেন 1, 2- ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করবেন? সমীকরণ লিখুন।
- ডিকম্যান বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল লিখুন।

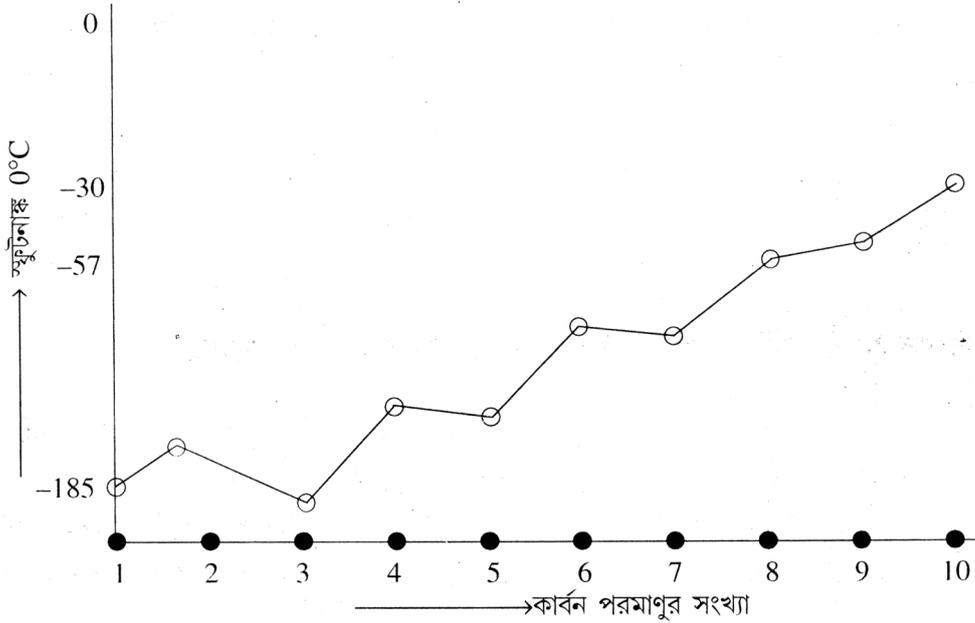
3.6 অ্যালকেনের ভৌত ধর্ম : (স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক ও ঘনত্ব)

কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে অ্যালকেনের ভৌত অবস্থা গ্যাস \rightarrow তরল \rightarrow কঠিন এই ক্রম অনুসারে পরিবর্তিত হয়। বস্তুত C_1 থেকে C_4 শৃঙ্খলঘটিত অ্যালকেনসমূহ বর্ণহীন গ্যাস; C_5 থেকে C_{17} শৃঙ্খলঘটিত অ্যালকেনসমূহ বর্ণহীন তরল; এবং C_{18} বা এর অধিক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেনসমূহ বর্ণহীন কঠিন। যেমন—বিউটেন (C_4H_{10}) গ্যাসীয়, হেপ্টাডেকেন ($\text{C}_{17}\text{H}_{36}$) তরল এবং অক্টাডেকেন ($\text{C}_{18}\text{H}_{38}$) কঠিন যৌগ।

আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব এবং সান্দ্রতা নিয়মিতরূপে বৃদ্ধি পায়। গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কার্বন পরমাণু বৃদ্ধির সঙ্গে কিভাবে পরিবর্তিত হয় তা নিচে লেখচিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো।

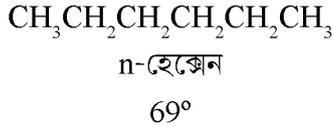
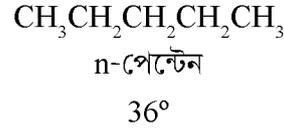
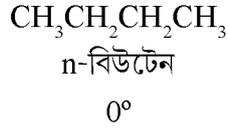


চিত্র-1 (স্ফুটনাঙ্কের লেখচিত্র)

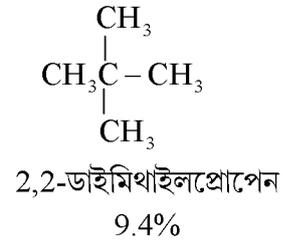
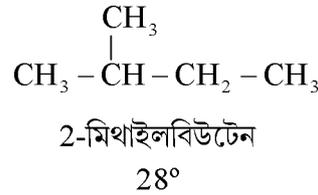
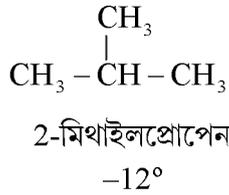


চিত্র-2 (গলনাঙ্কের লেখচিত্র)

কার্বন পরমাণুর বৃদ্ধির সঙ্গে অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক বাড়তে থাকে। কয়েকটি অ্যালকেন বাদ দিলে প্রতি CH_2 বৃদ্ধির জন্য স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 20° থেকে 30° বৃদ্ধি পায়। কয়েকটি উদাহরণ দিয়ে বোঝান হলো।



কিন্তু শাখাযুক্ত অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক অনেক হ্রাস পায়।



সমযোজী যৌগের স্ফুটনাঙ্ক আন্তঃআণবিক ভ্যানডারওয়াল্‌সের আকর্ষণ বলের উপর নির্ভর করে। আন্তঃআণবিক বল আবার ইলেকট্রন সংখ্যা, পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল এবং দ্বি-মেরু ভ্রামকের উপর নির্ভর করে। ইলেকট্রন সংখ্যা, পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল অথবা দ্বি-মেরু ভ্রামকের বৃদ্ধির সাথে আন্তঃআণবিক বল বাড়ে। আন্তঃআণবিক বল যত বেশি শক্তিশালী হয়, স্ফুটনাঙ্ক তত বেশি বৃদ্ধি পায়। যে কোন একটি নির্দিষ্ট শ্রেণীতে কার্বন পরমাণু বৃদ্ধির সাথে পৃষ্ঠ-ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়, যার সাথে আন্তঃআণবিক বল এবং স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়। অ্যালকেনের শাখা যত বাড়ে অণুর গঠনাকৃতি তত বর্তুলাকার হয় অর্থাৎ পৃষ্ঠ-ক্ষেত্রফল কমে। ফলে স্ফুটনাঙ্ক কমে থাকে।

অ্যালকেনসমূহ ধ্রুবীয় দ্রাবকে অদ্রব্য কিন্তু অধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রব্য। অর্থাৎ এই যৌগগুলি জলে অদ্রব্য; কিন্তু কার্বন টেট্রাক্লোরাইড বা বেঞ্জিনে দ্রব্য।

n-অ্যালকেনের ঘনত্ব আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু এই বৃদ্ধির পরিমাণ সামান্য।

যৌগের নাম	আণবিক সংকেত	ঘনত্ব (গ্রাম/মিলি., 20° সে.)
n-বিউটেন	C_4H_{10}	0.59
n-ডেকেন	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	0.73
n-পেন্টাডেকেন	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	0.77
n-হেক্সাডেকেন	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	0.80

এরপর কার্বনসংখ্যা বৃদ্ধি হলেও ঘনত্বের মান প্রায় 0.8ই থাকে। অ্যালকেন তরল বা কঠিন যাই হউক না কেন এরা জল থেকে হালকা হয়, তাই জলে ভাসমান অবস্থায় থাকে।

সাইক্লোঅ্যালকেনের ভৌত ধর্ম :

কম আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট সাইক্লোঅ্যালকেন গ্যাসীয় যৌগ। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে যৌগগুলি তরল বা কঠিন হতে পারে। নিচের সারণিতে কয়েকটি সাইক্লোঅ্যালকেন যৌগের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক ও ঘনত্ব দেওয়া হলো।

যৌগের নাম	আণবিক সংকেত	গঠন	স্ফুটনাঙ্ক °C	গলনাঙ্ক °C	ঘনত্ব গ্রাম/মি.লি. 20°
সাইক্লোপ্রোপেন	C ₃ H ₆		-32.8	-128	—
সাইক্লোহেক্সেন	C ₆ H ₁₂		81	6.8	0.78
সাইক্লোডেকেন	C ₁₀ H ₂₀	$\begin{array}{c} [CH_2]_8 \\ \diagdown \quad \diagup \\ CH_2 - CH_2 \end{array}$	202.25	10	0.85
সাইক্লোপেন্টাডেকেন	C ₁₅ H ₃₀	$\begin{array}{c} [CH_2]_{13} \\ \diagdown \quad \diagup \\ CH_2 - CH_2 \end{array}$	286	62	0.86

ছোট আকৃতিবিশিষ্ট সাইক্লোঅ্যালকেনগুলির (C₃ এবং C₄) কৌণিক পীড়ন (angle strain) সাধারণ আকৃতির সাইক্লোঅ্যালকেনগুলির (C₅, C₆ এবং C₇) কৌণিক পীড়ন অপেক্ষা বেশি। আবার ছোট আকৃতির সাইক্লোঅ্যালকেনগুলির মধ্যে ব্যবর্তন পীড়ন (torsional strain) বর্তমান। এই পীড়নগুলির জন্য C₃, C₄ যৌগগুলি স্থিতিশীল নয় অর্থাৎ এরা খুবই সক্রিয়।

অনুশীলনী-5

শূন্যস্থান পূরণ করুন :

- কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে.....পার্থক্য কম বলে অ্যালকেন অণুগুলি প্রায় অপ্রস্থীয়।
- অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক কার্বন পরমাণুর শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধির সাথে.....।
- অ্যালকেনসমূহ জলে..... এবং জল থেকে.....।

3.7 অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া :

আমরা প্রথমে অ্যালকেন ও পরে সাইক্লোঅ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

যেহেতু কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান প্রায় সমান তাই, অ্যালকেন-মধ্যস্থিত কার্বন-কার্বন, C-C বন্ধনী ও কার্বন-হাইড্রোজেন বন্ধনী, C-H বন্ধনী প্রায় অপ্রবীয়া। ফলে, প্রবীয়া এবং আয়নীয় বিকারকের দ্বারা অ্যালকেন অণু আক্রান্ত হয়। মুখ্যত অ্যালকেন অণু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে, যা মুক্তমূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।

সারণি 3.3 : অ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া

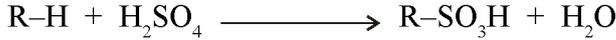
হ্যালোজিনেশন (Halogenation) :



নাইট্রেশন (Nitration) :



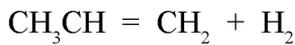
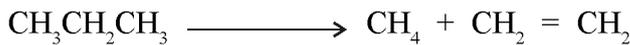
সালফোনেশন (Sulphonation) :



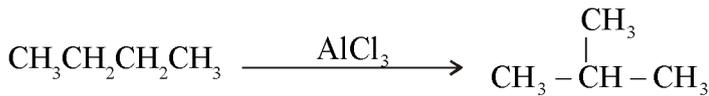
দহন (Combustion) :



তাপবিভাজন (Pyrolysis) :



সমাবয়বী রূপান্তর (Isomerisation) :



উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি এখন আমরা সংক্ষিপ্তাকারে আলোচনা করবো।

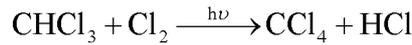
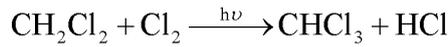
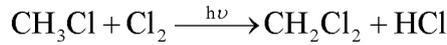
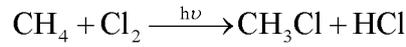
3.7.1 হ্যালোজিনেশন (Halogenation) :

তাপ, আলো বা অনুঘটকের উপস্থিতিতে হ্যালোজেন দ্বারা অ্যালকেনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়।



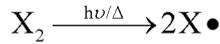
বিক্রিয়াটি অন্ধকারে ঘটে না। প্রথমে সূর্যালোকে বা অধিক তাপমাত্রায় অ্যালকেন হ্যালোজেনের সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে। বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই বিক্রিয়াটিতে যেহেতু একাধিক যৌগ উৎপন্ন হয়, তাই এর ব্যবহারিক উপযোগিতা কম।

যেমন, মিথেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় একাধিক যৌগ মিথাইল ক্লোরাইড (CH_3Cl), মিথিলিন ক্লোরাইড (CH_2Cl_2), ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) উৎপন্ন হয়।



ক্রিয়া-কৌশল : মুক্তমূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে হ্যালোজিনেশন সম্পন্ন নয়।

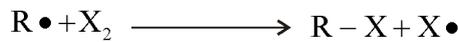
প্রথম ধাপে, আলো/ তাপের প্রভাবে হ্যালোজেন অণুর সমযোজী বন্ধন সুষমরূপে বিভাজিত হয়ে হ্যালোজেন মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।



দ্বিতীয় ধাপে, এই হ্যালোজেন মুক্তমূলক অ্যালকেন থেকে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু গ্রহণ করে অ্যালকিল মুক্তমূলক উৎপন্ন করে।



তৃতীয় ধাপে, অ্যালকিল মুক্তমূলক ও দ্বিতীয় হ্যালোজেন অণুর সাথে সংঘর্ষে অ্যালকিল হ্যালাইড এবং পুরনায় আরেকটি হ্যালোজেন মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।



অ্যালকেন শেষ না হওয়া পর্যন্ত এই বিক্রিয়া চলতে থাকে। পরিশেষে মুক্তমূলকের মধ্যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিক্রিয়াটির পরিসমাপ্তি ঘটে।

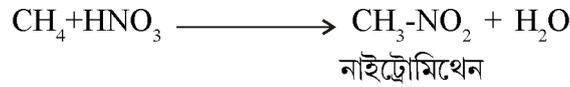


অ্যালকেনের সাথে ক্লোরিন ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ার হার নিয়ন্ত্রণের মধ্যে থাকে। ফ্লুরিনের সাথে বিক্রিয়া এত দ্রুত ঘটে যে এটিকে নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখা সুকঠিন হয়ে পড়ে। আয়োডিন হয় খুব মন্থরগতিতে বিক্রিয়া করে অথবা বিক্রিয়ায় আদৌ অংশ নেয় না।

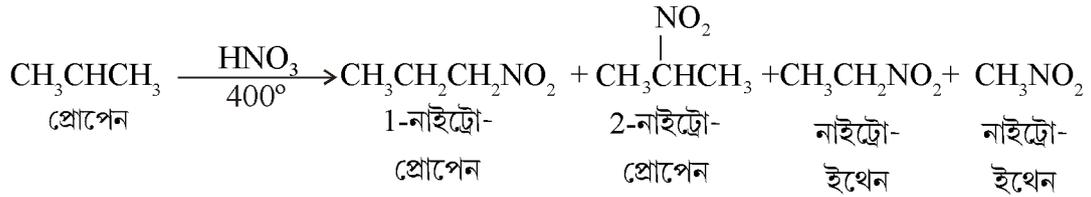
3.7.2 নাইট্রেশন (Nitration) :

জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু নাইট্রো গ্রুপ ($-\text{NO}_2$) দিয়ে প্রতিস্থাপন করাকে নাইট্রেশন বিক্রিয়া বলে।

গ্যাসীয় অবস্থায় $150^\circ-475^\circ$ সেলসিয়াস তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প ও অ্যালকেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়। হ্যালোজিনেশন বিক্রিয়ার মত এটিও মুক্তমূলক ক্রিয়াকৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।



প্রোপেন একাধিক মনো নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার সময় অ্যালকেনের কার্বন-শৃঙ্খলের বিভাজন ঘটে।



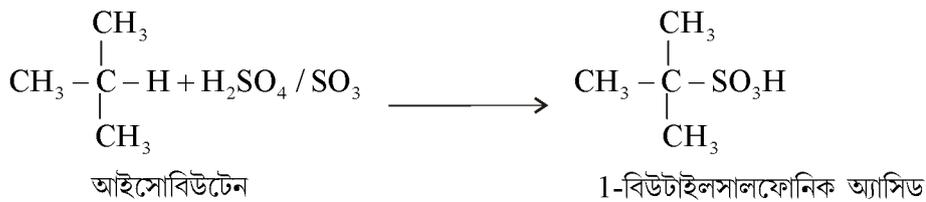
3.7.3 সালফোনেশন (Sulphonation) :

জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুর সালফোনিক অ্যাসিড গ্রুপ ($-\text{SO}_3\text{H}$) দ্বারা প্রতিস্থাপনকে সালফোনেশন বলে।

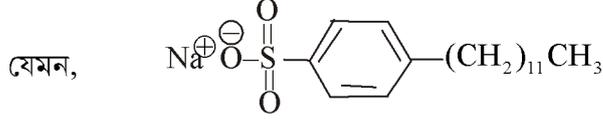
অ্যালকেন ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ক্রিয়াশীলতার ক্রম :

টারসিয়ারি H-পরমাণু > সেকেন্ডারি H-পরমাণু > প্রাইমারি H-পরমাণু।

তাই নিচের বিক্রিয়াটি অতি সহজেই ঘটে।



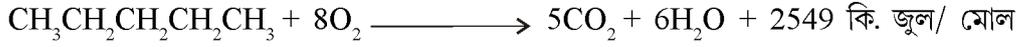
ব্যবহার : অ্যালকিলসালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত লবণ ডিটারজেন্টরূপে ব্যবহৃত হয়।



এই সংশ্লেষিত ডিটারজেন্টটি গৃহস্থালীতে কাপড় নাচতে, বাসনপত্র পরিষ্কার করতে ব্যবহৃত হয়।

3.7.4 দহন (Combustion) :

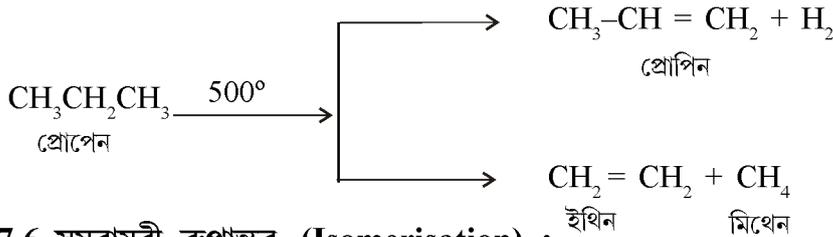
অ্যালকেনকে পর্যাপ্ত বায়ু কিম্বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল ও প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়।



দহন যেহেতু একটি তাপ-উদগারী বিক্রিয়া, তাই অ্যালকেনগুলি মূল্যবান জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়। দহন মুক্তমূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সংঘটিত হয় এবং বিক্রিয়া শুরু করতে উচ্চ তাপের প্রয়োজন হয়। বিক্রিয়া একবার শুরু হয়ে গেলে উহা দ্রুতগতিতে এগোতে থাকে এবং প্রচুর তাপ নির্গত হতে থাকে। এই বিশাল পরিমাণ তাপকে শক্তি হিসাবে কাজে লাগানো হয়। এইভাবে পেট্রোল, ডিজেলকে অন্তরিক্ষন (inter-nal combustion) এঞ্জিনে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

3.7.5 তাপবিভাজন (Pyrolysis) :

তাপের প্রভাবে বড় অণু বিভাজিত হয়ে ছোট অণুতে পরিণত হয়। একে তাপবিভাজন বলে। অ্যালকেনকে উত্তপ্ত নলের মধ্য দিয়ে পাঠালে বিভাজিত হয়ে ক্ষুদ্রতর অ্যালকেনে পরিণত হয়। যেমন, প্রোপেনের তাপবিভাজনে প্রোপিন, ইথিলিন ও মিথেন উৎপন্ন হয়।

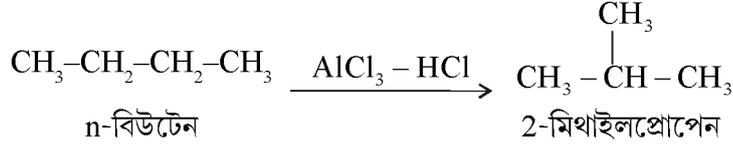


3.7.6 সমবায়বী রূপান্তর (Isomerisation) :

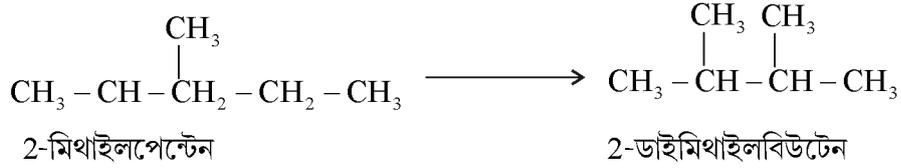
একটি জৈব অণু অন্য একটি জৈব অণুতে রূপান্তরের ফলে যদি কেবলমাত্র কার্বন পরমাণুগুলির পুনর্বিন্যাস ঘটে তবে তাকে সমবায়বী রূপান্তর বলে।

এই রূপান্তরের ফলে সরল শৃঙ্খলযুক্ত অ্যালকেন শাখা শৃঙ্খলযুক্ত অ্যালকেনে পরিণত হয়।

যেমন, n-বিউটেন অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে 2-মিথাইল-প্রোপেনে রূপান্তরিত হয়।



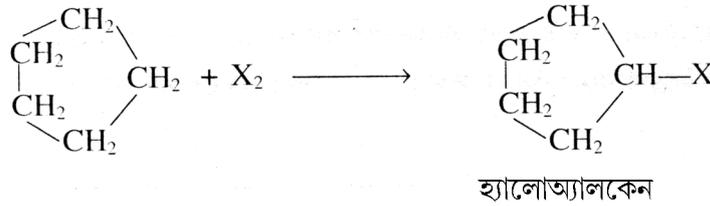
অনুরূপভাবে, কম শাখায়ুক্ত অ্যালকেন বেশি শাখায়ুক্ত অ্যালকেনে পরিণত হয়।



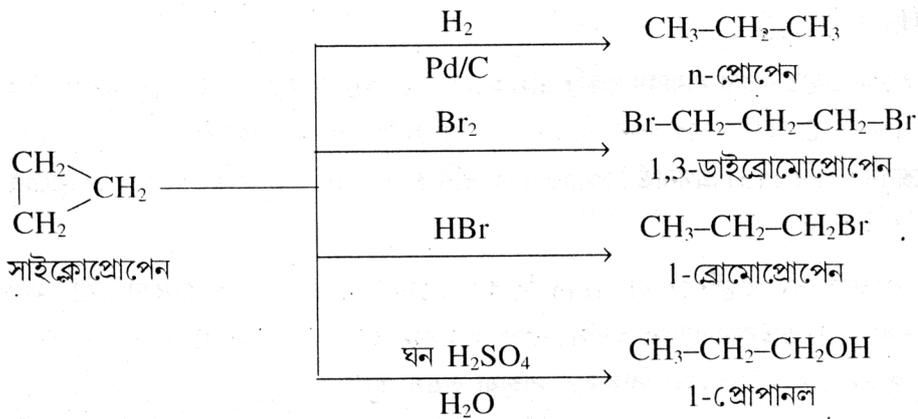
আপনারা 3.3.5 অংশে দেখেছেন যে, মোটরগাড়ির জ্বালানি হিসাবে সরল শৃঙ্খলযুক্ত অ্যালকেন অপেক্ষা শাখায়ুক্ত অ্যালকেন বেশি উপযোগী।

3.7.7 সাইক্লোঅ্যালকেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া :

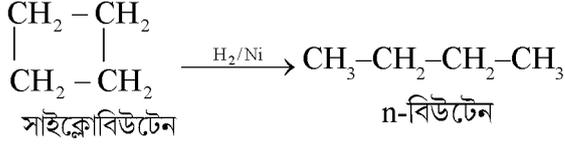
অ্যালকেনের মত সাইক্লোঅ্যালকেন ও মুক্তমূলক ক্রিয়াকৌশলের মাধ্যমে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। যেমন, সাইক্লোপেন্টেন ও হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় হ্যালোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ছাড়াও ছোট-আকৃতি সাইক্লোঅ্যালকেনগুলি কিছু যুত-যৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়ায় বদ্ধশৃঙ্খল খুলে গিয়ে মুক্তশৃঙ্খল-যৌগে পরিণত হয়।

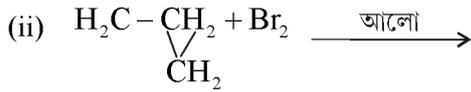
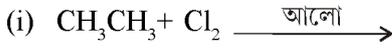


সাইক্লোবিউটেন সাধারণ তাপমাত্রায় হ্যালোজেন বা হ্যালোজেন অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় বদ্ধশৃঙ্খল খুলে গিয়ে মুক্তশৃঙ্খল n-বিউটেনে পরিণত হয়।



অনুশীলনী-6

সম্পূর্ণ বিক্রিয়া লিখুন :



3.8 সারাংশ

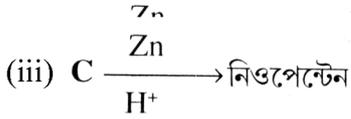
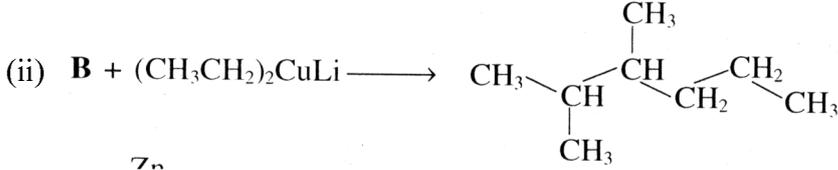
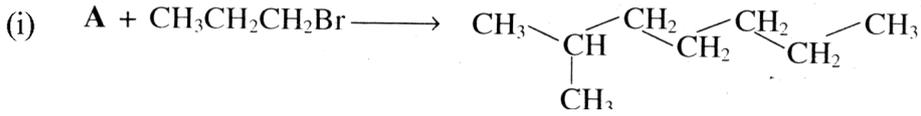
এই এককে অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেন-এর রসায়ন বোঝাবার চেষ্টা করা হয়েছে। আপনি এককটি পাঠ করে সম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বনের রসায়ন সম্বন্ধে যে যে তথ্য জানতে পারলেন তার সারসংক্ষেপ নিচে দেওয়া হলো।

- প্রেটোলিয়াম অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের প্রাকৃতিক উৎস। পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতন ও ত্র্যাকিং কেমন করে করা হয়। অক্টেন সংখ্যা দিয়ে গ্যাসোলিন এবং সিটেন সংখ্যার সাহায্যে ডিজেলের গুণগত মান প্রকাশ করা হয়। অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের সাধারণ সংকেত যথাক্রমে $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ এবং C_nH_{2n} ।
- অ্যালকেন প্রস্তুত করার সাধারণ পদ্ধতিগুলি হলো : (1) অনুঘটকের উপস্থিতিতে অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বনের বিজারণ; (2) হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া; (3) অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ; (4) কোরে-হাউস সংশ্লেষণ পদ্ধতি; (5) গ্রিগনার্ড বিকারকের আর্দ্রবিশ্লেষণ; (6) উর্জ বিক্রিয়া; (7) কোলবের তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতি ইত্যাদি।
- সাইক্লোঅ্যালকেন প্রস্তুতিতে (1) α, ω -দ্বি হ্যালোজেন সজ্জাত যৌগের ব্যবহার; (2) ম্যালোনিক এস্টার সংশ্লেষণ; (3) ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম (Ca), বেরিয়াম (Ba) এবং থোরিয়াম (Th) লবণের শুষ্ক পাতন; (4) ডিকম্যান বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়।

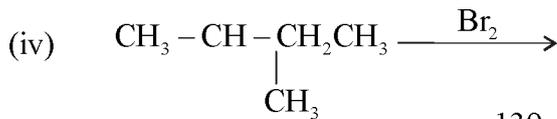
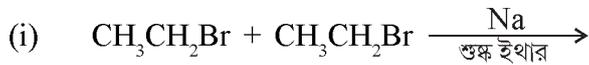
- অ্যালকেন ও সাইক্লোঅ্যালকেনের ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে সম্যক ধারণা।
- অ্যালকেনের উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া হলো দহন। এই বিক্রিয়া থেকে প্রচুর তাপশক্তি পাওয়া যায়।

3.9 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী (Terminal Questions)

- (1) কোরে-হাউস সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার করে নিচের যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করবেন?
- (i) 1-আয়োডো-3-মিথাইলবিউটেন থেকে 2,7-ডাইমিথাইলঅক্টেন।
- (ii) 1-ব্রোমোইথেন থেকে n-বিউটেন।
- (2) গ্রিগনার্ড বিক্রিয়ার সাহায্যে কী উপায়ে C_6H_5D তৈরি করবেন। বিক্রিয়া দেখান।
- (3) নিচের সংশ্লেষণগুলিতে **A**, **B**, **C**-এর আণবিক গঠন-সংকেত লিখুন :



- (4) অযুগ্ম সংখ্যক প্রতিসম অ্যালকেন তৈরির ক্ষেত্রে উর্জ বিক্রিয়া ব্যবহার করা হয় না কেন? ব্যাখ্যা করুন।
- (5) কোলবারের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে মিথেন তৈরি করা কী সম্ভব? উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখান।
- (6) নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন।



- (7) কিভাবে তৈরি করবেন?
- (i) $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{Br}$ থেকে $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- (ii) $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$ থেকে $(\text{CH}_3)_3\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{Cl}$
- (8) নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন :
- (i)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{CH}_2 \end{array} + \text{Br}_2 \longrightarrow$$
- (ii)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} + \text{Br}_2 \longrightarrow$$
- (iii)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} + \text{H}_2 \longrightarrow$$

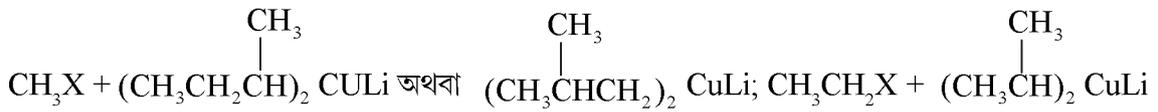
3.10 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

- (a) (i) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- (ii) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
- (iii) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$
- (iv) $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
- (b), (c) ও (d)-এর জন্য পাঠ্যবস্তু দেখুন।

অনুশীলনী-2

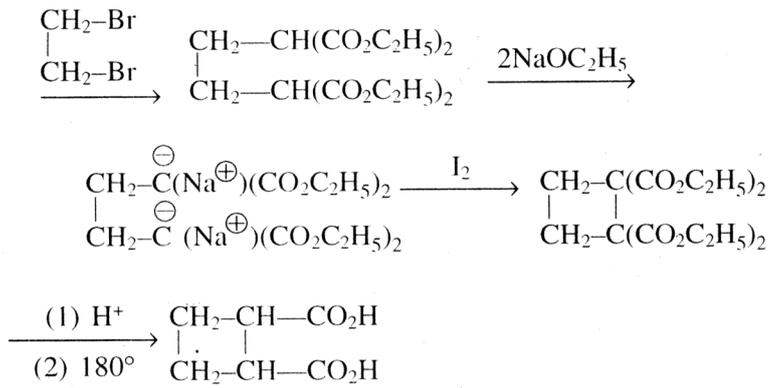
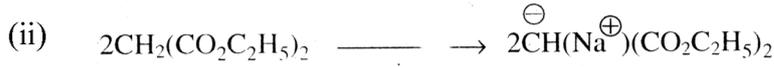
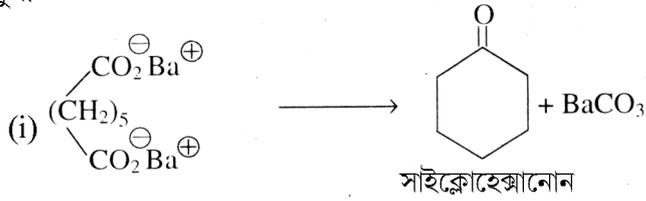
1° হ্যালাইড যেমন



অনুশীলনী-3



অনুশীলনী-4

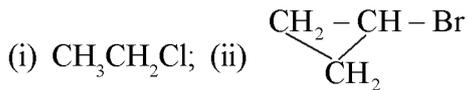


(iii) পাঠ্যপুস্তক দেখুন

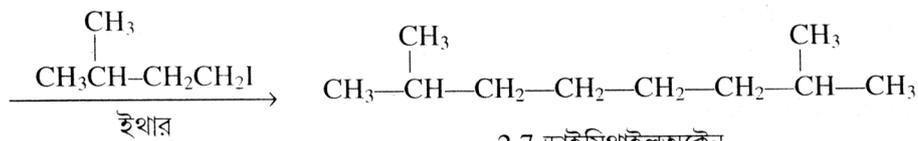
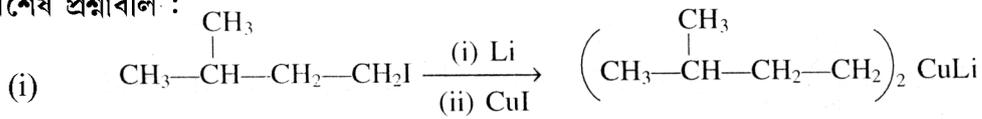
অনুশীলনী-5

(i) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা; (ii) বাড়ে (iii) অদ্রাব্য; হালকা

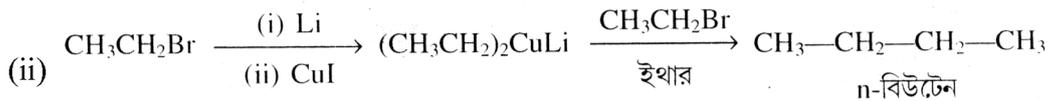
অনুশীলনী-6

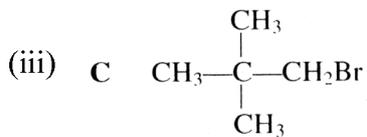
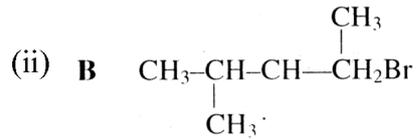
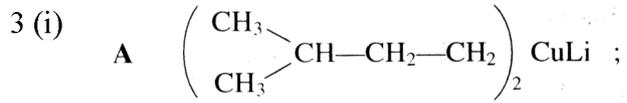


সর্বশেষ প্রশ্নাবলি :



2,7-ডাইমিথাইলঅক্টেন

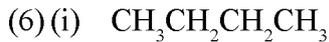




(4) পাঠ্যবস্তু দেখুন।

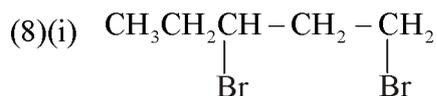
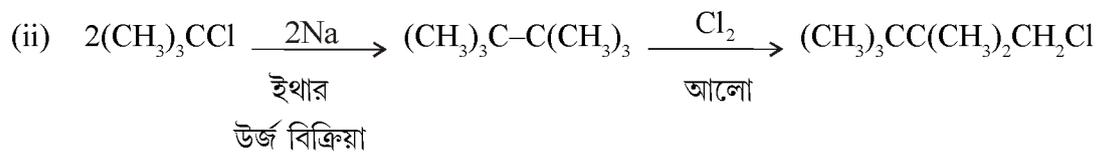
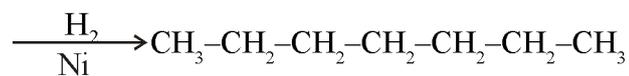
(5) সম্ভব নয়।

যুক্তি : এই বিক্রিয়ায় ন্যূনপক্ষে দুটি অ্যালকিল মুক্তমূলক যুক্ত হয় অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



(iii) বিক্রিয়া হয় না

(iv) বিক্রিয়া হয় না।



(ii) বিক্রিয়া হয় না



একক 4 □ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকিন

গঠন

- 4.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 4.2 অ্যালকিনের শ্রেণীবিভাগ ও গঠনকাঠামো
- 4.3 নামকরণ
- 4.4 সমাবয়বতা
- 4.5 অ্যালকিনসমূহের প্রস্তুতি
 - 4.5.1 অ্যালকিন হ্যালাইডের হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারণ
 - 4.5.2 অ্যালকোহলের নিরূদন
 - 4.5.3 অ্যালকাইলিডিন ডাইহ্যালাইডের হ্যালোজেন-যুগলের অপসারণ
 - 4.5.4 ভিটিগ বিক্রিয়া
 - 4.5.5 তাপবিভাজন অপনয়ন বিক্রিয়া
 - 4.5.6 ডাই-ইনের প্রস্তুতি
 - 4.5.7 অ্যালকিনের ভৌত ধর্ম
- 4.6 অ্যালকিনের সাধারণ বিক্রিয়া
 - 4.6.1 হ্যালোজেন-সংযোজন
 - 4.6.2 হাইড্রোজেন হ্যালাইড-সংযোজন
 - 4.6.3 জলের সংযোজন
 - 4.6.4 হাইড্রোবোরেশন-অক্সিডেশন বিক্রিয়া
 - 4.6.5 ওজোনোলিসিস
 - 4.6.6 হাইড্রোক্সিলেশন
 - 4.6.7 এপক্সিডেশন
 - 4.6.8 অনুবন্ধ ডাই-ইনের যুত-বিক্রিয়া
 - 4.6.9 ডিএলস-অ্যালডার বিক্রিয়া
- 4.7 সারাংশ
- 4.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 4.9 উত্তরমালা

4.1 প্রস্তাবনা

এই এককে আমরা অ্যালকিন সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করব। অষ্টাদশ শতাব্দীতে রসায়নবিদগণ কেবলমাত্র ইথিলিন সম্বন্ধে জ্ঞাত ছিলেন। এই যৌগটি ১৭৯৫ খ্রিস্টাব্দে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এক কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন (C=C) যুক্ত হাইড্রোকার্বনকে মনো-ইন বা সাধারণভাবে অ্যালকিন বলা হয়। এদের অলিফিনও (olefin) বলে। ল্যাটিন শব্দ olefiant (অর্থ-তৈল উৎপাদক) থেকে এই নামের উৎপত্তি হয়েছে। এজন্য C=C বন্ধনকে অলিফিনীয় (olefinic) দ্বি-বন্ধনও বলে। যেহেতু অ্যালকিনে সম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বন অ্যালকেন অপেক্ষা হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা কম তাই এদের অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বন নামে অভিহিত করা হয়।

অ্যালকিন প্রকৃতিতে উদ্ভিদ এবং পেট্রোলিয়ামে পাওয়া যায়। অনেক অ্যালকিনেরই জীবজগতে সক্রিয় ভূমিকা রয়েছে। যেমন ইথিন ফল পাকাতে সাহায্য করে।

এই এককে আমরা অ্যালকিনের নামকরণ, সমাবয়বতা, প্রস্তুতি, ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য

এই এককটি থেকে আপনি অ্যালকিন সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি জানতে পারবেন এবং সংশ্লিষ্ট ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ দক্ষতা অর্জন করবেন—

- অ্যালকিনসমূহের শ্রেণীবিভাগ, নামকরণ ও সমাবয়বতা।
- একটি ও দুটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনযুক্ত অ্যালকিনসমূহের আণবিক গঠনকাঠামো এবং তার ব্যাখ্যা।
- অ্যালকিনসমূহের প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি ও এদের সাধারণ ধর্মাবলী এবং রাসায়নিক ধর্মাবলী।

4.2 অ্যালকিনের শ্রেণীবিভাগ ও গঠনকাঠামো

জৈবযৌগে উপস্থিত কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের সংখ্যার উপর ভিত্তি করে অ্যালকিনের শ্রেণীবিভাগ করা হয়।

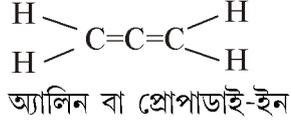
যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনে কেবলমাত্র একটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন থাকে, তাদের মনো-ইন বা সাধারণভাবে অ্যালকিন বলে। এদের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n} । আবার যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনের দুটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান তাদের ডাই-ইন বা ডাইঅলিফিন বা অ্যালকাডাই-ইন বলে। দ্বি-বন্ধনের আপেক্ষিক অবস্থানের ভিত্তিতে অ্যালকাডাই-ইনগুলিকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়।

1. ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইন :

যে সমাপ্ত হাইড্রোকার্বনে একই কার্বন পরমাণুর সাথে দুটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন যুক্ত থাকে, তাদের ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইন বলে।

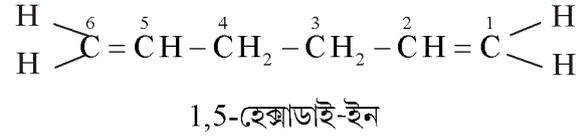
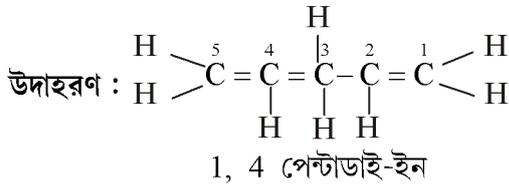
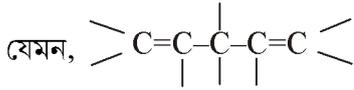


উদাহরণ :



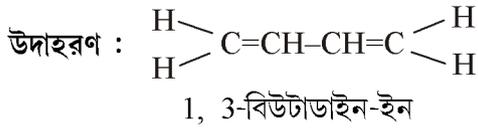
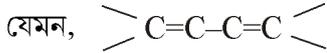
2. বিচ্ছিন্ন ডাই-ইন :

যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনে দ্বি-বন্ধন দুটি একাধিক এক-বন্ধন দ্বারা বিচ্ছিন্ন থাকে, তাদের বিচ্ছিন্ন ডাই-ইন বলে।



3. অনুবদ্ধ ডাই-ইন :

যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনে দ্বি-বন্ধন দুটি এক-বন্ধনের সাথে পর্যায়ক্রমে অবস্থান করে, তাদের অনুবদ্ধ ডাই-ইন বলে।



মনো-ইন এবং ডাই-ইনের গঠনকাঠামো :

অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের গঠনকাঠামোর একটি উল্লেখযোগ্য অংশ হলো যৌগে কার্যকরীমূলক কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের অবস্থান। জৈব অণুর গঠন কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের দ্বারা প্রভাবিত হয় এবং বেশিরভাগ রাসায়নিক বিক্রিয়াই যৌগে উপস্থিত কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে ঘটে। তাই আমাদের দ্বি-বন্ধনের গঠনকাঠামো জানা একান্ত প্রয়োজন। মনো-ইন এবং ডাই-ইন সমূহে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের পৃথক বৈশিষ্ট্য আছে। আপনারা একক 1-এতে মনো-ইনের কার্বন-কার্বন এবং কার্বন-হাইড্রোজেন বন্ধনগুলি সম্পর্কে পাঠ করেছেন। সেখানে আপনারা দেখেছেন যে, কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের কার্বন পরমাণুগুলি sp^2 সংকরায়িত হয়ে দ্বি-বন্ধন তৈরি করে এবং sp^2 সংকরায়িত কার্বন পরমাণুর চারদিকে তিনটি σ (সিগমা) বন্ধনের যে কোন দুটির মধ্যে কৌণিক দূরত্ব 120° । বিচ্ছিন্ন ডাই-ইনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের গঠনকাঠামো মনো-ইনের কাঠামোর অনুরূপ। অনুবদ্ধ বা ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইনের গঠনকাঠামো মনো-ইনের গঠনকাঠামো থেকে আলাদা। তাই, এখন আমরা অনুবদ্ধ এবং ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইনে π (পাই) বন্ধন সম্পর্কে আলোচনা করবো।

অনুবদ্ধ ডাই-ইনের একটি সরলতম যৌগ 1,3-বিউটাডাই-ইনকে উদাহরণ হিসাবে ধরা হ'লো।

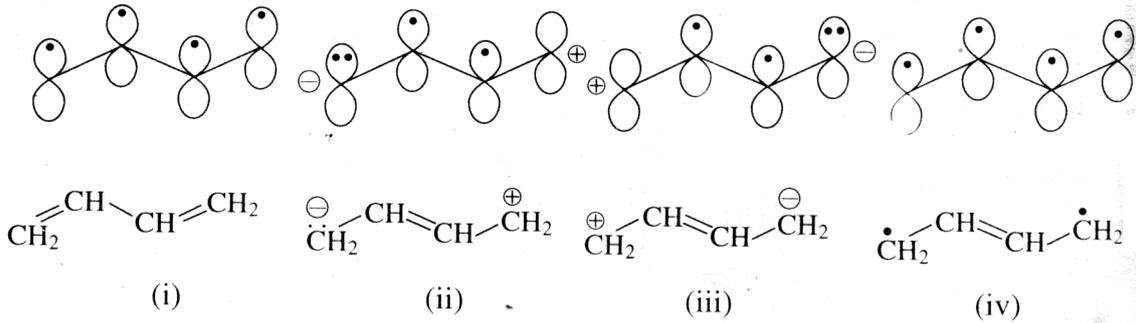


দু'টি পদ্ধতির সাহায্য আমরা নেব :

1. যোজ্যতা বন্ধন (Valence bond) পদ্ধতি এবং
2. আণবিক অরবিট্যাল (Molecular orbital) পদ্ধতি।

1. যোজ্যতা বন্ধন পদ্ধতি :

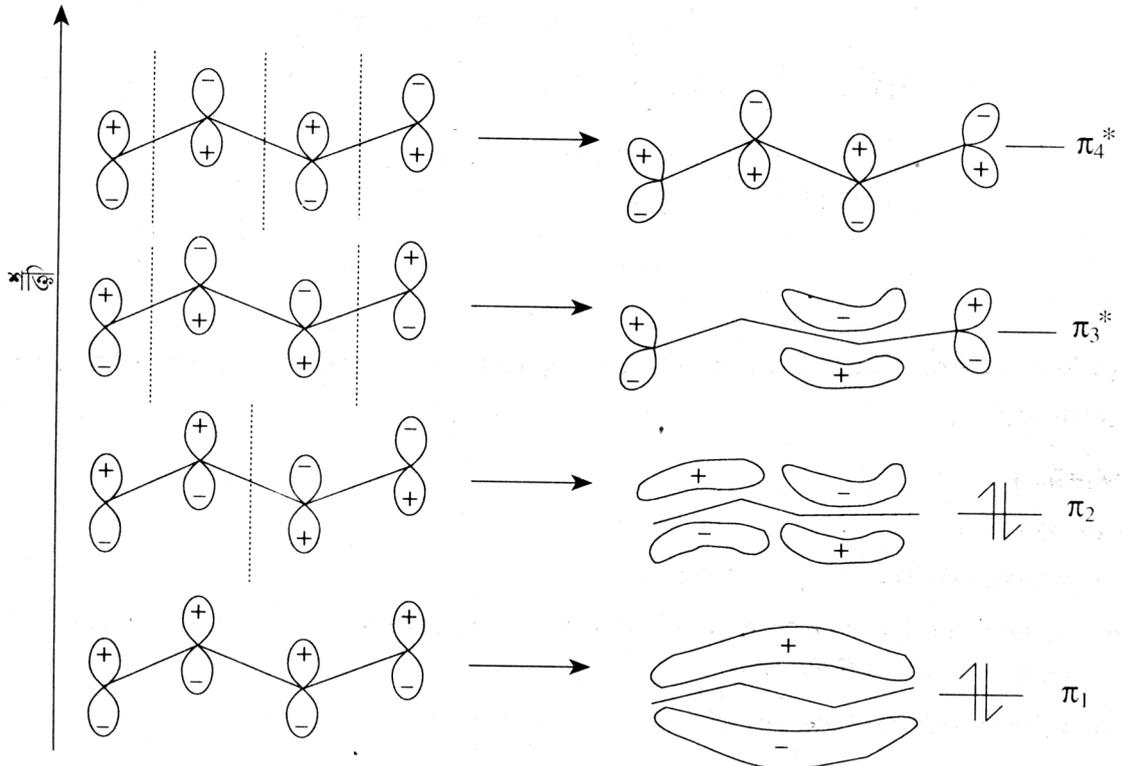
1,3-বিউটাডাই-ইন অণুর চারটি কার্বন পরমাণু sp^2 সংকরায়িত। প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সংকরায়িত অরবিট্যালের সাথে অপর কার্বন পরমাণুর সংকরায়িত অরবিট্যাল বা হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s$ অরবিট্যালের অভিলেপনে σ (সিগমা)-বন্ধন উৎপন্ন হওয়ার পর প্রতিটি কার্বন পরমাণুর একটি ক'রে অবিকৃত p -অরবিট্যাল sp^2 সংকরায়িত কার্বনের তলে লম্বভাবে অবস্থান করে। যখন অণুর সমগ্র কাঠামো একই সমতলে থাকে তখন এই p -অরবিট্যালগুলোর অঙ্ক সমান্তরাল হয়। পাশাপাশি দু'টি p -অরবিট্যালের অভিলেপনে যে ভিন্ন ভিন্ন ইলেকট্রনীয় চিত্র সম্ভব সেগুলি নিম্নরূপ :



চিত্রগুলির মধ্যে (ii), (iii) এবং (iv) এর আণবিক গঠনসংকেতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা (i) অপেক্ষা কম এবং বিপরীত আধানবাহী কাঠামো (ii) ও (iii) -এর রূপান্তরে অধিক শক্তি ব্যয় হয়। তাই, (ii), (iii) এবং (iv) এর শক্তি (i) অপেক্ষা বেশি। স্বভাবতই প্রকৃত গঠন চিত্রে গঠন সংকেত (ii), (iii) এবং (iv)-এর অবদান কম। অর্থাৎ প্রকৃত চিত্রে গঠনসংকেত (i)-এর অবদান সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। আবার যেহেতু (ii), (iii) এবং (iv) প্রত্যেক গঠনকাঠামোর C_2 এবং C_3 পরমাণুর মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান এবং ইহা দৈর্ঘ্যে 148 পিকোমিটার কার্বন-কার্বন এক-বন্ধন দৈর্ঘ্য 145 পিকোমিটার অপেক্ষা ছোট, সুতরাং 1,3-বিউটাডাই-ইন প্রকৃতপক্ষে একটি রেজোন্যান্স হাইব্রিড। অর্থাৎ যৌগটির প্রকৃত গঠনসংকেত (i) -এর খুব কাছাকাছি। এর অর্থ প্রাস্তীয় দু'টি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে অতি অল্প পরিমাণ এক-বন্ধন চরিত্র এবং কেন্দ্রীয় একবন্ধনে অতি অল্প পরিমাণ দ্বি-বন্ধন চরিত্র বর্তমান থাকে। রেজোন্যান্স হাইব্রিডের জন্য রেজোন্যান্স শক্তির মাধ্যমে অণুটি স্থিতিশীল হয়।

2. আণবিক অরবিট্যাল (Molecular orbital) পদ্ধতি :

পদ্ধতিগত জটিলতা এড়ানোর উদ্দেশ্যে অন্যান্য σ -বন্ধন অরবিট্যালের চিত্রায়ন বাদ দিয়ে শুধুমাত্র আন্তঃপারমাণবিক σ -বন্ধনগুলোকে বন্ধনরেখা দিয়ে দেখানো হ'ল। 1,3-বিউটাডাই-ইনের চারটি কার্বন পরমাণুর চারটি p-অরবিট্যালের পাশাপাশি অভিলেপনের প্রাথমিক শর্ত হ'লো সমগ্র অণুর কাঠামোটির একই সমতলে অবস্থান। এই অবস্থায় চারটি p-অরবিট্যালের সমবায়ে যে চারটি π -আণবিক অরবিট্যাল গঠিত হয়। সেগুলি শক্তিমাত্রার বিন্যাস সহ নিম্নরূপ :

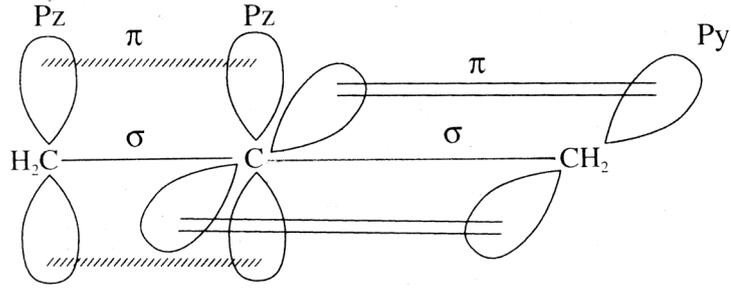


1,3-বিউটাডাই-ইনের চারটি π -ইলেকট্রনের দু'টি ক'রে বন্ডিং অরবিট্যাল π_1 এবং π_2 -তে অবস্থান করে। অ্যান্টিবন্ডিং অরবিট্যাল π_3^* এবং π_4^* ফাঁকা থাকে। এদের মধ্যে ইলেকট্রনযুক্ত π_2 -আণবিক অরবিট্যালটি সর্বোচ্চ শক্তিস্তর সম্পন্ন π -আণবিক অরবিট্যাল। তাই একে HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) বলে। অনুরূপে, ইলেকট্রনবিহীন π_3^* আণবিক অরবিট্যালকে LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) বলে। HOMO এবং LUMO বিক্রিয়ায় অংশ নেয় তাই এদের FMO (Frontier Molecular Orbital) বলে। π -ইলেকট্রনের একদেশতা লোপ (delocalisation)-এর ফলে অণু বেশি স্থিতিশীল হয়।

ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইনের ক্ষেত্রে অ্যালিন [প্রোপাডাই-ইন] অণুকে উদাহরণ হিসাবে ধরা হ'লো।



অ্যালিনের মধ্যস্থলের কার্বন পরমাণুটি sp সংকরায়িত এবং প্রান্তীয় কার্বন পরমাণুদ্বয় sp^2 সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। ফলে মধ্যস্থলের কার্বন পরমাণুটি প্রান্তীয় কার্বন পরমাণুদ্বয়ের সংকরায়িত কক্ষকের সাথে দু'টি পৃথক σ -বন্ধন গঠন করে এবং অবশিষ্ট অবিকৃত p -কক্ষকের সাথে পার্শ্বজনিত অভিলেপনের দ্বারা দু'টি পৃথক π -বন্ধন রচনা করে। এই π -বন্ধনদুটি একে অপরের সাথে লম্বভাবে বিরাজ করে।



অ্যালিন

প্রতিস্থাপিত অ্যালিনের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (stereoisomerism) সম্বন্ধে পর্যায় 2-এর একক 10-এ আলোচনা করা হয়েছে।

অনুশীলনী-1

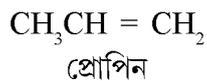
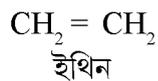
শূন্যস্থান পূরণ করুন :

- অ্যালকাডাই-ইনসমূহ ————— সহিত সমাবয়বীয়।
- যে সকল ডাই-ইনে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন দু'টি কার্বন-কার্বন একবন্ধনের সাথে পর্যায়ক্রমে অবস্থান করে তাদের ————— ডাই-ইন বলে।
- অ্যালিনের মধ্যস্থলের কার্বন পরমাণুটি ————— সংকরায়িত অবস্থায় থাকে।

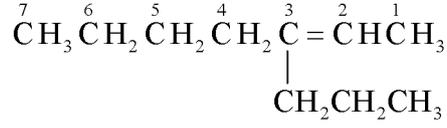
4.3 নামকরণ

এখানে IUPAC নিয়মে দ্বি-বন্ধনযুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামকরণ কীভাবে করা হয় তা সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো।

1. এই পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামের শেষে 'এন' (ane)-এর জায়গায় 'ইন' (ene) বসাতে হবে। অর্থাৎ দ্বি-বন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বন হলো অ্যালকিন (alkene)। যেমন,

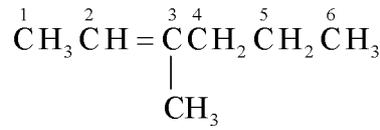


2. দ্বি-বন্ধনযুক্ত দীর্ঘতম মুক্তশৃঙ্খলটিকে প্রথম নির্বাচিত করতে হবে। যেমন,



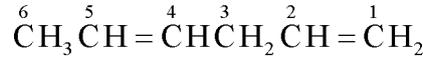
3-প্রোপাইল-2-হেপ্টিন

3. শৃঙ্খলে দ্বি-বন্ধনের অবস্থান চিহ্নিত করার সময় শৃঙ্খলের সেই প্রান্তটিকে নির্বাচিত করতে হবে, যাতে দ্বি-বন্ধনযুক্ত কার্বনদুটি সর্বনিম্ন সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা যায়। যেমন,



3-মিথাইল-2-হেক্সিন

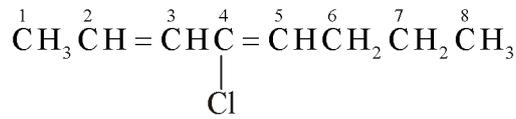
4. যদি যৌগে একের বেশি দ্বি-বন্ধন থাকে তা হলে দ্বি-বন্ধনগুলির অবস্থান চিহ্নিত করতে হলে নিম্নতম সংখ্যাগুলি ব্যবহার করতে হবে এবং এই সংখ্যাগুলি কমা (comma) দিয়ে পৃথক করতে হবে। সংখ্যা ও যৌগের নামের মধ্যে 'হাইফেন' (hyphen) বসাতে হবে। দুটি দ্বি-বন্ধন থাকলে 'ডাই' তিনটি দ্বি-বন্ধন থাকলে 'ট্রাই' লিখতে হবে। যেমন,



1,4-হেক্সাডাই-ইন

এই যৌগটিতে দুটি দ্বি-বন্ধন আছে। একটি দ্বি-বন্ধনে C₁ এবং C₂-এর মধ্যে ও অন্যটি C₄ এবং C₅-এর মধ্যে। নিম্নতম সংখ্যা দুটি হলো 1 এবং 4।

5. যৌগে প্রতিস্থাপকের অবস্থানও সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করতে হবে। এক্ষেত্রে দ্বি-বন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণু দুটিকে নিম্নতম সংখ্যা দিয়ে প্রথমে চিহ্নিত করে নিতে হবে। যেমন,

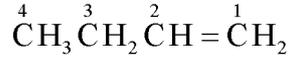


4-ক্লোরো-2,4-অক্টাডাই-ইন

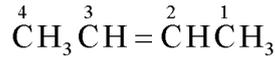
4.4 সমাবয়বতা

অ্যালকেন হাইড্রোকার্বনের মত অ্যালকিনহাইড্রোকার্বনেও শৃঙ্খল সমাবয়বতা (chain isomerism) উল্লেখ করা যায়। যৌগে দ্বি-বন্ধন থাকার জন্য দ্বি-বন্ধনের অবস্থানজনিত সমাবয়বতা (position isomerism)

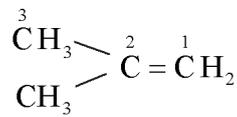
যেমন লক্ষণীয় তেমনি ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা অর্থাৎ জ্যামিতিক বা সিস্-ট্রান্স সমাবয়বতাও (geometrical or cis-trans isomerism) সম্ভব। যেমন,



1-বিউটিন

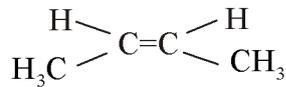


2-বিউটিন

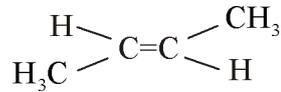


2-মিথাইলপ্রোপিন

এখানে 1-বিউটিন ও 2-বিউটিন দ্বি-বন্ধনের অবস্থানজনিত দুটি সমাবয়ব। আবার 2-মিথাইলপ্রোপিন, 1-বিউটিন ও 2-বিউটিনের শৃঙ্খলজনিত সমাবয়ব। এছাড়া 2-বিউটিনের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব সম্ভব। যেমন,



2-বিউটিন (সিস্)



2-বিউটিন (ট্রান্স)

4.5 অ্যালকিনসমূহের প্রস্তুতি

পাশাপাশি দু'টি কার্বন পরমাণু থেকে দু'টি বিদ্যায়ী পরমাণু বা গ্রুপের অপনয়ন দ্বারা সম্পৃক্ত হাইড্রো-কার্বনের মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন স্থাপন করে অ্যালকিন উৎপন্ন করা হয়।



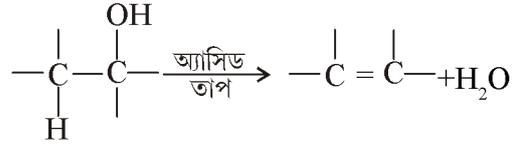
অ্যালকিল হ্যালাইড, অ্যালকোহল, অ্যালকাইলিডিন ডাইহ্যালাইড, কার্বনিল যৌগ এবং এস্টার থেকে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। কতিপয় উল্লেখযোগ্য প্রস্তুতির বিক্রিয়া সারণি -4.1-এ সংক্ষিপ্তরূপে দেখানো হ'লো।

সারণি 4.1 : অ্যালকিনসমূহের প্রস্তুতির বিক্রিয়া

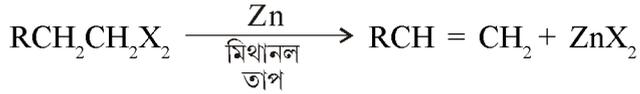
অ্যালকিল হ্যালাইডের হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারণ



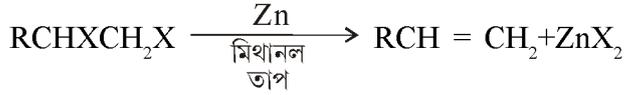
অ্যালকোহলের নিরূপণ



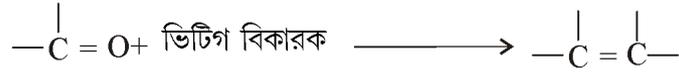
অ্যালকাইলিডিন ডাইহ্যালাইডের (1, 1-ডাইহ্যালাইডের) হ্যালোজেন যুগল অপসারণ



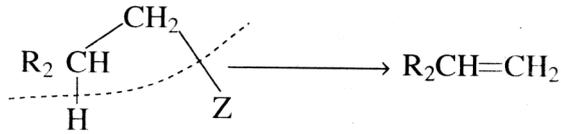
1, 2-ডাইহ্যালাইডের হ্যালোজেন যুগল অপসারণ



ভিটিগ বিক্রিয়া

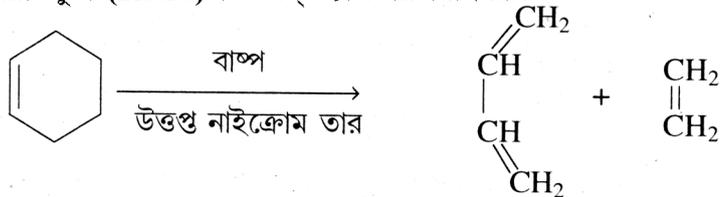


তাপবিভাজন অপনয়ন বিক্রিয়া



Z = অ্যাসিটেট, জ্যানথেট, অ্যামিন-অক্সাইড

বিপরীতমুখী (Retro) ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া

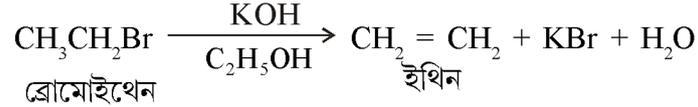


উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি আমরা এখন সংক্ষিপ্তকারে আলোচনা করবো।

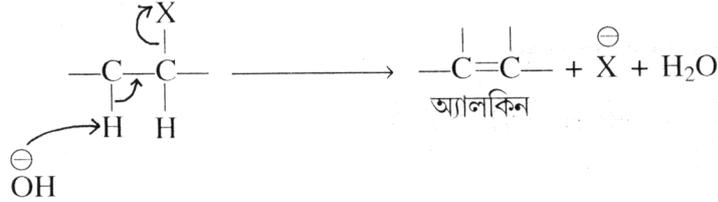
4.5.1 অ্যালকিল হ্যালাইডের হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারণ :

অ্যালকিল হ্যালাইডসমূহ থেকে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অপসারণ ঘটিয়ে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। তীর ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইডের হ্যালাজেন পরমাণু পার্শ্ববর্তী কার্বনে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে অপনীত হয়ে এই বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

ব্রোমোইথেন এবং অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের বিক্রিয়ায় ইথিন উৎপন্ন হয়।



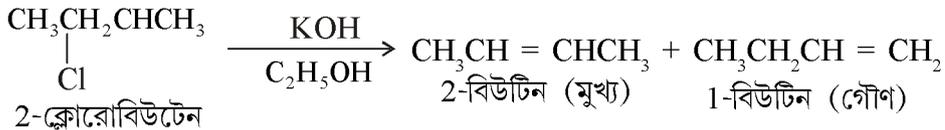
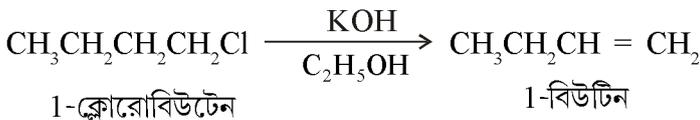
ক্ষারের হাইড্রোক্সাইড আয়ন (OH^-) হ্যালাজেন পরমাণু বহনকারী কার্বন পরমাণুর পার্শ্ববর্তী কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারণ করে (কারণ H পরমাণুটি-আম্লিক) এবং কার্বন-হ্যালাজেন বন্ধন ভেঙে গিয়ে অ্যালকিন, H^- এবং H_2O উৎপন্ন হয়। এখানে মনে রাখতে হবে যে, অপসারিত দুটি পরমাণু কার্বনশৃঙ্খলে ট্রান্স (*trans*) অবস্থায় থাকবে। এটি E_2 বিক্রিয়া।



এই বিক্রিয়াটিকে 1,2-অপনয়ন বিক্রিয়া বা β -অপনয়ন বিক্রিয়াও বলে।

অ্যালকিল হ্যালাইডের সক্রিয়তার ক্রম : টারসিয়ারি > সেকেন্ডারি > প্রাইমারি

যে সমস্ত অ্যালকিল হ্যালাইডে হ্যালাজেন পরমাণুটি প্রান্তীয় কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকে সেক্ষেত্রে একটিমাত্র অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু হ্যালাজেন পরমাণুটি অ্যালকিল হ্যালাইডের মধ্যস্থলের কোন কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকলে একাধিক অ্যালকিনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



প্রথম বিক্রিয়ায়, 1-ক্লোরোবিউটেন কেবলমাত্র C_2 থেকে হাইড্রোজেন পরমাণু ত্যাগ করতে সক্ষম, ফলে 1-বিউটিনই একমাত্র পদার্থ উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, 2-ক্লোরোবিউটেন কিন্তু, C_1 এবং C_3 এই উভয় কার্বন

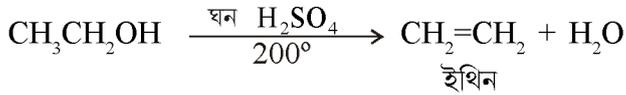
থেকেই হাইড্রোজেন পরমাণু ত্যাগ করতে সক্ষম। তাই, এক্ষেত্রে 2-বিউটিন (80%) এবং 1-বিউটিন (20%) এর মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

এখন আপনারা প্রশ্ন করতে পারেন যে, 2-বিউটিন কেন মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হলো?

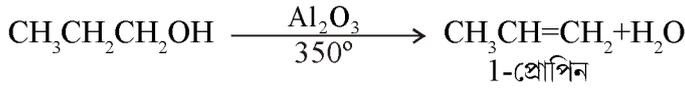
এর উত্তরে বলবো : এই অপনয়ন বিক্রিয়া ‘সেটজেফ-নীতি’ মেনে চলে। ‘সেটজেফ-নীতি’ : উৎপন্ন অ্যালকিন সর্বাপেক্ষা অধিক সংখ্যক অ্যালকিলমূলক প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনের গঠনাকৃতি পায়।

4.5.2 অ্যালকোহলের নিরূদন :

অ্যালকোহলকে নিরূদিত করে অর্থাৎ অ্যালকোহল থেকে জল দূরীভূত করে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। অ্যাসিড ও তাপের সাহায্যে অ্যালকোহলকে নিরূদিত করা যায়। অর্থাৎ অ্যালকোহলকে সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফরফরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে 200° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

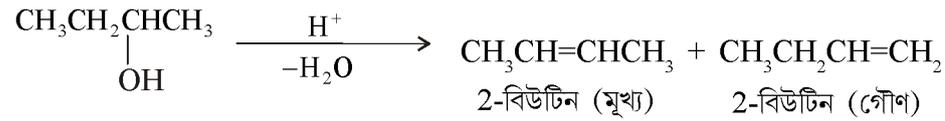


উত্তপ্ত অ্যালুমিনার (Al₂O₃) উপর দিয়ে অ্যালকোহল বাষ্প পাঠিয়েও নিরূদিত করা হয়।



2-প্রোপানল ব্যতিরেকে সেকেশুড়ি ও টারসিয়্যারি অ্যালকোহলের নিরূদনে একাধিক অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

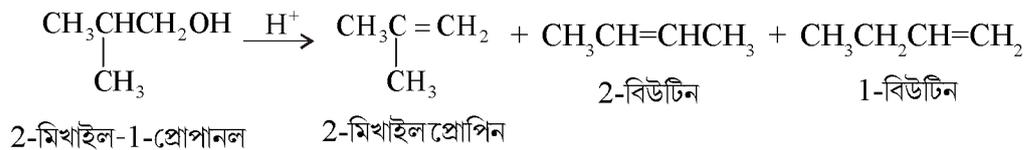
যেমন, 2-বিউটানলের নিরূদনে হাইড্রোজেন পরমাণুর অপসারণ C₁ অথবা C₃ যে কোন পরমাণু থেকেই হতে পারে। ফলে দু’টি অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



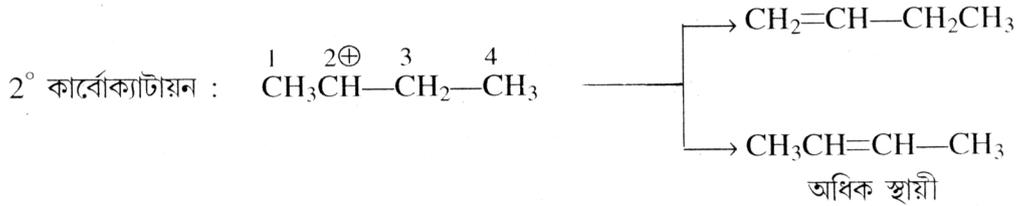
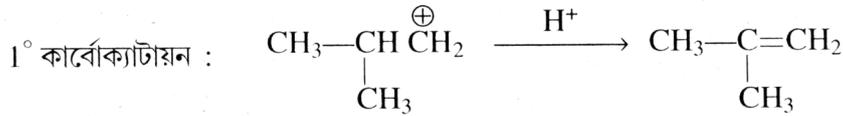
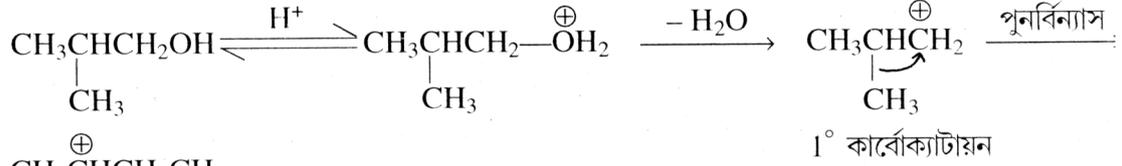
এক্ষেত্রেও ‘সেটজেফ-নীতি’ অনুযায়ী 2-বিউটিন মুখ্য এবং 1-বিউটিন গৌণ পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।

অ্যালকোহল নিরূদনের সহজ ক্রম; টারসিয়্যারি > সেকেশুড়ি > প্রাইম্যারি

অনেকক্ষেত্রে অ্যালকোহলের নিরূদনের সময় পুনর্বিন্যাস ঘটে এবং সমাবয়বী অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

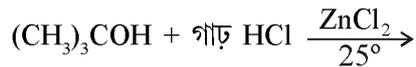


ক্রিয়া-কৌশল : যে সমস্ত বিক্রিয়া অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়নের মধ্য দিয়ে সম্পন্ন হয় সেখানে অধিক স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হওয়ার প্রবণতার জন্যই এই পুনর্বিন্যাস ঘটে।



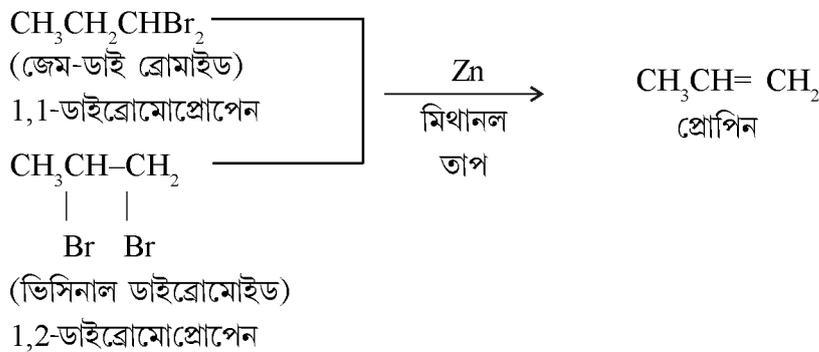
অনুশীলনী-2

নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগটির গঠনসংকেত ও নাম লিখুন :



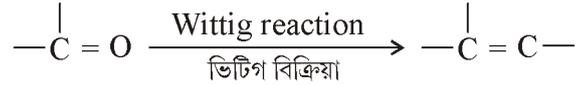
4.5.3 অ্যালকাইলিডিন ডাইহ্যালাইডের হ্যালোজেন-যুগলের অপসারণ :

‘জেম্ ও ভিস্’ উভয় প্রকার ডাইহ্যালাইডকেই জিঙ্কচূর্ণ ও মিথানল সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



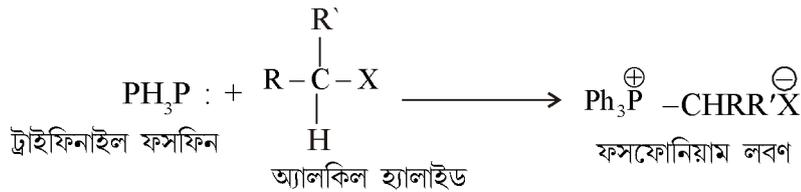
4.5.4 ভিটিগ বিক্রিয়া (Wittig reaction) :

1954 খ্রিস্টাব্দে জর্জ ভিটিগ কার্বনিল যৌগ থেকে অ্যালকিন সংশ্লেষণের উপায় উদ্ভাবন করেন। বিক্রিয়াটি কেবলমাত্র অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য এবং বিক্রিয়ায় কার্বনিল যৌগের স্থানেই নতুন কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন (C = C) উৎপন্ন হয়।

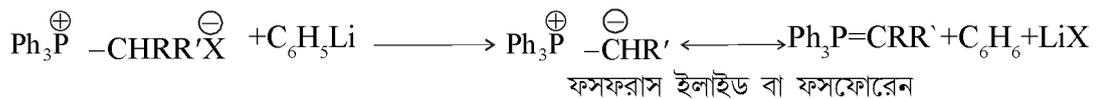


কার্বনিল যৌগের সাথে অ্যালকিন হ্যালাইড (প্রাইমারি অথবা সেকেন্ডারি), ট্রাইফিনাইল ফসফিন এবং তীব্র ক্ষার বিউটাইল লিথিয়াম বা ফিনাইল লিথিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটি আবিষ্কারকের নামানুসারে ভিটিগ বিক্রিয়া নামে পরিচিত। ভিটিগ বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে সম্পন্ন হয়।

প্রথম পর্যায়ে, প্রাইমারি অথবা সেকেন্ডারি অ্যালকিল হ্যালাইডের সাথে নিউক্লিওফিলীয় বিকারক ট্রাইফিনাইল ফসফিনের বিক্রিয়ায় ফসফোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়।

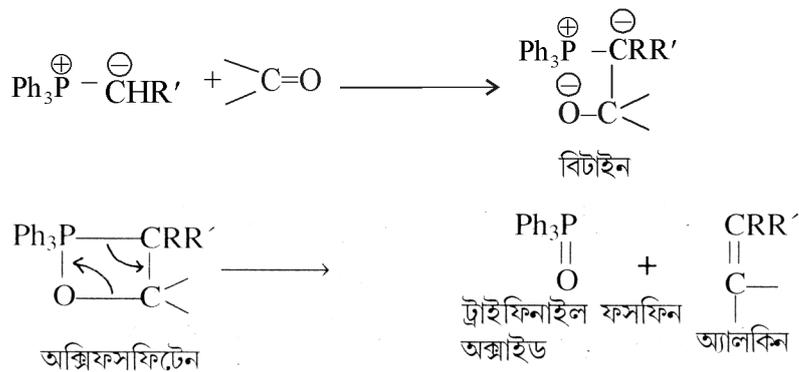


তীব্র ক্ষার ফিনাইল লিথিয়াম বা বিউটাইল লিথিয়াম ফসফোনিয়াম লবণ থেকে মুদ্রা আঙ্গিক হাইড্রোজেন নিষ্কাশিত করে অ্যালকাইলিডিন ট্রাইফিনাইল ফসফোরেন বা ফসফরাস ইলাইড (ylide) উৎপন্ন করে। এটি ভিটিগ বিকারক নামে পরিচিত।



কার্বন পরমাণুর উপর ঋণাত্মক আধানের জন্যই ফসফরাস ইলাইডগুলির বিক্রিয়ায় বিশিষ্ট ভূমিকা আছে।

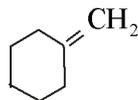
বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অ্যালকিল হ্যালাইডে একটি আঙ্গিক হাইড্রোজেন পরমাণু অবশ্যই থাকবে। এটি বিক্রিয়ার শর্ত অর্থাৎ অ্যালকিল হ্যালাইড 1° অথবা 2° হতে পারে; কিন্তু 3° অ্যালকিল হ্যালাইড এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। পরবর্তী ধাপে, ফসফরাস ইলাইড কার্বনিল যৌগের সাথে বিক্রিয়ায় প্রথমে অন্তর্বর্তী যৌগ বিটাইন (betaine) উৎপন্ন করে এবং পরে বদ্ধশৃঙ্খল যৌগ অক্সিফসফিটেনের মধ্য দিয়ে তৎক্ষণাৎ বিয়োজিত হয়ে অ্যালকিন এবং অধিক স্থায়ী ট্রাইফিনাইল ফসফিন অক্সাইড উৎপন্ন করে।



এই বিক্রিয়ায় বিদ্যায়ী গ্রুপ অক্সিঅ্যানায়ন এবং ট্রাইফিনাইল ফসফোনিয়াম আয়ন সিন ত্রিমাত্রিক গঠনকাঠামো (syn stereochemistry) থেকে অপনীত হয়। অর্থাৎ অন্তর্বর্তী বিটাইনের ত্রিমাত্রিক গঠনকাঠামোই উৎপন্ন পদার্থের জ্যামিতিক সমাবয়ব নির্ণয় করে।

অনুশীলনী-3

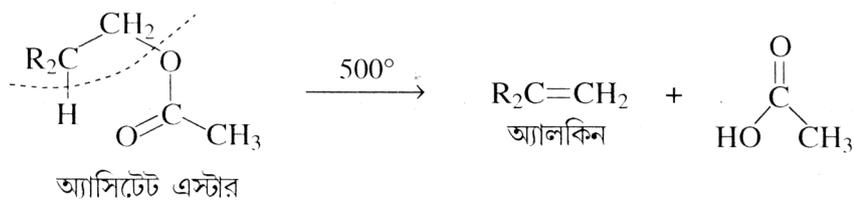
নিচের যৌগটি কীভাবে প্রস্তুত করবেন? বিক্রিয়ার কৌশল দেখান এবং বিকারকগুলির সংকেত লিখুন।



4.5.5 তাপবিভাজন অপনয়ন বিক্রিয়া :

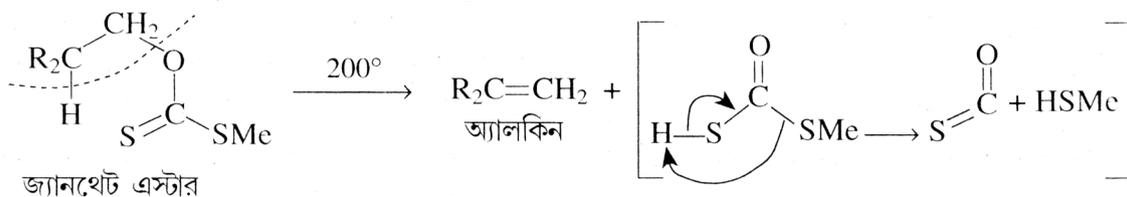
(i) এস্টারের তাপীয় বিভাজন :

এই পদ্ধতিতে সাধারণভাবে অ্যাসিটেট এস্টার ব্যবহার করা হয়।



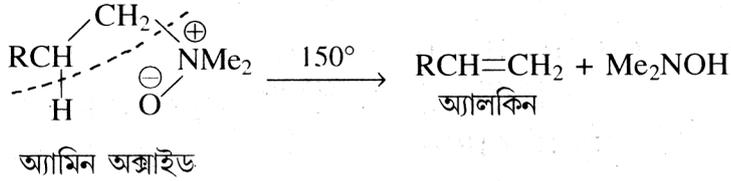
(ii) জ্যানথেট এস্টারের তাপীয় বিভাজন :

এই বিক্রিয়াকে চুগায়েভ বিক্রিয়া (Chugaev reaction) বলে।



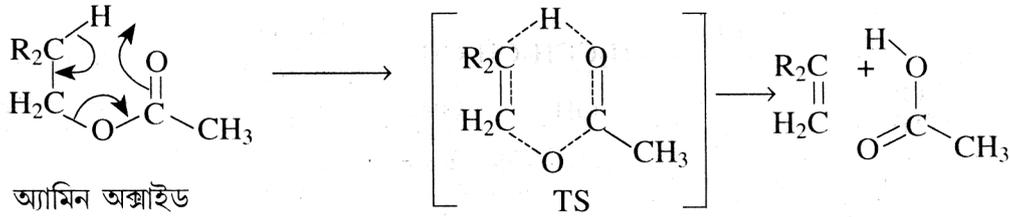
(iii) কোপ বিক্রিয়া (Cope reaction) :

যে বিক্রিয়ায় অ্যামিন অক্সাইডের তাপীয় বিভাজনে অ্যালকিন উৎপন্ন হয় তাকে কোপ বিক্রিয়া বলে।



ক্রিয়া-কৌশল : এই সকল অপনয়ন বিক্রিয়া বৃত্তীয় পরিবৃত্তি অবস্থার (cyclic transition state) মধ্য দিয়া সম্পন্ন হয়।

যেমন, এসটারের তাপীয় বিভাজন।



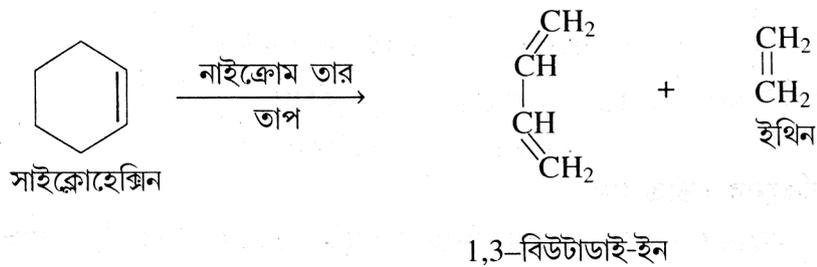
যেহেতু বিদ্যায়ী মূলক OCCH_3 এবং প্রোটোন একই দিক থেকে অপনীত হয় তাই একে 'সিন' (Syn) অপনয়ন বলে। অর্থাৎ তাপীয় বিভাজন সিন-অপনয়নের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।

4.5.6 ডাই-ইনের প্রস্তুতি :

অ্যালকাডাই-ইন বা ডাই-ইনের মধ্যে অনুবদ্ধ ডাই-ইনই সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য। তাই আমরা অনুবদ্ধ ডাই-ইন যেমন 1,3-বিউটাডাই-ইনের উল্লেখযোগ্য প্রস্তুতি সংক্ষিপ্তকারে আলোচনা করবো।

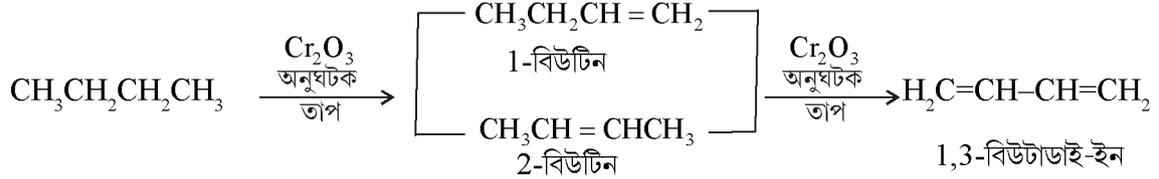
বিপরীতমুখী (Retro) ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া :

সাইক্লোহেক্সিন বাষ্প উত্তপ্ত নাইক্রোম তারের (নিকেল, ক্রোমিয়াম ও লৌহের সংকর ধাতু) উপর দিয়ে পাঠালে 1,3-বিউটাডাই-ইন উৎপন্ন হয়।

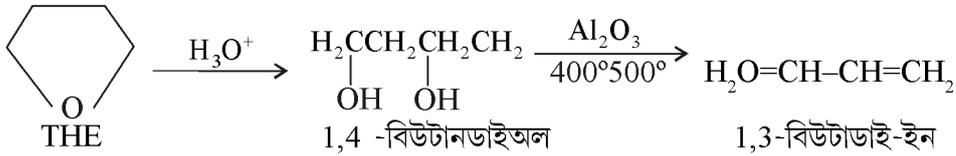


অন্যান্য পদ্ধতি :

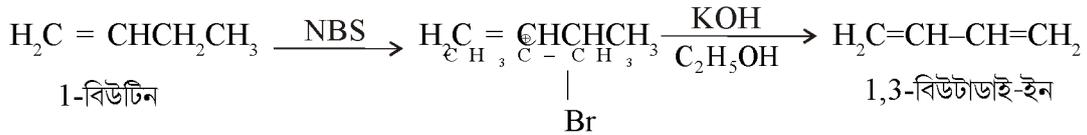
1. প্রাকৃতিক গ্যাস অথবা পেট্রোলিয়াম থেকে প্রাপ্ত বিউটেনকে Cr_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে তাপ প্রয়োগে বিভাজিত (cracking) করে 1,3-বিউটাডাই-ইন প্রস্তুত করা হয়।



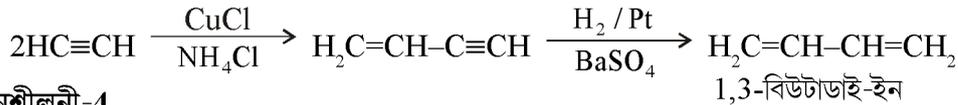
2. টেট্রাহাইড্রোফিউরান (THF) ও আর্দ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন 1,4-বিউটেনডাইঅলকে Al_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে $400-500^\circ$ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে জল অপসারিত হয়ে 1,3-বিউটাডাই-ইন উৎপন্ন হয়।



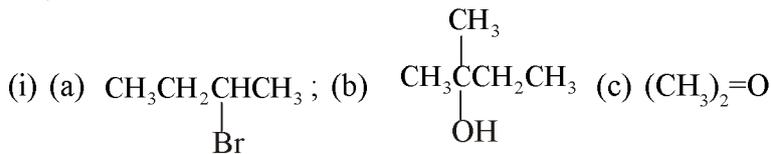
3. 1-বিউটিনকে N-ব্রোমোস্যাকসিনিমাইড-এর সাহায্যে অ্যালাইলিক (allylic) ব্রোমিনেশন করে ফ্লোরের সাহায্যে HBr অপসারণ করলে 1,3-বিউটাডাই-ইন পাওয়া যায়।



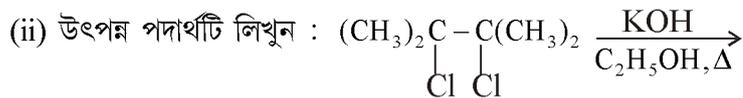
4. অ্যাসিটিলিন থেকে



অনুশীলনী-4



উপরের যৌগগুলি থেকে মুখ্য অ্যালকিনের প্রস্তুতি সমীকরণ সহ লিখুন।



4.5.7 অ্যালকিনের ভৌত ধর্ম :

সাধারণ তাপমাত্রায় C_1 থেকে C_4 অ্যালকিনগুলি বর্ণহীন গ্যাস। C_5 থেকে C_{17} অ্যালকিনসমূহ তরল এবং C_{18} থেকে উচ্চতর অ্যালকিনগুলি কঠিন। সাধারণভাবে অ্যালকিনের অন্যান্য ভৌতধর্মাবলী

অ্যালকেনের অনুরূপ। কম আণবিকগুরুত্ব বিশিষ্ট কিছু অ্যালকিন বাদ দিলে অ্যালকেনের মত অ্যালকিনের সমগোত্রীয় যৌগের শ্রেণীতে প্রতি $[CH_2]$ মূলকের বৃদ্ধির জন্য $20^\circ-30^\circ$ স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু শাখা শৃঙ্খলযুক্ত অ্যালকিনের স্ফুটনাঙ্ক সংশ্লিষ্ট সরল শৃঙ্খলযুক্ত অ্যালকিন অপেক্ষা হ্রাস পায়। আবার দ্বি-বন্ধনের অবস্থানের জন্যও স্ফুটনাঙ্কের হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হলো।

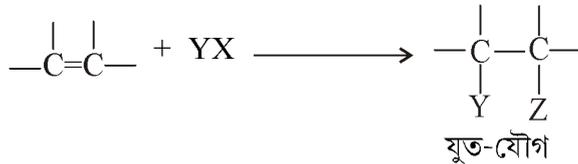


অ্যালকেন অপেক্ষা অ্যালকিনে কার্বনের শতকরা পরিমাণ বেশি হওয়ায় এই যৌগগুলি তীব্র খোঁয়াটে শিখায় জ্বলে।

অ্যালকিনের π -ইলেকট্রন জলের অণুর আংশিক ধনাত্মক-তড়িৎ আধানযুক্ত হাইড্রোজেনের দিকে আকর্ষিত হয়, ফলে অ্যালকেনগুলি অ্যালকেন অপেক্ষা জলে সামান্য বেশি পরিমাণে দ্রব্য।

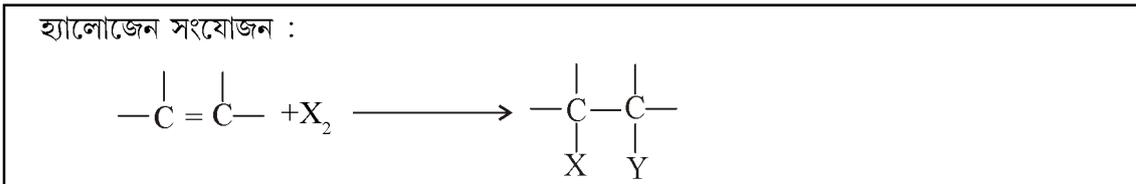
4.6 অ্যালকিনের সাধারণ বিক্রিয়া

অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের (C C) মধ্যে একটি হ'লো দুট σ -বন্ধন এবং অপরটি দুর্বল π -বন্ধন। π -বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়ই প্রধানত: বিক্রিয়ায় অংশ নেয়। দ্বি-বন্ধন বর্তমান থাকায় অ্যালকিনসমূহের যুত-যৌগ গঠনের প্রবণতা বেশি।

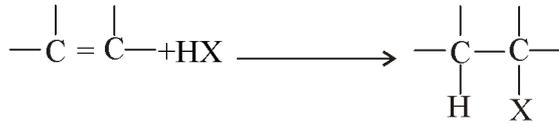


অ্যালকিনের যুত-বিক্রিয়ার সময় দুর্বল π -বন্ধন ভেঙ্গে গিয়ে প্রতিটি sp^2 সংকরায়িত কার্বন পরমাণু একটি করে π -ইলেকট্রনের সাথে পুরনায় sp^3 সংকরায়িত হয়। π -বন্ধনযুক্ত যৌগের শক্তি σ -বন্ধনযুক্ত যৌগের থেকে বেশি। স্বভাবতই যুত-বিক্রিয়া একটি তাপমোচী (exothermic) বিক্রিয়া। σ -বন্ধনে আবদ্ধ কার্বন পরমাণুর নিউক্লিয়াসদ্বয় যে তলে অবস্থিত তার উপরে ও নিচে ইলেকট্রন মেঘ থাকে। নিউক্লিয়াসের সাথে π -ইলেকট্রনগুলি দৃঢ়ভাবে যুক্ত নয় বলে এরা সহজেই ইলেকট্রন-সহানী বিকারকের, ইলেকট্রোফাইল (electrophile) দ্বারা আক্রান্ত হয়ে যুত-যৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া বলে।

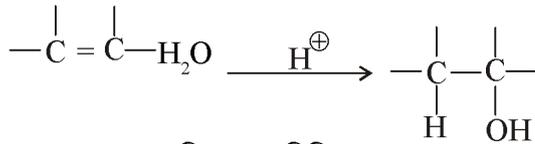
সারণি 4.2 : অ্যালকিনসমূহের সাধারণ বিক্রিয়া



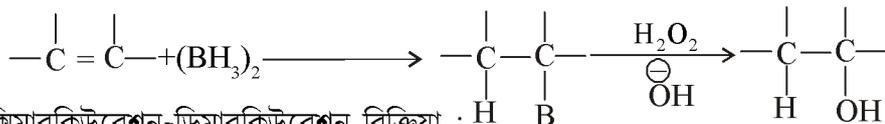
হ্যালোজেন হ্যালাইড সংযোজন :



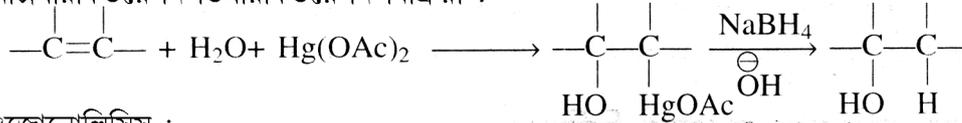
জলের সংযোজন :



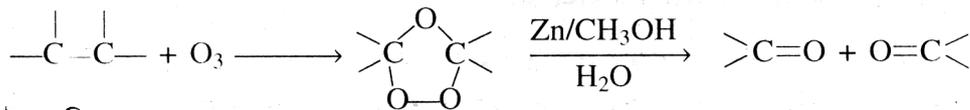
হাইড্রোবোরেশন-অক্সিডেশন বিক্রিয়া :



অক্সিমারকিউরেশন-ডিমারকিউরেশন বিক্রিয়া :



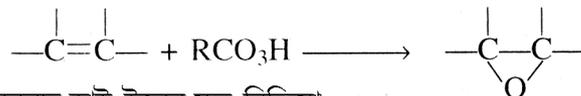
ওজোনোলিসিস :



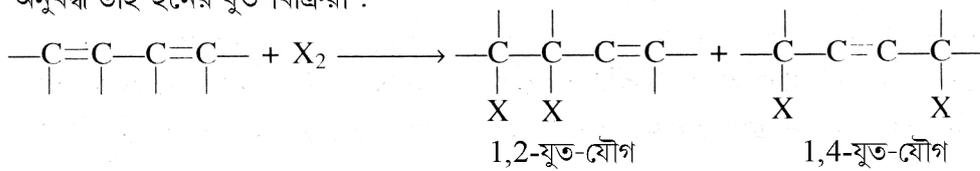
হাইড্রোক্সিলেশন :



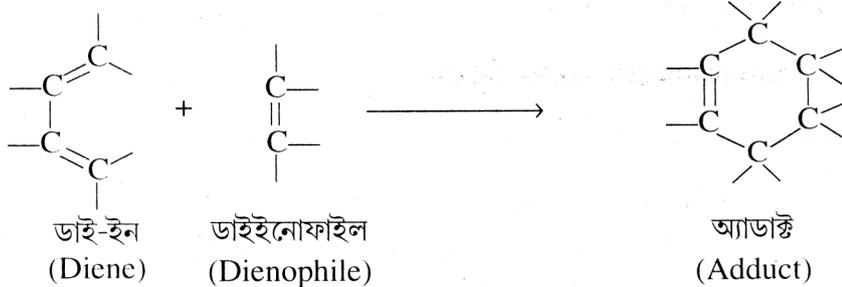
এপক্সিডেশন :



অনুবন্ধ ডাই-ইনের যুত-বিক্রিয়া :



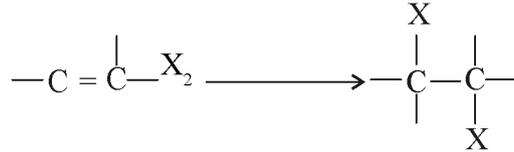
ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া (Diels-Alder reaction)



উপরের বিক্রিয়াগুলি আমরা এখন সংক্ষিপ্তাকারে আলোচনা করবো।

4.6.1 হ্যালোডেন-সংযোজন :

হ্যালোজেনগুলি অ্যালকিনের প্রতি খুবই আসক্ত। অ্যালকিনের সাথে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় ভিসিনাল-ডাইহ্যালাইড যুত-যৌগ উৎপন্ন হয়।



ইলেকট্রোফিলীয় বিকারক হিসাবে ফ্লোরিনের তীব্রতা এত বেশি যে, বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই বিক্রিয়াটিকে নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখা যায় না। আবার আয়োডিন অ্যালকিনের সাথে বিক্রিয়া করে না অথবা খুব ধীর-গতিতে বিক্রিয়া করে। কিন্তু ক্লোরিন ও ব্রোমিন আদর্শ ইলেকট্রোফিলীয় বিকারক হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল : আমরা ব্রোমিনের সাথে অ্যালকিনের বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

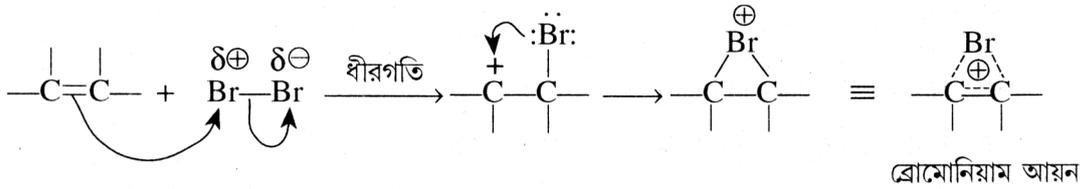
এই বিক্রিয়ায় δ^+ এবং δ^- চিহ্নের সাথে $\text{Br}-\text{Br}$ দ্বি-বন্ধনের নিকটবর্তী ব্রোমিন পরমাণুটি তুলনামূলকভাবে ধনাত্মক এবং অপর পরমাণুটি ঋণাত্মক আধানপ্রাপ্ত হয়।



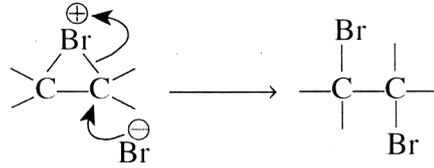
ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া দুই ধাপে ঘটে।

প্রথম ধাপে, দ্বি-বন্ধনের π -ইলেকট্রন দ্বারা ইলেকট্রন-সম্বলী বিকারক, ইলেকট্রোফাইল (electrophile)

($\text{Br}^{\delta+}$) আকৃষ্ট হয় এবং দ্বি-বন্ধনের π -বন্ধন ভেঙ্গে গিয়ে যে কোন একটি কার্বন পরমাণুর সাথে σ -বন্ধন (C-Br) রচনা করে। দ্বি-বন্ধনের অপর কার্বন পরমাণুটি কার্বোক্যাটায়নে পরিণত হয়। বিকারকের নিউক্লিওফিলীয় অংশে, নিউক্লিও-ফাইলে (nucleophile) ($\text{Br}^{\delta-}$) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় থাকায় উহা কার্বোক্যাটায়নের সাথে বিক্রিয়ায় বৃত্তাকার ব্রোমোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে।



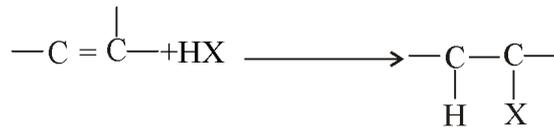
পরবর্তী ধাপে, কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের একটা দিক আক্রান্ত ব্রোমিন দ্বারা আচ্ছাদিত থাকে বলে Br^\ominus আয়ন ব্রোমোনিয়াম আয়নের পশ্চাৎ দিক থেকে বিক্রিয়া ঘটিয়ে ট্রান্স-যুত-পদার্থ উৎপন্ন করে। এইরূপ যুত-বিক্রিয়াকে ট্রান্স-যুত বিক্রিয়া বলে।



ব্রোমিন সংযুক্তি বিক্রিয়ার দ্বারা জৈব যৌগ কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন সনাক্ত করা যায়। লাল রঙের ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের সাথে বিক্রিয়ায় বর্ণহীন দ্রবণে পরিণত হয়।

4.6.2 হাইড্রোজেন হ্যালাইড-সংযোজন :

অ্যালকিন ও হাইড্রোজেন হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।



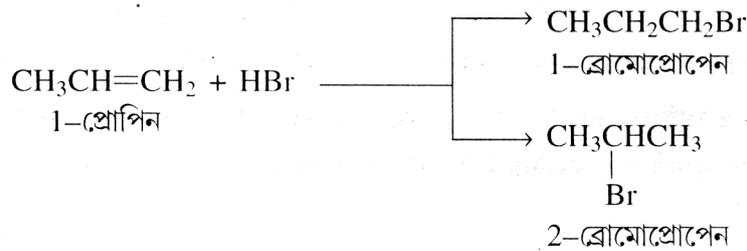
প্রতিসম অ্যালকিনের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র একটি অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

অপ্রতিসম অ্যালকিন এবং হাইড্রোজেন হ্যালাইডের বিক্রিয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রেই রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া।

যেমন, 1-প্রোপিন ও HBr-এর বিক্রিয়ায় 1-ব্রোমোপ্রোপেন এবং 2-ব্রোমোপ্রোপেন উৎপন্ন হতে পারে।

রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া **Regioselective**

reaction) : যে সকল বিক্রিয়ায় একাধিক সমাবয়বী যৌগ উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, কিন্তু বিশেষ শর্তে একটি সমাবয়বী মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়, সেই সকল বিক্রিয়াকে রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া বলে।



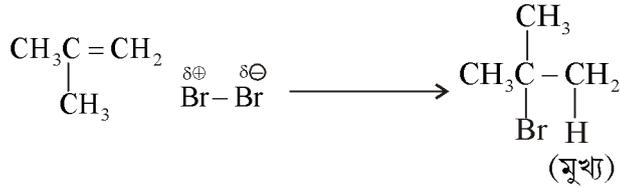
কিন্তু বাস্তবে, 2-ব্রোমোপ্রোপেন মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।

এই ধরনের বিক্রিয়াকে রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া বলে।

অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অসম ধ্রুবীয় বিকারকের যুত-বিক্রিয়া পরীক্ষালব্ধ ফলাফল বিশ্লেষণ করে

বিখ্যাত রুশ-রসায়নবিদ মারকনিকভ (Markovnikov) যুত-বিক্রিয়া সংক্রান্ত একটি নীতি বিবৃত করেন। এই নীতিটি মারকনিকভ-নীতি (Markovnikov's rule) নামে পরিচিত।

মারকনিকভ-নীতি (Markovnikov's rule) : অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অসম ধ্রুবীয় বিকারকের সংযোজনের ক্ষেত্রে অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণুদুটির মধ্যে যে কার্বন পরমাণুতে সর্বাপেক্ষা কম হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে (অর্থাৎ যে কার্বন পরমাণুটি বেশি প্রতিস্থাপিত) বিকারকের ঋণাত্মক অংশ সেই পরমাণুতে যুক্ত হয়। বিকারকের ধনাত্মক অংশটি অপর কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়ে মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন করে।

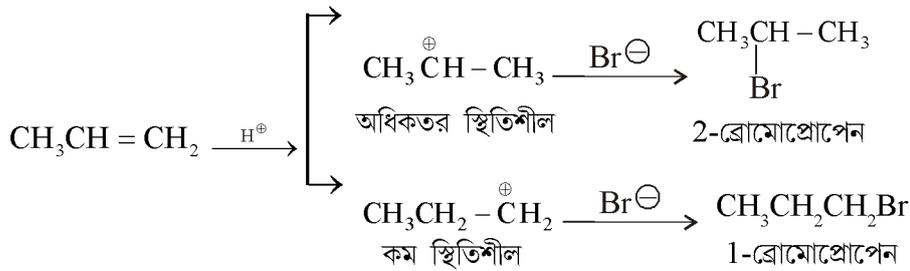


বস্তুত: মারকনিকভ-নীতি একটি তথ্য-নির্ভর অর্থাৎ পরীক্ষামূলক সিদ্ধান্ত মাত্র। যুত-বিক্রিয়ার মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন সম্পর্কে মারকনিকভ-নীতি পূর্বাভাসের পরিবর্তে তাত্ত্বিক বিশ্লেষণজাত সিদ্ধান্তে পৌঁছানোই যুক্তিযুক্ত।

অ্যালকিনের π -বন্ধনে ইলেকট্রোফিলীয় প্রোটোন সংযোগে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন দুটির আপেক্ষিক স্থিতিশীলতাই বিকারকের ঋণাত্মক অংশ যুক্ত হওয়ার মুখ্য অবস্থান নির্দেশ করে। অধিকতর স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়নের সাথে বিকারকের ঋণাত্মক অংশ যুক্ত হয়ে মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।

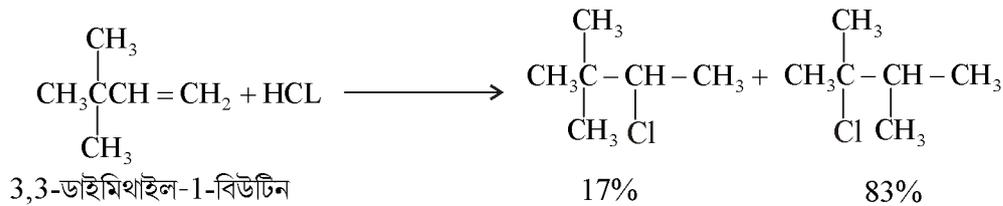
কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতার ক্রম : টারসিয়ারি > সেকেন্ডারি > প্রাইমারি

প্রোপিন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায়, প্রোপিনে H^+ যুক্ত হলে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



যেহেতু সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন অধিকতর স্থিতিশীল, তাই 2-ব্রোমোপ্রোপেন মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হবে।

কোন কোন অ্যালকিনের ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযোজনের ফলে অস্বাভাবিক যৌগ উৎপন্ন হয়।



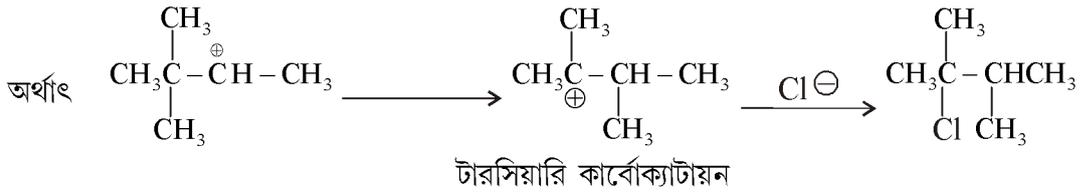
গৌণ পদার্থ (17%), কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে HCl এর রিজিওসিলেক্টিভ সংযোজনের ফলে উৎপন্ন হয়। কিন্তু মুখ্য পদার্থের (83%) উৎপত্তি নষ্ট নয়। অ্যালকিনের কার্বনশৃঙ্খলের গঠনকাঠামো পর্যালোচনা করলে দেখা যাবে যে, মুখ্য উৎপন্ন পদার্থে অ্যালকিনের কার্বনশৃঙ্খলের গঠনকাঠামোর পুনর্বিন্যাস ঘটেছে। এক্ষেত্রে অ্যালকিনের একটি মিথাইল মূলকের স্থানান্তরণ (migration) ঘটেছে। কেন এই পরিবর্তন? অ্যালকিনে প্রোটোন যুক্ত হয়ে যে অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় তার স্থিতিশীলতার জন্যই এই পুনর্বিন্যাস ঘটে।

এখানে,



অন্তর্বর্তী সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন

এই কার্বোক্যাটায়নের সাথে Cl^{\ominus} আয়ন যুক্ত হয়ে গৌণ পদার্থ উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই কার্বোক্যাটায়নের α -কার্বনে যুক্ত একটি মিথাইল মূলক নিজের σ -বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড় সমেত ইলেকট্রন ঘাটতিবিশিষ্ট কার্বনে স্থানান্তরণের ফলে অধিকতর স্থিতিশীল টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় এবং Cl^{\ominus} আয়নের



টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন

সাথে যুক্ত হয়ে মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন করে।

এইরূপে কার্বোক্যাটায়নের α -অবস্থানে σ -বন্ধনে যুক্ত অ্যালকিল, অ্যারাইল বা হাইড্রোজেন-এর স্থানান্তরণের ফলে অধিকতর স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হলে পুনর্বিন্যাস ঘটে।

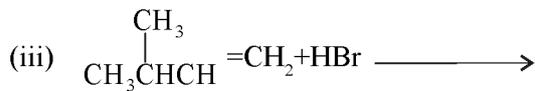
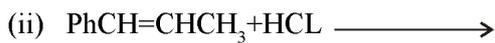
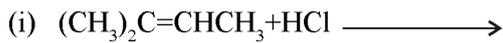


স্থানান্তরণের ক্রম : $\text{H} > \text{Ph} > \text{CH}_3$

কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতা হাইপারকনজুগেশনের (hyperconjugation) সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

অনুশীলনী-5

নিচের বিক্রিয়াগুলির প্রত্যেকটিতে মুখ্য যৌগটি উল্লেখ করুন এবং কারণ দেখান।

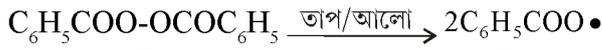


মারকনিকভ-নীতির ব্যতিক্রম :

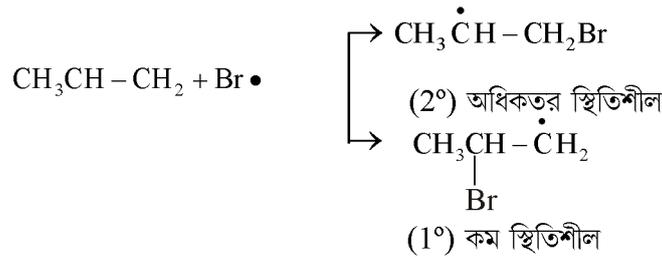
অক্সিজেন বা জৈব পার-অক্সাইডের (যেমন ডাইবেনজোয়িল পারঅক্সাইড, $C_6H_5COO-OCOC_6H_5$) উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সংযুক্তি মারকনিকভ-নীতির বিপরীতক্রমে ঘটে।



ক্রিয়া-কৌশল : মুক্তমূলকের মাধ্যমে এই যুত-বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।



ডাইবেনজোয়িল পারঅক্সাইড বেনজোইলক্সি মুক্তমূলক



HF, HCl, HI বা অন্য অসম ধ্রুবীয় অণু এবং অপ্রতিসম অ্যালকিনের সংযোজনের ক্ষেত্রে পার-অক্সাইডের প্রভাব দেখা যায় না।

কেবলমাত্র HBr পার-অক্সাইড-প্রভাব প্রদর্শন করে। কিন্তু HCl বা HI কোন পার-অক্সাইড-প্রভাব দেখায় না কেন? এর যুক্তিপূর্ণ ব্যাখ্যা বিক্রিয়ার মুক্ত-শক্তির সাহায্যে দেওয়া যায়।



(এই বিক্রিয়ার এনথ্যালপির পরিবর্তন ধরুন ΔH_1^0)



(এই বিক্রিয়ার এনথ্যালপির পরিবর্তন ধরুন ΔH_2^0)

পরীক্ষালব্ধ মানগুলি হ'লো :

H-X	ΔH_1° (KJ mol ⁻¹ 25°)	ΔH_2° (KJ mol ⁻¹ 25°)
H-Cl	-67.0	+ 12.6
H-Br	-25.1	-50.2
H-I	+46.0	-117.1

তাপগতি বিজ্ঞানের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$-RT \ln K = \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলোতে ΔS° -এর মান প্রায় একই থাকে তাই, আমরা লিখতে পারি,

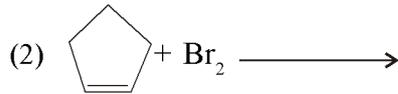
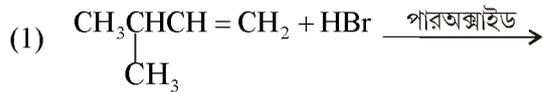
$$-RT \ln K = \Delta G^\circ = -\Delta H^\circ + \text{ধ্রুবক}$$

মুক্ত-শক্তির (ΔG°) হ্রাস হ'লে তবেই বিক্রিয়াটি সংঘটিত হবে। অন্যকথায়, ΔH° -এর মান ঋণাত্মক হলেই বিক্রিয়াটি সম্পাদিত হবে অন্যথায় নয়।

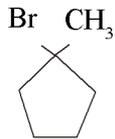
উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলিতে পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনে HCl সংযোজনের ক্ষেত্রে ΔH_1° ঋণাত্মক হলেও ΔH_2° ঋণাত্মক। তাই প্রথম বিক্রিয়া সংঘটিত হলেও দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি হবে না। HBr-এর ক্ষেত্রে দু'টো মানই ঋণাত্মক বলে দু'টো বিক্রিয়াই সংঘটিত হবে। HI-এর ক্ষেত্রে ΔH° -এর মান দ্বিতীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সহায়ক হ'লেও প্রথমটির ক্ষেত্রে সহায়ক নয়।

অনুশীলনী-6

(i) নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করণ :



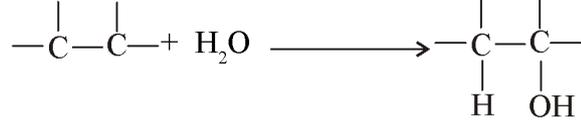
(iii) নিচের যৌগটি দু'টি ভিন্ন অ্যালকিনে HBr যোগ ক'রে পাওয়া যায় :



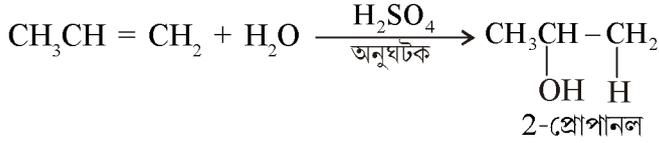
অ্যালকিন দু'টির গঠন সংকেত লিখুন।

4.6.3 জলের সংযোজন :

অ্যালকিনে জলের সংযোজনকে অ্যালকিনের হাইড্রেশন বলে। অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিনে জলের সংযোজনের ফলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



হাইড্রোহ্যালোজিনেশনের মত অপ্রতিসম অ্যালকিনে জলের সংযোজনও মারকিনকভ-নীতি অনুযায়ী সম্পন্ন হয়।



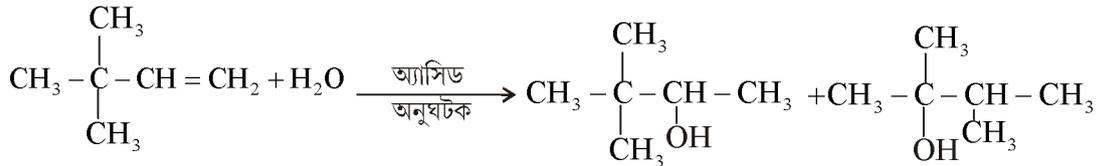
ক্রিয়া-কৌশল : হাইড্রোহ্যালোজিনেশনের মত এখানেও প্রথমে ইলেকট্রোফিলীয় প্রোটন অ্যালকিনের π -ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে অধিকতর স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



পরে নিউক্লিওফিলীয় H_2O এর সাথে বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

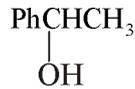


যেহেতু অ্যালকিনের হাইড্রেশন অস্তুবর্তী কার্বোক্যাটায়নের মাধ্যমে সম্পাদিত হয় তাই এক্ষেত্রেও কার্বন গঠন কাঠামোর পুনর্বিন্যাস ঘটবার সম্ভাবনা থাকে। যেমন,



অনুশীলনী-7

কোন অ্যালকিন অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে জলের সংযোজনে নিম্নলিখিত অ্যালকোহল উৎপন্ন করে?



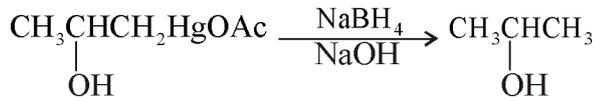
অক্সিমারকিউরেশন-ডিমারকিউরেশন বিক্রিয়া

এই বিক্রিয়ার সাহায্যেও অ্যালকিনে জলের সংযোজন মারকিনকভের নীতি অনুযায়ী সম্পাদিত হয়।

অ্যালকিনের সাথে জলীয় মারকিউরিক অ্যাসিটেট $[\text{Hg}(\text{OAc})_2]$ দ্রবণের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্সি-মারকিউরিক লবণ উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় টেট্রাহাইড্রোফিউরান সহকারী দ্রাবকরূপে (co-solvent) ব্যবহৃত হয়।

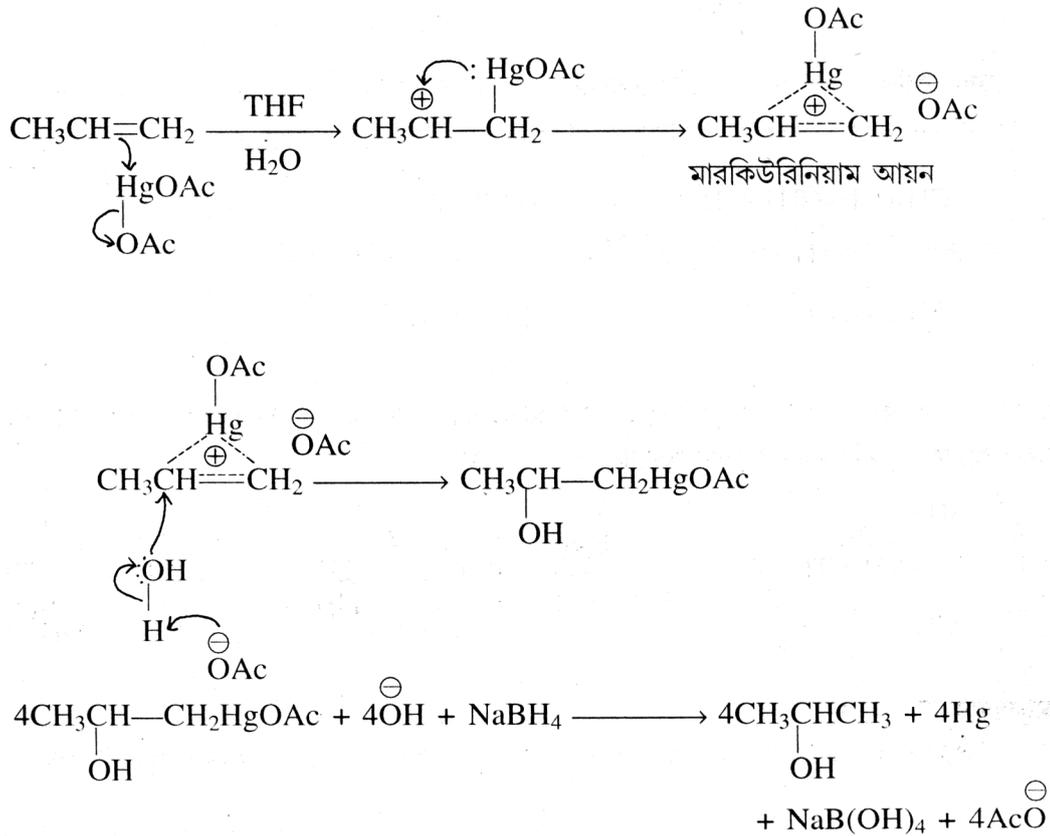


এই লবণকে ক্ষারীয় সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড (NaBH_4) দ্বারা বিজারিত করলে HgOAc গ্রুপ হাইড্রোজেন কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



2-প্রোপানল

ক্রিয়া-কৌশল :



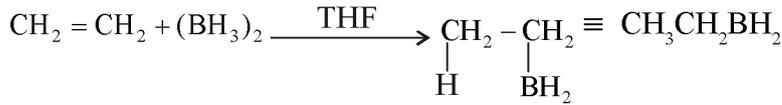
এই বিক্রিয়ার বিশেষত্ব হলো এখানে হাইড্রেশন বিক্রিয়ার মত উৎপন্ন পদার্থে অ্যালকিনের গঠনকাঠামোর পুনর্বিন্যাস ঘটে না। এইজন্য কার্বোক্যাটায়নের পরিবর্তে মারকিউরিনিয়াম আয়নকে সক্রিয় অন্তর্বর্তী যৌগ হিসাবে গণ্য করা হয়।

4.6.4 হাইড্রোবোরেশন-অক্সিডেশন বিক্রিয়া (Hydroboration-oxidation reaction) :

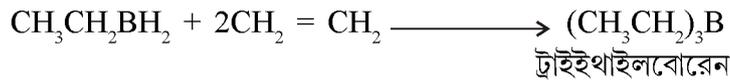
অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে বোরেন যুক্ত হয়ে কার্বন-হাইড্রোজেন ও কার্বন-বোরেন বন্ধন গঠন করে। এই যুত-যৌগগুলি অরগ্যানোবোরেন (organoborane) নামে পরিচিত।

অ্যালকিনে BH_3 -এর এইরূপ সংযোজনকে হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া বলে। হাইড্রোবোরেশন খুব সহজেই ঘটে এবং 0° সে. তাপমাত্রায় মাত্র কয়েক সেকেন্ডের মধ্যেই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়ে যায়। অরগ্যানোবোরেনের উৎপাদনের হার খুব বেশি।

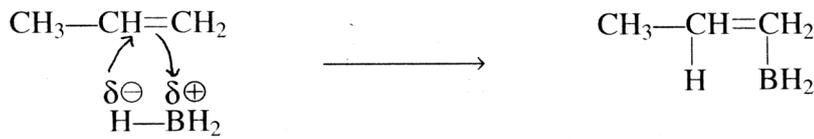
বোরেন, BH_3 অজ্ঞাত। কল্পনা করা যেতে পারে যে, আমাদের পরিচিত ডাইবোরেন, B_2H_6 হ'লো বোরেনের ডাইমার (BH_3)₂।



যেহেতু উৎপন্ন পদার্থে বোরেনের সাথে আরও দু'টি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত তাই আরও দুই অণু অ্যালকিনের সাথে বিক্রিয়া করে ট্রাইঅ্যালকিলবোরেন উৎপন্ন করবে।

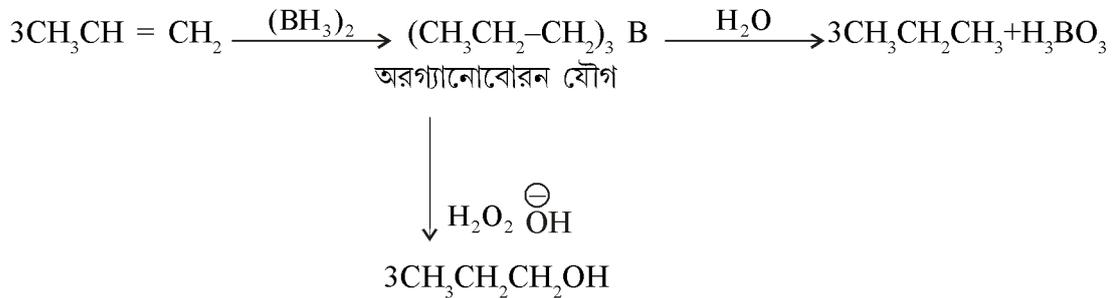


বোরেন ও অ্যালকিনের বিক্রিয়া রিজিওসিলেক্টিভ বিক্রিয়া।



উৎপন্ন অরগ্যানোবোরেনগুলি বিক্রিয়ার মাধ্যম থেকে পৃথক না করে সংশ্লেষনে এগুলিকে সরাসরি ব্যবহার করা হয়।

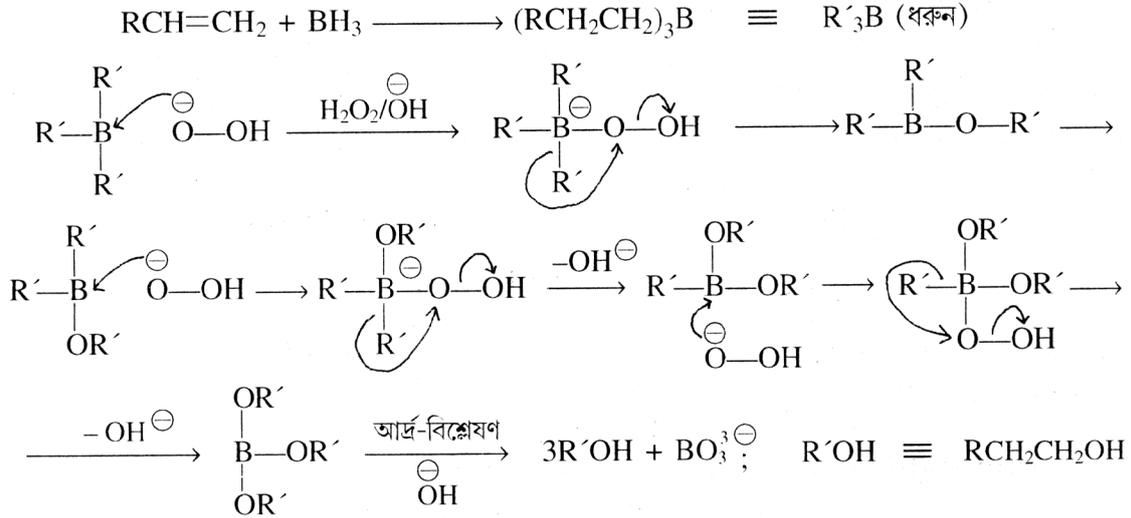
যেমন, বিক্রিয়া শেষে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে অ্যালকিন উৎপন্ন হয় (বিজারণ) আবার ক্ষারীয় হাইড্রোজেন-পারঅক্সাইড যোগ করলে সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় (জারণ)।



H_2O_2 , -এর সঙ্গে অরগ্যানোবোরেনের সামগ্রিক বিক্রিয়ায় অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে এক অণু জলের সংযুক্তি মারকনিকভ-নীতির বিপরীতক্রমে ঘটে।

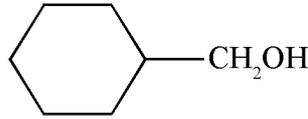
যেহেতু হাইড্রোবোরেশন বা অক্সিডেশন কোনটিতেই কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় না তাই এই বিক্রিয়ায় পুনর্বিন্যাসের কোন প্রশ্নই উঠে না।

ক্রিয়া-কৌশল :



অনুশীলনী-8

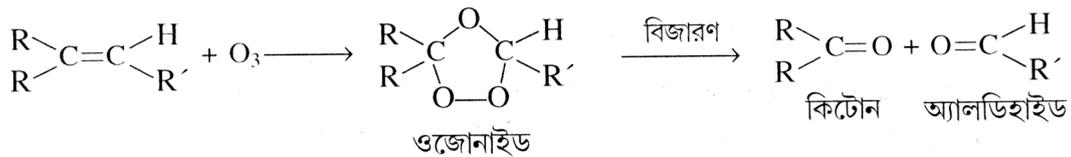
হাইড্রোবোরেশন-অক্সিডেশন বিক্রিয়ায় যে অ্যালকিন থেকে নিম্নোক্ত অ্যালকোহলটি পাওয়া যায় তার গঠন সংকেত লিখুন এবং বিক্রিয়ার কৌশল দেখান।



4.6.5 ওজোনোলিসিস :

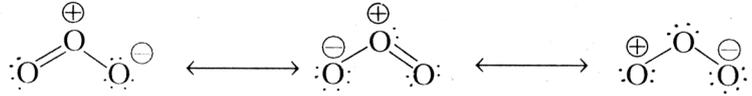
এতক্ষণ পর্যন্ত আপনারা অ্যালকিনের যে সমস্ত বিক্রিয়া পাঠ করলেন সেখানে দেখলেন যে, বিক্রিয়ার প্রায় সবক্ষেত্রেই অ্যালকিনে উপস্থিত কার্বনশৃঙ্খলের গঠনকাঠামো অক্ষত রয়েছে। অর্থাৎ কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনে বিভিন্ন বিকারক যোগ করে বিভিন্ন কার্যকরী মূলকে (যেমন অ্যালকিন ইত্যাদি) রূপান্তরিত করার সময় কিছু নির্দিষ্ট ক্ষেত্রে কার্বনশৃঙ্খলের পুনর্বিন্যাস ঘটলেও শৃঙ্খলটি একেবারে বিভাজিত হয়ে যায়নি। ওজোনোলিসিস একটি বিভাজন বিক্রিয়া (cleavage reaction) অর্থাৎ এই বিক্রিয়ায় অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের সম্পূর্ণ বিভাজন ঘটে এবং অ্যালকিনটি দু'টি ছোট অণুর যৌগে রূপান্তরিত হয়।

ওজোনোলিসিস দু'টি বিক্রিয়ার সমষ্টি : প্রথমটি ওজোন দ্বারা অ্যালকিনের জারণে ওজোনাইড উৎপন্ন হয় এবং দ্বিতীয়টি ওজোনাইডের বিজারণে বিভাজিত পদার্থের উৎপত্তি হয়।

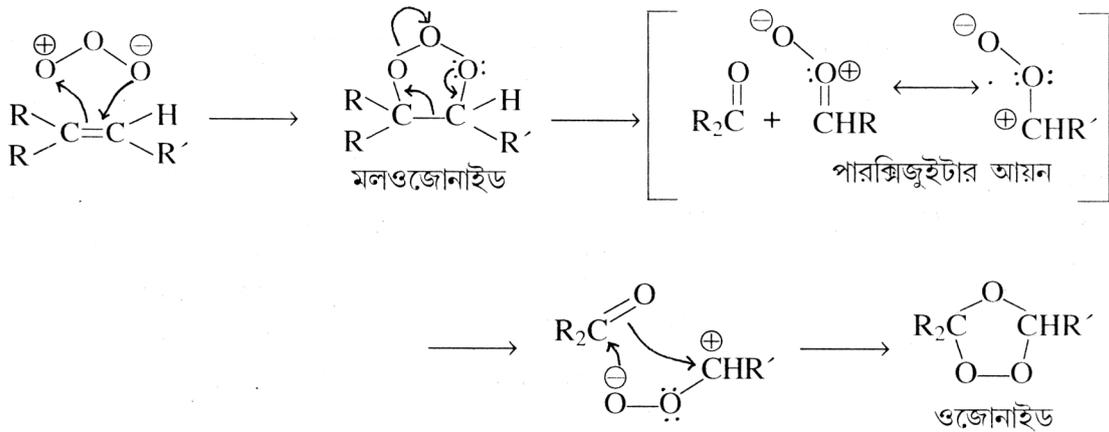


ওজোনাইড গঠনের ক্রিয়া-কৌশল :

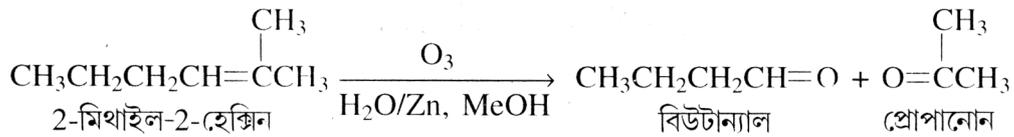
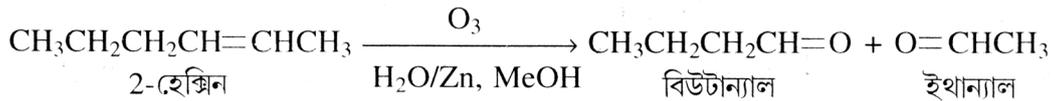
O₃ একটি প্রবীণ অণু। অণুগুলি রেজোন্যান্সে থাকে।



অ্যালকিন প্রথমে ওজোনের 1,3-ডাইপোলার গঠনের প্রান্তীয় অক্সিজেন দু'টির সাথে বিক্রিয়া করে মলওজোনাইড নামক অস্থায়ী যুত-যৌগ গঠন করে। পরে এটি পুনর্বিন্যস্ত হয়ে স্থায়ী ওজোনাইড গঠন করে।



ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ার কতিপয় উদাহরণ নিচে দেওয়া হলো :

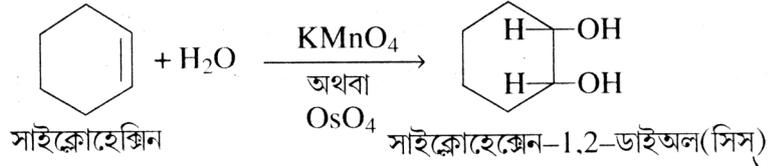
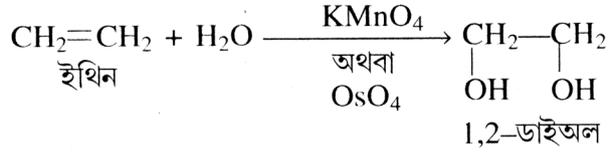


ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালকিনের গঠন সংকেতে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের অবস্থান নির্ণয় করা হয়।

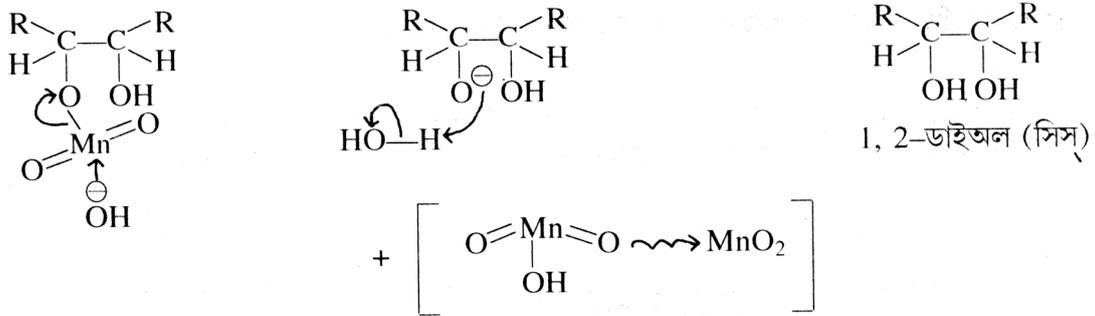
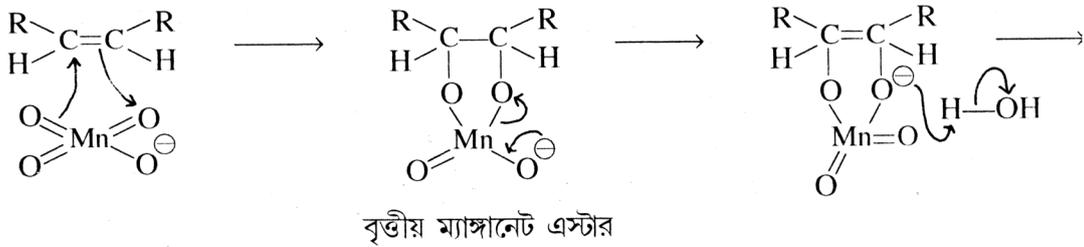
4.6.6 গাইড্রোক্সিলেশন :

অ্যালকিলসমূহ সহজেই হাইড্রোক্সিল গ্রুপের সাথে যুক্ত হয়ে যুত-যৌগ ডাইঅল (গ্লাইকল) উৎপন্ন

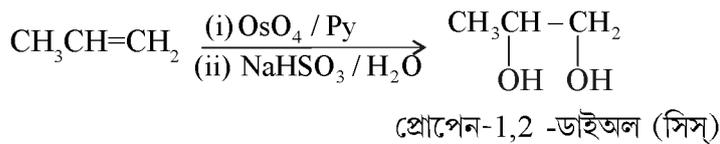
করে। লঘু ও শীতল ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অথবা ওসমিয়াম টেট্রোক্সাইডের (OsO₄) বিক্রিয়ায় অ্যালকিন সিস্ 1,2-ডাইঅলে পরিণত হয়।



অ্যালকিল প্রথমে পারম্যাঙ্গানেটের সাথে বৃত্তীয় ম্যাঙ্গানেট এস্টার গঠন করে যা কয়েকটি ধাপ পেরিয়ে 1,2-ডাইঅলে রূপান্তরিত হয়।



পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের মত ওসমিয়াম টেট্রোক্সাইড ও অ্যালকিনের সাথে বিক্রিয়া করে 1,2-ডাইঅল উৎপন্ন করে।



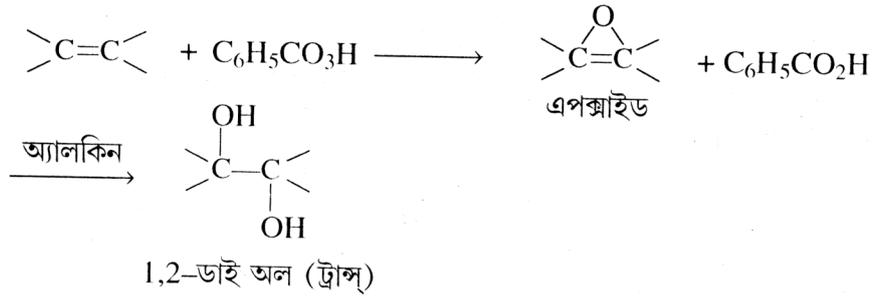
4.6.7 এপিক্সডেশন (Expoxidation) :

অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন পারঅ্যাসিডের (যেমন, পারবেনজোয়িক অ্যাসিড, $C_6H_5CO_3H$;

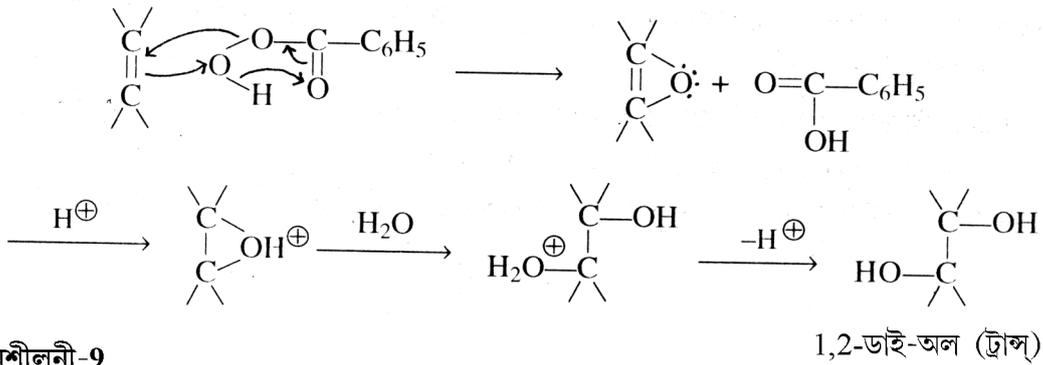
মনোপারথ্যালিক অ্যাসিড

প্যারা-নাইট্রো-পারবেনজোয়িক অ্যাসিড, $p\text{-NO}_2C_6H_4CO_3H$

ট্রাইফ্লোরো-পারঅ্যাসেটিক অ্যাসিড (CF_3CO_3H) সাথে বিক্রিয়ায় এপক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই এপক্সাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে ট্রান্স ডাইঅল উৎপন্ন হয়।

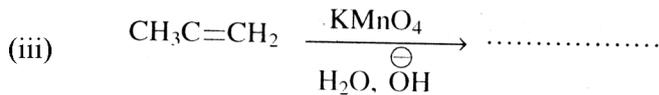
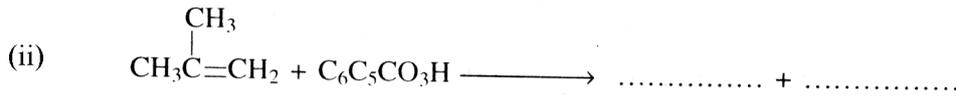
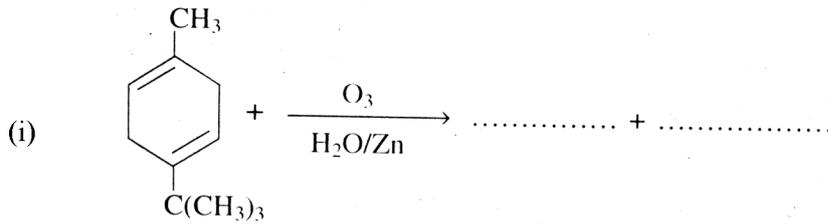


ক্রিয়া-কৌশল :



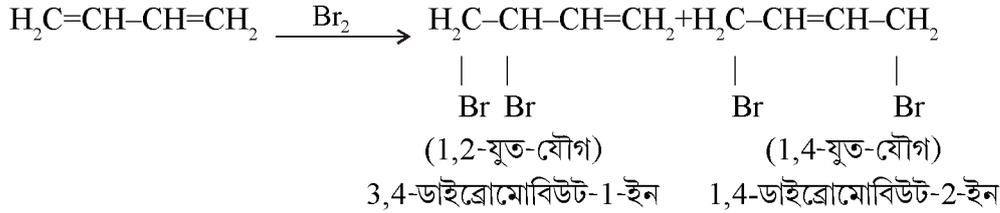
অনুশীলনী-9

উৎপন্ন পদার্থগুলির গঠনসংকেত লিখুন এবং বিক্রিয়ার কৌশল দেখান।

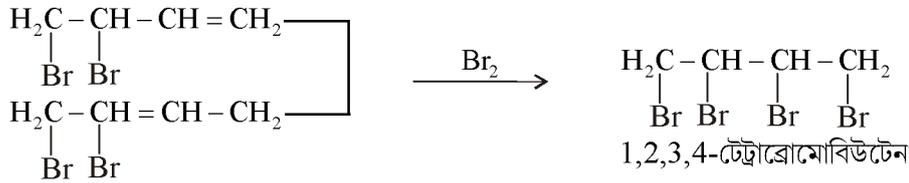


4.6.8 অনুবদ্ধ ডাই-ইনের যুত-বিক্রিয়া :

অনুবদ্ধ ডাই-ইন যেমন 1,3-বিউটাডাইন ব্রোমিনের সাথে বিক্রিয়ায় সাধারণত একই সঙ্গে 1,2- এবং 1,4-যুত-যৌগ গঠন করে।

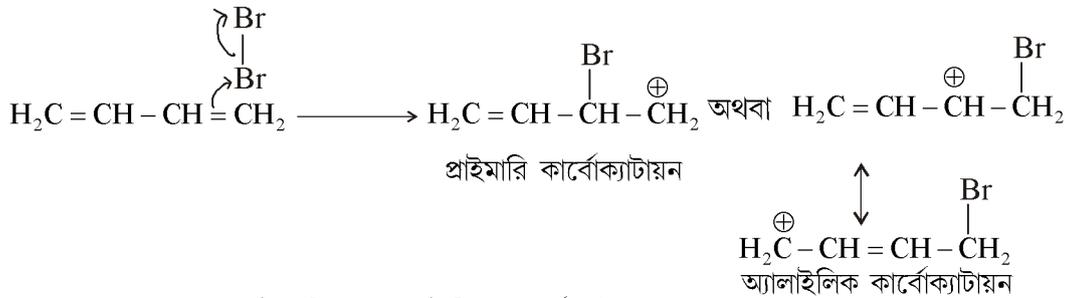


অতিরিক্ত ব্রোমিনের সাথে 1,2-এবং 1,4-উভয় যুত-যৌগই 1,2,3,4-টেট্রাব্রোমোবিউটেন উৎপন্ন করে।

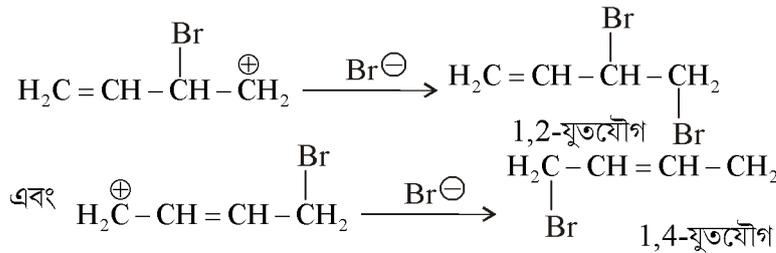


অনুরূপভাবে, ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সাথে 1,3-বিউটাডাই-ইনের বিক্রিয়ায় 1,2-এবং 1,4-যুত-যৌগ গঠিত হয়।

ক্রিয়া-কৌশল : আয়নীয় ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে এই বিক্রিয়া সম্পাদিত হয়। যে কোন একটি π -বন্ধনের দ্বারা নিকটবর্তী ব্রোমিন অণু বিকর্ষণের ফলে আংশিক ধ্রুবীয় হলে এরা পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে প্রাইমারি কার্বোক্যাটায়ন এবং রেজোন্যান্সজনিত অধিকতর স্থিতিশীল অ্যালাইলিক কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন করে।



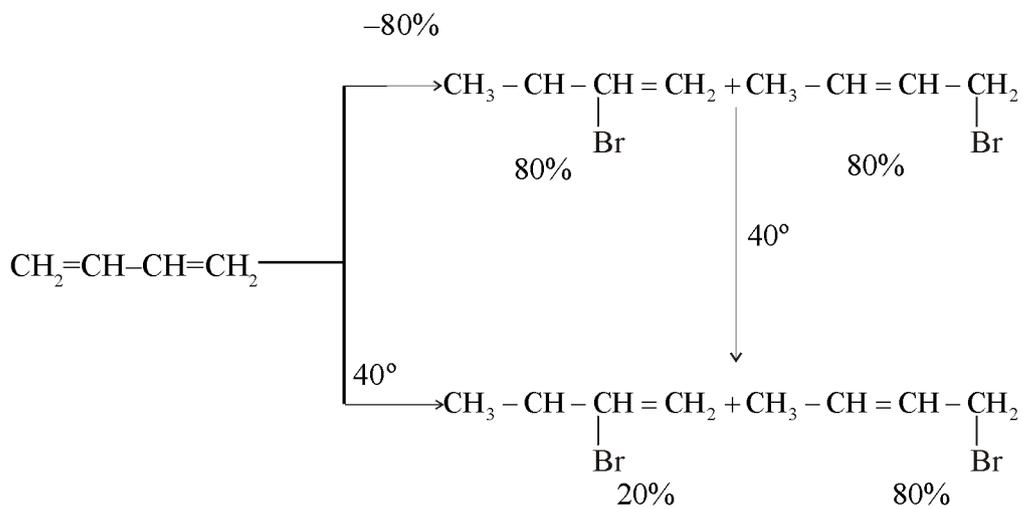
এখানে Br^- আয়ন প্রাইমারি ও অ্যালাইলিক কার্বোক্যাটায়নের সাথে পৃথকভাবে যুক্ত হয়ে 1,2-এবং 1,4-যুত-যৌগ উৎপন্ন করবে।



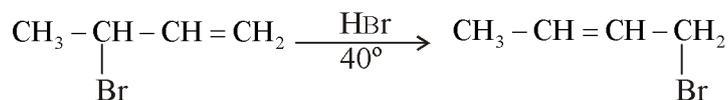
ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়া অনুরূপ ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।

1,3-বিউটাডাই-ইনে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড সংযোজনের আর একটি উল্লেখযোগ্য দিক আছে। উৎপন্ন 1,2-এবং 1,4-যুত-যৌগের আপেক্ষিক পরিমাণ বিক্রিয়াটি যে তাপমাত্রায় সংঘটিত হয় তার উপর নির্ভর করে। পার-অক্সাইডের অনুপস্থিতিতে, কম তাপমাত্রায় (-80°) 1,3-বিউটাডাই-ইন ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় প্রধানত 1,2-যুত-যৌগ (প্রায় 80%) উৎপন্ন হয়। কিন্তু উচ্চতর তাপমাত্রায় (40°) বিপরীত ফল দেখা যায়। এক্ষেত্রে 1,4-যুত-যৌগ মুখ্য পদার্থরূপে (প্রায় 80%) উৎপন্ন হয়।

আবার, কম তাপমাত্রায় (-80°) উৎপন্ন যৌগের মিশ্রণে তাপমাত্রায় প্রয়োগ করে উচ্চতর তাপমাত্রায় (40°) আনলেও যৌগদুটির পরিমাণের আপেক্ষিক অনুপাতের পরিবর্তন ঘটে এবং নতুন মিশ্রণটিতেও পূর্বেকার অনুপাত (প্রায় 80% 1,4-এবং প্রায় 20% 1,2-যুত-যৌগ) ফিরে আসে।

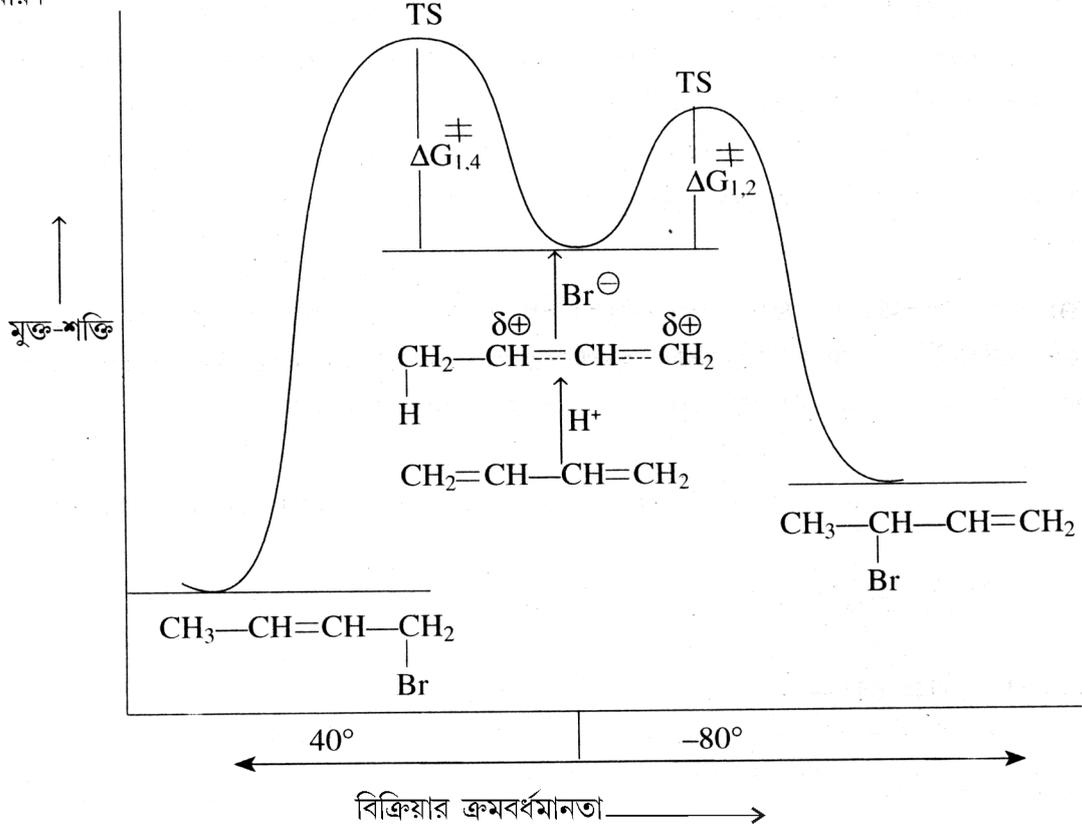


এছাড়াও দেখা গেছে যে, উচ্চতর তাপমাত্রায় (40°) 1,2-যুত-যৌগটি হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সান্নিধ্যে পুনর্নির্বন্যাস হ'য়ে 1,4-যুত-যৌগে পরিণত হয় এবং এদের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা অবস্থান করে।

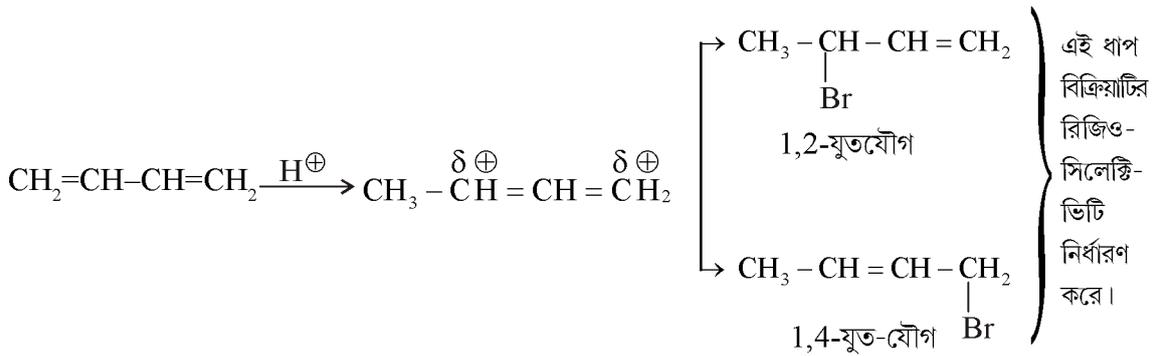


যেহেতু এই সাম্যাবস্থা 1,4-যুত-যৌগের অনুকূলে থাকে তাই 1,4-যুত-যৌগটি অধিকতর স্থিতিশীল হয়।

নিচের চিত্রটি থেকে 1,3-বিউটাডাই-ইন এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়াটি আরও বিশদভাবে বোঝা যায়।



এখানে হাইব্রিড অ্যালাইলিক ক্যাটায়নের সাথে ব্রোমাইড আয়নের বিক্রিয়ার ধাপটি বিক্রিয়ার পরিণতি নির্ণয় করে।



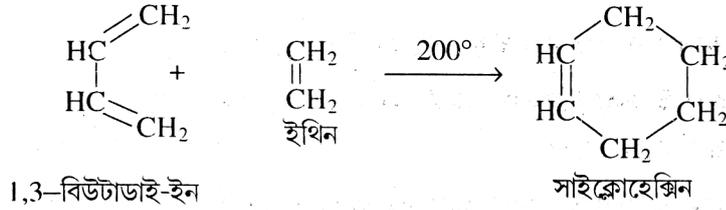
চিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে, -80° উষ্ণতায় 1,2-যুত-যৌগের পরিবৃদ্ধি অবস্থার (transition state) মুক্ত-শক্তি ($\Delta G^\ddagger_{1,2}$) 1,4-যুত-যৌগের পরিবৃদ্ধি অবস্থার মুক্ত-শক্তি ($\Delta G^\ddagger_{1,4}$) চেয়ে কম। ফলে 1,2-যুত-যৌগটির উৎপাদন বিক্রিয়ার হার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত (kinetically controlled) হয়। কম তাপমাত্রায় অন্তর্বর্তী আয়নগুলির মধ্যে সংঘর্ষজাত শক্তির দ্বারা বেশিরভাগ আয়নই কম মুক্ত-শক্তির বাধা, ($\Delta G^\ddagger_{1,2}$) সহজেই পেরিয়ে 1,2-যুত যৌগ

উৎপন্ন করে এবং খুব কম সংখ্যক আয়ন সংঘর্ষজাত শক্তির দ্বারা উচ্চতর মুক্ত-শক্তির ($\Delta G^{\ddagger}_{1,4}$) বাধা পেরিয়ে 1,4-যুত যৌগ গঠন করে। কম তাপমাত্রায় বেশি শক্তি সহজলভ্য নয় বলে উভয় বিক্রিয়াই অসাম্যাবস্থায় থাকে। উচ্চতর তাপমাত্রায় অন্তর্বর্তী আয়নগুলির মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণ সংঘর্ষজাত শক্তি থাকায় আয়নগুলি সহজেই উভয় বাধা পেরিয়ে 1,2- এবং 1,4-দুটি যুত যৌগই উৎপন্ন করে এবং অন্তর্বর্তী আয়নগুলির সাথে একটি সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। এক্ষেত্রেও 1,2 যুত যৌগ দ্রুততর গতিতে উৎপন্ন হয়। কিন্তু 1,4-যুত যৌগ অধিকতর স্থিতিশীল বলে 1,2-যুত যৌগটি দ্রুতগতিতে অ্যাল্যাইলিক ক্যাটায়নে পরিণত হয় এবং $\Delta G^{\ddagger}_{1,4}$ বাধা পেরিয়ে অধিকতর স্থায়ী 1,4-যুত যৌগে (thermodynamically controlled) রূপান্তরিত হয়।

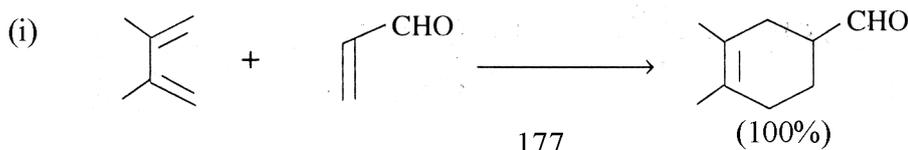
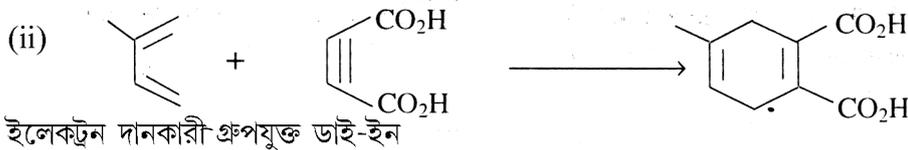
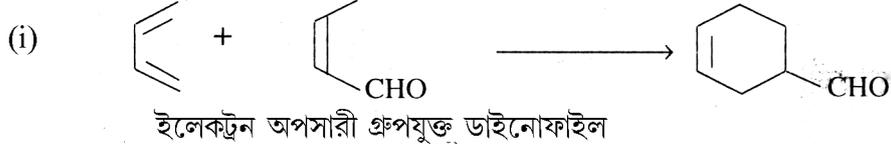
4.6.9 ডিএলস-অ্যালডার বিক্রিয়া (Diels-Alder reaction) :

এই বিক্রিয়ায় একটি অনুবদ্ধ ডাই-ইনের এবং একটি ডাইনোফাইলের (ডাই-ইন আকর্ষী যৌগ) মধ্যে একটি বৃত্তাকার যৌগ উৎপন্ন হয়। দু'জন জার্মান রসায়নবিদ ডিএলস এবং অ্যালডারের নামানুসারে এই বিক্রিয়া ডিএলস-অ্যালডার বিক্রিয়া নামে পরিচিত। বৃত্তাকার যৌগের সংশ্লেষণে এই বিক্রিয়া খুবই উপযোগী।

1,3-বিউটাডাই-ইন এবং ডাই-ইন আকর্ষী ইথিন তাপ অথবা আলোর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করে বৃত্তাকার যৌগ সাইক্লোহেক্সিন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন পদার্থকে সাধারণভাবে অ্যাডাক্ট (adduct) বলে। বিভাজন ও নতুন বন্ধনীর গঠন একযোগে হয় বলে কনসার্টেড বিক্রিয়া (concerted reaction) বলে। এটি পরিবৃত্তীয় বিক্রিয়ার (pericyclic reaction) অন্তর্ভুক্ত [4 + 2] সাইক্লোযুত বিক্রিয়া (cycloaddition reaction)।



এই বিক্রিয়ার গতি মধুর। কিন্তু যদি অ্যালকিনে কোন ইলেকট্রন অপসারী গ্রুপ অথবা অনুবদ্ধ ডাই-ইনে কোন ইলেকট্রন দানকারী গ্রুপ যুক্ত থাকে তাহলে বিক্রিয়া খুব দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয় এবং উৎপাদনমাত্রাও বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়াটির যথেষ্ট উপযোগীতা রয়েছে। কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনকেও ডাইনোফাইল হিসাবে ব্যবহার করা হয়। নিচে কিছু উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া দেওয়া হলো :



4.7 সারাংশ (Summary)

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে যে তথ্য জানতে পেরেছেন তার সারসংক্ষেপ নিচে দেওয়া হলো। যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনসমূহ কেবলমাত্র একটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন ধারণ করে, তাদের মনো-ইন বা অ্যালকিন বা অলিফিন বলে। আবার যে সমস্ত হাইড্রোকার্বনসমূহে দু'টি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন থাকে তাদের ডাই-ইন বা অ্যালকাডাই-ইন বলে। ডাই-ইন সমূহকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হয় : ক্রমপুঞ্জিত ডাই-ইন, বিচ্ছিন্ন ডাই-ইন এবং অনুবন্ধ-ডাই-ইন।

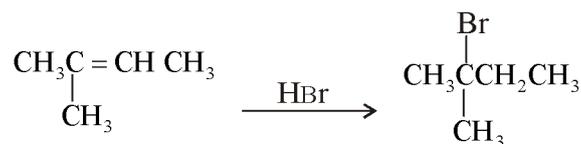
- সাধারণভাবে অ্যালকিনসমূহের ভৌত ধর্মাবলী সংশ্লিষ্ট অ্যালকেনের অনুরূপ।
- সাধারণত পাশাপাশি দু'টি কার্বন পরমাণু থেকে দু'টি বিদ্যায়ী গ্রুপ বা পরমাণু অপনীত হলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ, অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অপসারণ, অ্যালকোহলের নিরুদন। উভয়ক্ষেত্রেই অ্যালকিল হ্যালাইড বা অ্যালকোহলের সক্রিয়তার ক্রম :



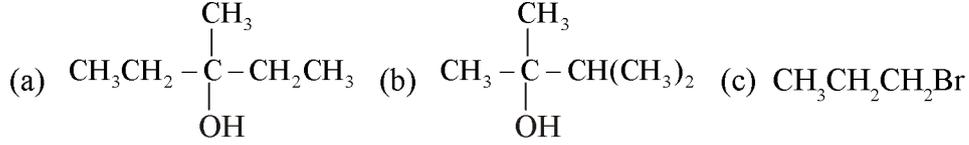
- অ্যালকাইলিডিন ডাইহ্যালাইড থেকে হ্যালোজেন যুগলের অপসারণ ঘটিয়েও অ্যালকিন উৎপন্ন করা হয়।
- ভিটিগ বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালডিহাইড অথবা কিটোন থেকেও অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়।
- বিপরীতমুখী (Retro) ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়ার দ্বারা ডাই-ইন তৈরি করা হয়।
- অ্যালকিনসমূহের মুখ্য বিক্রিয়া হ'ল ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া। হ্যালোজেন, হ্যালোজেন অ্যাসিড, জল প্রভৃতির সংযুক্তি এই বিক্রিয়ার মধ্যে পড়ে।
- ওজোন, পারম্যাঙ্গানেট ও ওসমিয়াম টেট্রোক্সাইড দ্বারা অ্যালকিনসমূহ জারিত হয়।
- অ্যালকিন ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড অথবা কিটোন এবং মৃদু জারণে 1,2-ডাইঅল উৎপন্ন করে।
- অনুবন্ধ ডাই-ইন হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় 1,2- এবং 1,4-যুত যৌগ গঠন করে।
- অনুবন্ধ ডাই-ইন ডিএলস্-অ্যালডার বিক্রিয়া প্রদর্শন করে।

4.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. নিচের বিক্রিয়াটিতে যে কার্বোক্যাটায়নটির মাধ্যমে মুখ্য পদার্থ উৎপন্ন হয় তার গঠন সংকেত লিখুন এবং বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিন।

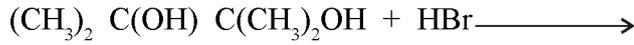


2. যে অ্যালকিন থেকে নিচের যৌগগুলি উৎপন্ন হয় তা' সনাক্ত করুন :



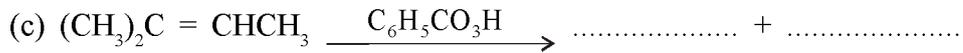
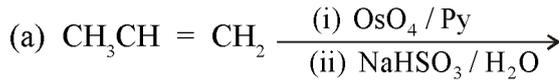
3. $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{CH}_2 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ যৌগটি কিভাবে ভিটিগ বিক্রিয়ার সাহায্যে সংশ্লেষণ করবেন?

4. নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগটির নাম ও গঠনসংকেত লিখুন :



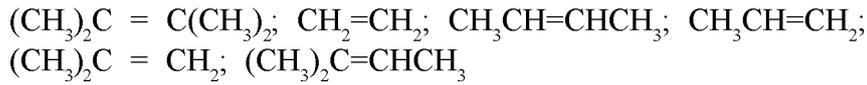
5. পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে 2-মিথাইল-2-বিউটিন ও HBr-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটি সমীকরণসহ লিখুন।

6. নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন :



7. যে যৌগটি ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ায় এক অণু অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং এক অণু অ্যাসিটোন উৎপন্ন করে তার গঠন সংকেত ও নাম লিখুন।

8. স্থিতিশীলতার ক্রমক্রাসমান অনুসারে নিচের অ্যালকিনগুলি সাজান :



9. নিচের বিক্রিয়া থেকে দুটি ভিন্ন ওজোনাইড পাওয়া যেতে পারে। ওজোনাইড দুটির গঠন লিখুন এবং বিক্রিয়াটির ক্রিয়াকৌশল দেখান।



4.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) অ্যালকাইনের, (ii) অনুবন্ধ, (iii) Sp

অনুশীলনী-2

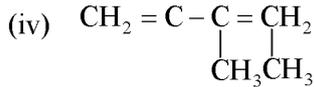
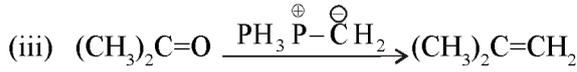
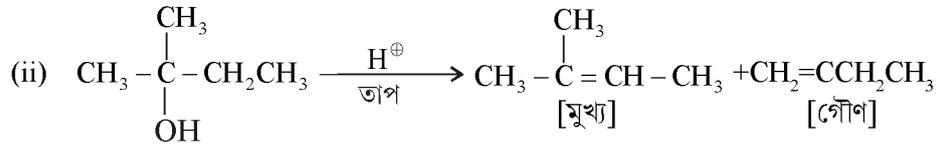
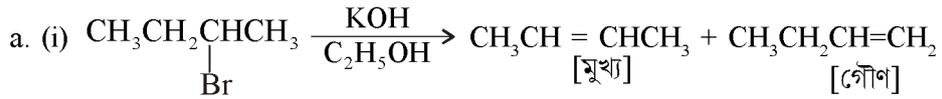
$(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$; 2-ক্লোরো-2-মিথাইলপ্রোপেন।

অনুশীলনী-3

ভিটিগ বিক্রিয়ার সাহায্যে  থেকে  প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়ার কৌশল 4.5.4-এ দেখুন।

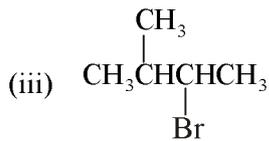
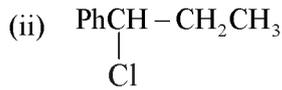
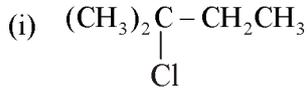
বিকারক : PH_3P : এবং CH_3I

অনুশীলনী-4

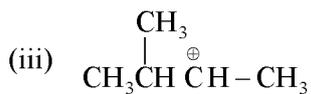
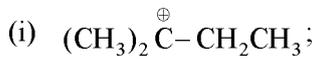


অনুশীলনী-5

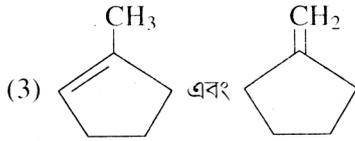
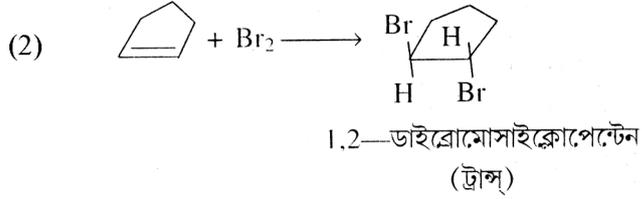
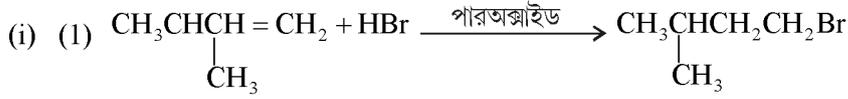
উৎপন্ন মুখ্য যৌগগুলি হবে :



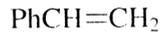
H^\oplus (ইলেকট্রোফাইল) যুক্ত হবার পর সুস্থিত কার্বোক্যাটায়নগুলি হবে যথাক্রমে



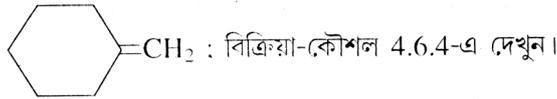
অনুশীলনী-6



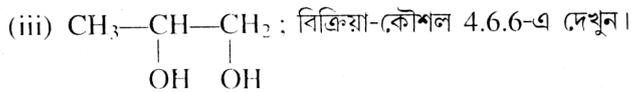
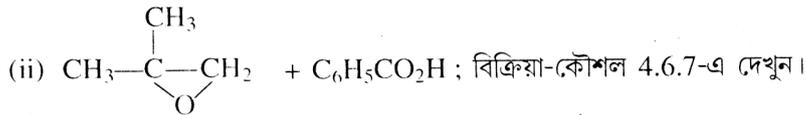
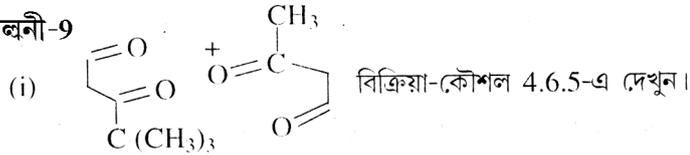
অনুশীলনী-7



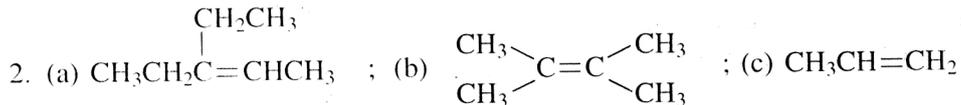
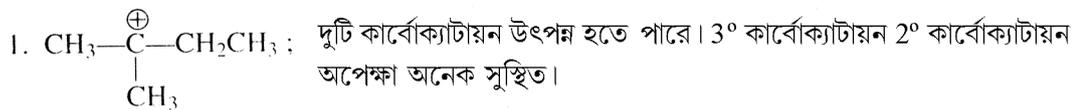
অনুশীলনী-8

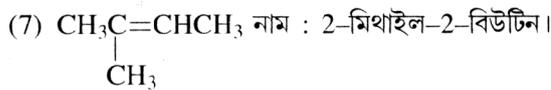
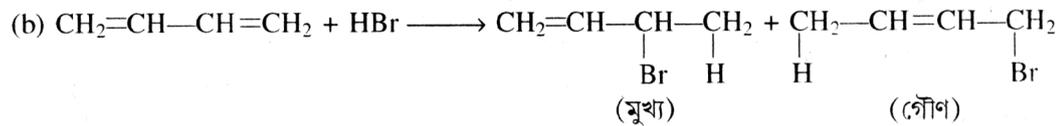
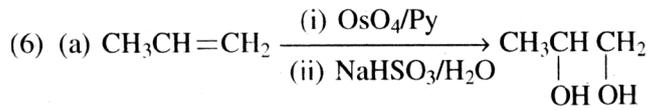
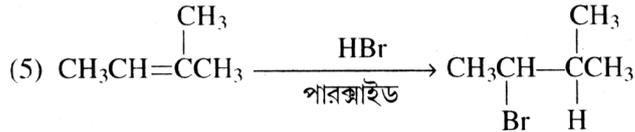
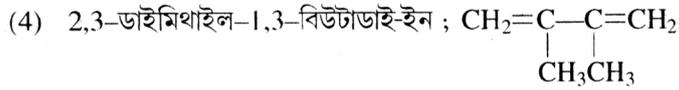
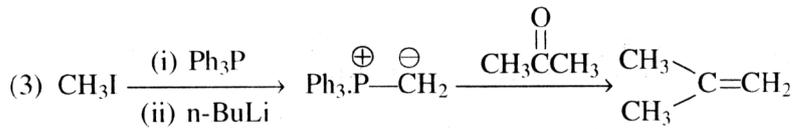


অনুশীলনী-9

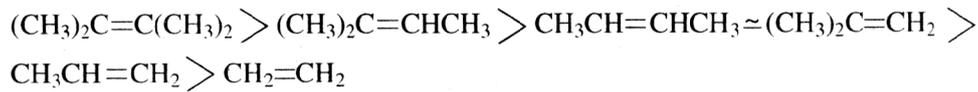


সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

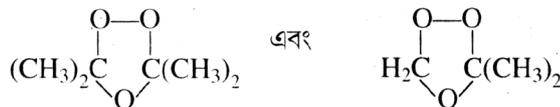




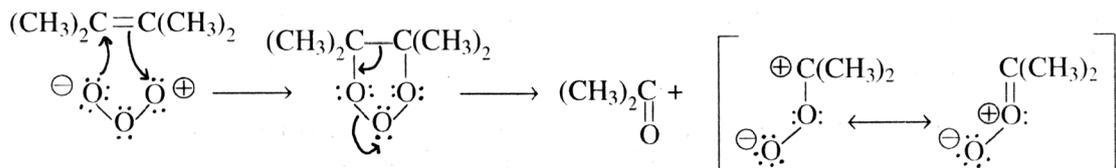
(8) অধিক প্রতিস্থাপকযুক্ত অ্যালকিন কম প্রতিস্থাপকযুক্ত অ্যালকিন অপেক্ষা অধিকতর স্থিতিশীল।

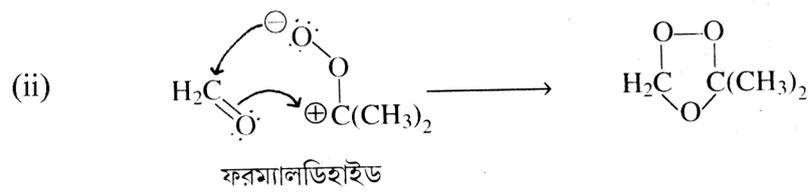
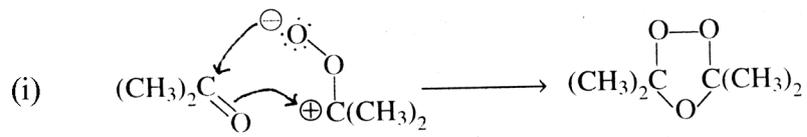


(9) ওজোনাইড দুটি হলো :



বিক্রিয়া কৌশল :





একক 5 □ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন—অ্যালকাইন

গঠন

- 5.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 5.2 সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাধারণ আণবিক সংকেত
- 5.3 নামকরণ
- 5.4 সমাবয়বতা
- 5.5 প্রস্তুতি
 - 5.5.1 ভিসিনাল ডাইহ্যালোহাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজিনেশন
 - 5.5.2 জেম ডাই-হ্যালোহাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজিনেশন
 - 5.5.3 টেট্রাহ্যালোহাইডের ডিহ্যালোজিনেশন
 - 5.5.4 ইথাইনের অ্যালকিলেশন পদ্ধতি
- 5.6 অ্যাসিটিলিনের অনুকল্পক : বন্ধন-দূরত্ব ও বন্ধন-কোণ
 - 5.6.1 অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের হাইড্রোজেন আঙ্গিক কেন
- 5.7 রাসায়নিক বিক্রিয়া
 - 5.7.1 ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া—হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 5.7.2 হ্যালোজেন অ্যাসিডের সঙ্গে যুত-বিক্রিয়া
 - 5.7.3 অ্যালকাইনের হাইড্রেশন বিক্রিয়া
 - 5.7.4 অ্যালকাইনের সঙ্গে অ্যাসিডিক অ্যাসিডের যুত-বিক্রিয়া
- 5.8 নিউক্লিওফিলীয় যুত-বিক্রিয়া
- 5.9 বিজারণ ক্রিয়া
 - 5.9.1 অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিজারণ
 - 5.9.2 ডাইবোরেনের সাহায্যে বিজারণ
 - 5.9.3 সোডিয়াম/লিথিয়াম ও তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বিজারণ
- 5.10 জারণ ক্রিয়া
- 5.11 প্রতিস্থাপন ক্রিয়া
- 5.12 পুনঃসজ্জা বিক্রিয়া
- 5.13 পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া

5.14 অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের সনাক্তকরণ

5.15 সারাংশ

5.16 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

5.17 উত্তরমালা

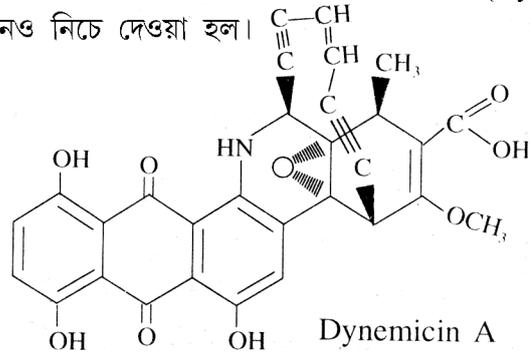
5.1 প্রস্তাবনা

পূর্ববর্তী দুটি এককে (একক 3 ও একক 4) আপনি সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (অ্যালকেন) ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের (অ্যালকাইন) রসায়ন সম্বন্ধে পাঠ করেছেন। আপনি জেনেছেন যে, অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন অ্যালকিনে এক বা একাধিক কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন আছে। অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলিকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে—অ্যালকিন ও অ্যালকাইন। যে সমস্ত হাইড্রোকার্বন যৌগে এক বা একাধিক কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বর্তমান তাদের অ্যালকাইন বলে।

অ্যালকাইন যৌগগুলির মধ্যে ইথাইন অর্থাৎ অ্যাসিটিলিন সরলতম যৌগ। অ্যালকাইন যৌগগুলির বহুমুখী ব্যবহার আছে। অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখায় ধাতুর ঝালাইয়ের জন্য যেমন ব্যবহৃত হয়, তেমনি অ্যাসিটিলিন থেকে উৎপন্ন পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC), পলিভিনাইল অ্যাসিটেট (PVA) ও পলি-অ্যাক্রাইলো নাইট্রাইল (PAN) নিওপ্রিন (Neoprene) প্রভৃতি যৌগগুলির প্লাস্টিক শিল্পে প্রচুর চাহিদা আছে। এ ছাড়া ইথানল, ইথানোয়িক অ্যাসিড, প্রোপানল, বিউটানল প্রভৃতি জৈব যৌগ প্রস্তুতিতেও অ্যাসিটিলিনের ব্যবহার উল্লেখ করার মত।

অ্যালকিন যৌগগুলি যে সমস্ত বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত-যৌগ উৎপন্ন করে—অ্যালকাইন যৌগও সেই সব বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত-যৌগ গঠন করে। কিন্তু অ্যালকিনের তুলনায় অ্যালকাইনের সঙ্গে বিকারকগুলির বিক্রিয়া ধীরগতিতে সম্পন্ন হয়।

1980 সাল থেকে শুরু করে বিজ্ঞানীদের গবেষণায় আমরা জানতে পেরেছি যে, প্রাকৃতিক উৎসে এমন কিছু অ্যান্টিবায়োটিক যৌগের সন্ধান পাওয়া গিয়েছে যাদের গঠনে ইন-ডাই-আইন সিস্টেম (end-di-yne system), $-e \equiv e = e - e \equiv e - 9$ অথবা 10 সংখ্যক পরমাণু নিয়ে গঠিত বলয়ে বর্তমান। এই যৌগগুলির বিশেষত্ব হল এরা শরীরের সাধারণ কোষের ক্ষতি করে না। কিন্তু ক্যানসার টিউমার ধ্বংস করার ক্ষমতা রাখে। এইরকম একটি জৈব যৌগের নাম ডাইনেমিসিন-A (Dynemicin-A)। কৌতূহল নিবারণের জন্য যৌগটির গঠনও নিচে দেওয়া হল।



উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠের পর আপনি অ্যালকাইনের রসায়ন সম্বন্ধে যে যে তথ্য জানতে এবং ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কাজে লাগাতে পারবেন সেগুলি হল :

- অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সাধারণ আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য।
- অ্যালকাইনের নামকরণ ও সমাবয়বতা।
- অ্যালকাইন পদ্বতির বিভিন্ন পদ্ধতি ও ক্রিয়াকৌশল।
- কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের গঠন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর এর প্রভাব।
- প্রাস্তীয় অ্যালকাইনে আল্লিকতার উৎস ও তার ব্যাখ্যা।
- অ্যালকাইনের বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া
- প্রাস্তীয় অ্যালকাইনের সনাক্তকরণ।

5.2 সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাধারণ আণবিক সংকেত

আপনি একক (3) ও একক (4)-এ জেনেছেন যে, অ্যালকেন ও অ্যালকিনের সাধারণ আণবিক সংকেত যথাক্রমে C_nH_{2n+2} এবং C_nH_{2n} । একই কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকিনের তুলনায় অ্যালকাইনে দুটি হাইড্রোজেন কম। তাই অ্যালকাইনের সাধারণ আণবিক সংকেত C_nH_{2n-2} ।

5.2 নামকরণ

একক (4)-এ আপনি অ্যালকিন যৌগের নামকরণের নিয়মাবলীর সঙ্গে পরিচিত হয়েছেন। একই নিয়ম অ্যালকাইন যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। তাই নিয়মগুলির পুনরুল্লেখ না করে লব্ধ পদ্ধতি ও IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকাইনের নামকরণ করা হল। যখন কোন অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন উভয়েই বর্তমান থাকে তখন কিভাবে নামকরণ করা হয় তা উদাহরণের সাহায্যে বোঝান হয়েছে।

(1) লব্ধ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে অ্যালকাইনের অ্যাসিটিলিন জাতকরণে নামকরণ করা হয়।

$CH\equiv CH$	অ্যাসিটিলিন
$CH_3C\equiv CH$	মিথাইলঅ্যাসিটিলিন
$CH_3C\equiv CCH_3$	ডাইমিথাইলঅ্যাসিটিলিন
$CH_3C\equiv CCH_2CH_3$	ইথাইলমিথাইলঅ্যাসিটিলিন ইত্যাদি।

(2) IUPAC পদ্ধতি : সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের নামের শেষে 'এন' (ane)-এর পরিবর্তে একই কার্বনযুক্ত অ্যালকাইনের নামকরণের জন্য 'আইন' (yne) বসাতে হবে।

$\text{CH}\equiv\text{CH}$	ইথাইন
$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$	প্রোপাইন
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$	1-বিউটাইন
$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$	2-বিউটাইন
$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$	3-পেন্টাইন অথবা পেন্ট-2-আইন
$\begin{array}{c} \overset{1}{\text{CH}_3} \overset{2}{\text{C}} \overset{3}{\text{H}} \overset{4}{\text{C}} \equiv \overset{5}{\text{C}} \overset{6}{\text{CH}_2} \overset{7}{\text{C}} \overset{8}{\text{H}_3} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-মিথাইল-3-হেক্সাইন (বা 2-মিথাইল-হেক্স-3-আইন)
$\overset{1}{\text{CH}_2} = \overset{2}{\text{C}} \overset{3}{\text{H}} \overset{4}{\text{CH}_2} \overset{5}{\text{CH}_2} \overset{6}{\text{C}} \equiv \overset{7}{\text{C}} \overset{8}{\text{H}}$	হেক্স-1-ইন-5-আইন

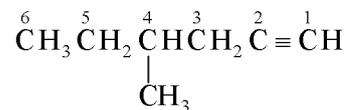
5.4 সমাবয়বতা

অ্যালকাইন যৌগগুলি সরলরৈখিক। তাই অ্যালকিন যৌগের মত সিস্-ট্রান্স (cis-trans) অর্থাৎ জ্যামিতিক সমাবয়ব (geometrical isomers) পাওয়া যায় না। অ্যালকাইন যৌগের গঠন সমাবয়বের (structural isomers) কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

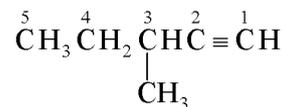
(1) শৃঙ্খল সমাবয়বতা (Chain isomerism)



1-হেক্সাইন

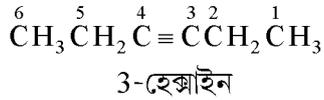
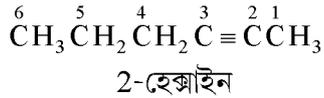
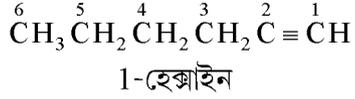


4-মিথাইল-1-হেক্সাইন



3-মিথাইল-1-পেন্টাইন

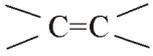
(2) অবস্থানজনিত সমাবয়বতা (Position isomerism)



(3) কার্যকরী মূলক সমাবয়ব (Functional group isomerism)

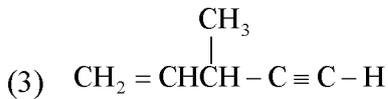


1-বিউটাইন ও 2-বিউটাইনে কার্যকরী মূলক $-\text{C}\equiv\text{C}-$; আর 1,3-বিউটাডাইইনে কার্যকরী মূলক



অনুশীলনী 1

(i) IUPAC পদ্ধতিতে নিচের যৌগগুলির নামকরণ করুন;



(ii) নিচের যৌগগুলির গঠন লিখুন;

(1) 3-মিথাইল-1-হেক্সাইন;

(2) 5-ব্রোমো-4-ক্লোরো-4-মিথাইল-2-হেক্সাইন;

(3) পেন্ট-2-ইন-4-আইন।

(iii) একটি অ্যালকাইন যৌগের আণবিক সংকেত C_6H_{10} । যৌগটির সমাবয়বগুলি লিখুন শুধুমাত্র কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান।

5.5 প্রস্তুতি

এখানে দুটি ভিন্ন পদ্ধতির সাহায্যে অ্যালকাইন হাইড্রোকার্বন প্রস্তুতি আলোচনা করব।

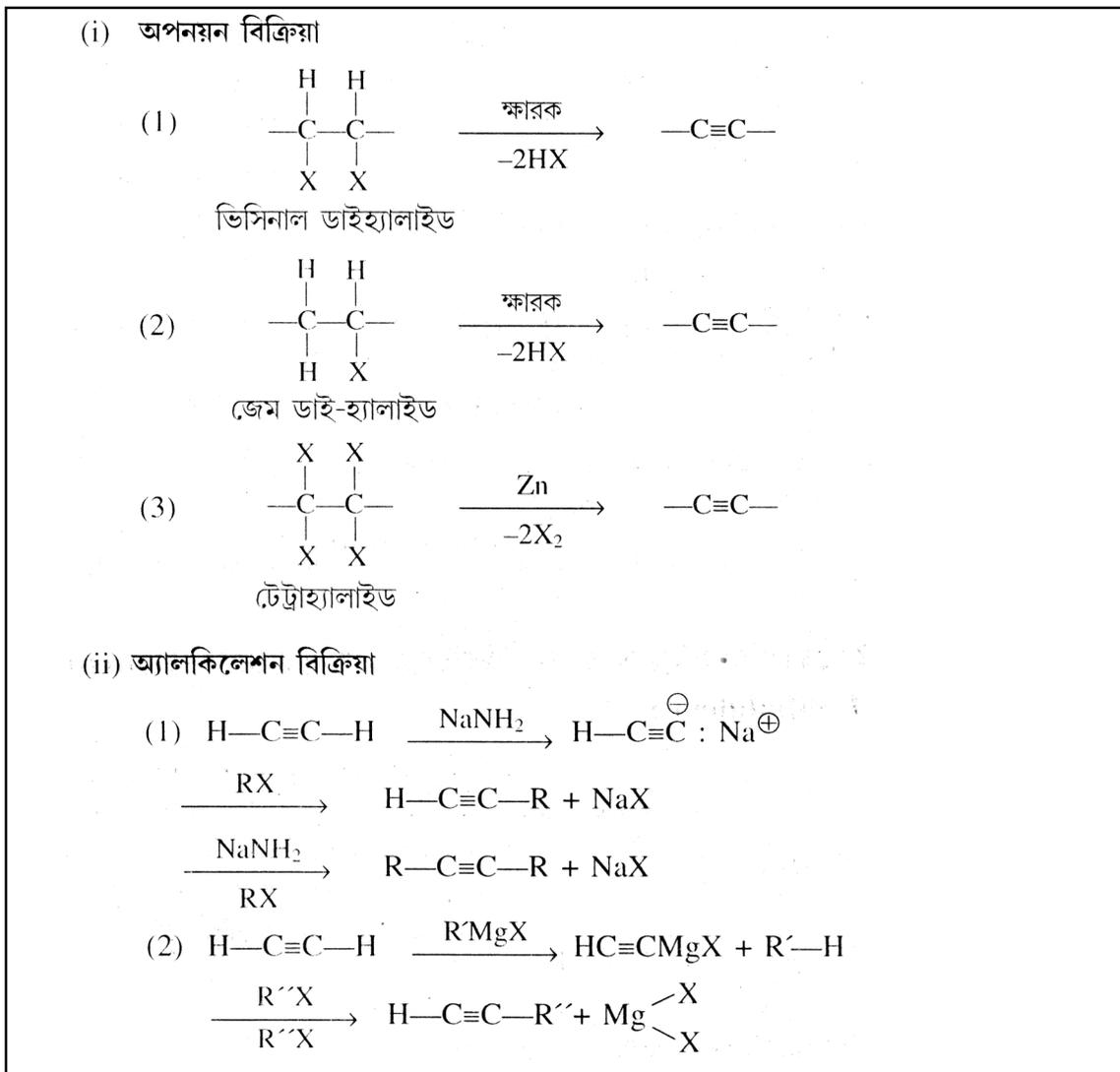
(1) অপনয়ন বিক্রিয়া :

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে ইথাইন ও উচ্চ অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায়।

(2) অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া :

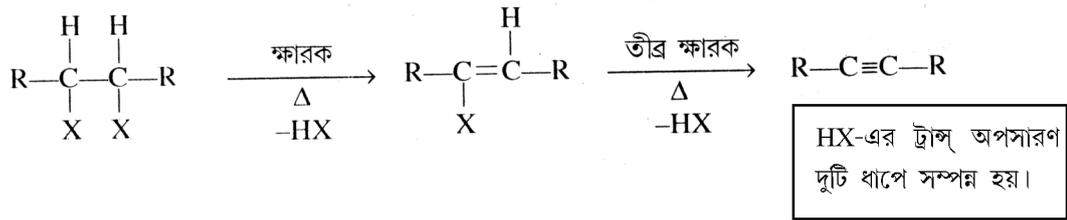
এই পদ্ধতিতে ইথাইন ছাড়া উচ্চ অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায়। নিচের তালিকায় (তালিকা-1) পদ্ধতিদুটির সারাংশ দেখান হল।

তালিকা-1 : অ্যালকাইন প্রস্তুতি

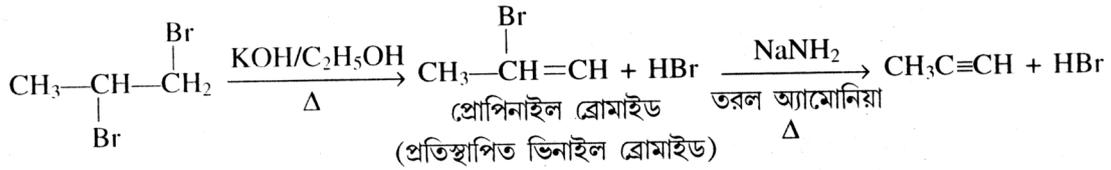


5.5.1 1,2-ডাইহ্যালাইডের (ভিসিনাল ডাইহ্যালাইডের) ডিহাইড্রো-হ্যালোজিনেশন (Dehydrohalogenation of 1,2-dihalides) :

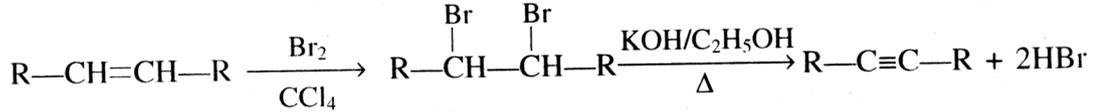
আপনি একক 4-এ অ্যালকিন প্রস্তুতির সময় এই পদ্ধতির সঙ্গে পরিচিত হয়েছেন এবং বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশলটিও জানতে পেরেছেন। অ্যালকিন প্রস্তুতিতে একটি ধাপেই বিক্রিয়াটি ঘটে। কিন্তু অ্যালকাইন প্রস্তুতিতে দুই অণু হ্যালোজেন অ্যাসিড দুটি ধাপে অপসারিত হয়। দুটি বিক্রিয়াতেই ক্ষারকের উপস্থিতিতে সম্পন্ন হয়। কিন্তু অ্যালকাইনের প্রস্তুতিতে তীব্র ক্ষারকের প্রয়োজন। প্রথম ধাপটি সম্পন্ন হবার পর যে ভিনাইল হ্যালাইড (vinyl halide) উৎপন্ন হয় সেটি রেজোন্যান্সের (resonance) ফলে অধিক সুস্থিত হয়। তাই দ্বিতীয় ধাপটি সম্পন্ন করার জন্য অধিক তাপমাত্রা ও তীব্র ক্ষারকের প্রয়োজন হয়।



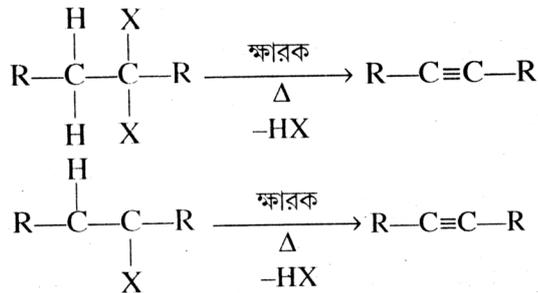
একটি নির্দিষ্ট উদাহরণের সাহায্যে বিক্রিয়াটি দেখান হল—



এই পদ্ধতি প্রয়োগ করে আমরা অ্যালকিনকে অ্যালকাইনে পরিণত করতে পারি।

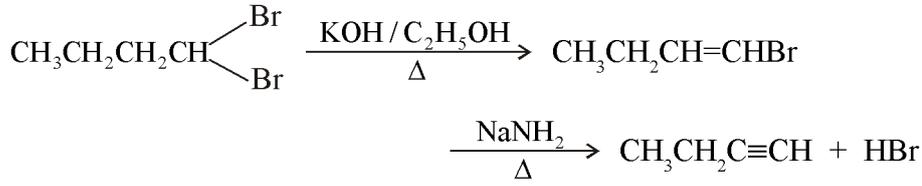


5.5.2 1,1-ডাইহ্যালাইডের (জেম ডাইহ্যালাইডের) ডিহাইড্রো-হ্যালোজিনেশন (Dehydrohalogenation of 1,1-dihalides) :

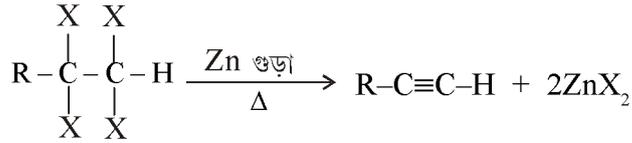


পাশাপাশি দুটি কার্বনে দুটি হ্যালোজেন যুক্ত থাকলে তাদের ভিসিনাল (vicinal) ডাইহ্যালাইড বলে। আর যদি একই কার্বনে দুটি হ্যালোজেন যুক্ত থাকে তবে তাদের জেম (gem) ডাইহ্যালাইড বলে।

যেমন, 1,1-ডাইব্রোমোবিউটেন থেকে 1-বিউটাইন প্রস্তুত করা হয়।

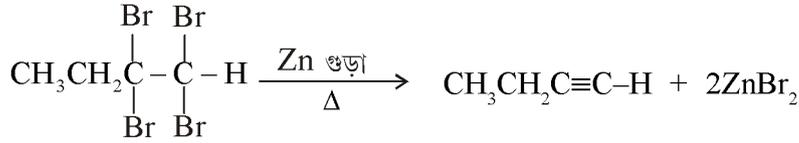


5.5.3 টেট্রাহ্যালাইডের ডিহ্যালোজিনেশন (Dehalogenation of tetrahalides) :



1,1,2,2-টেট্রাহ্যালাইড

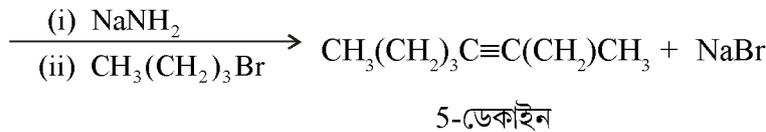
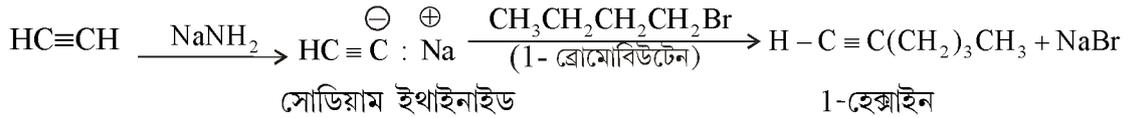
1,1,2,2-টেট্রাব্রোমোবিউটেনকে Zn গুড়ার উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে 1-বিউটাইন পাওয়া যায়—



অ্যালকাইন প্রস্তুতিতে উপরের পদ্ধতিটির প্রয়োজনীয়তা সামান্য। কারণ অ্যালকাইন থেকেই টেট্রাহ্যালাইড প্রস্তুত করা হয়।

5.5.4 ইথাইনের অ্যালকিলেশন পদ্ধতি—সোডামাইড ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়া :

এই পদ্ধতি প্রয়োগ করে উচ্চ অ্যালকাইন প্রস্তুত করা হয়। যেহেতু ইথাইন অণুতে অ্যালকিল মূলক যুক্ত করা হয় তাই এই পদ্ধতিটিকে অ্যালকিলেশন বলে।



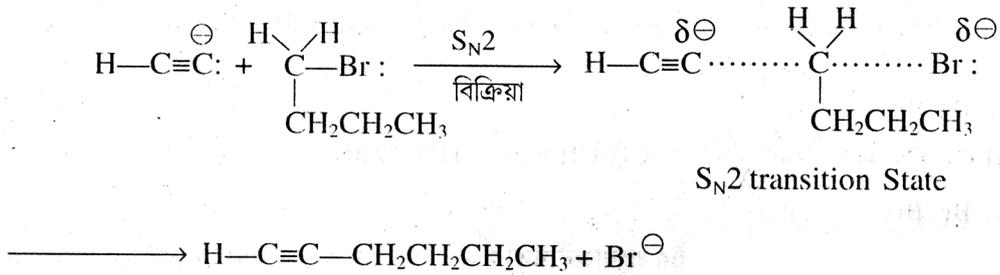
উপরের বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথম ধাপে, ইথাইনের সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়। (সোডিয়াম ইথাইনাইড) পরের ধাপে, 1-ব্রোমোবিউটেন ইথাইনের সোডিয়াম লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইন (এখানে 1-হেক্সাইন) উৎপন্ন করে। উৎপন্ন অ্যালকাইনে এখনও একটি হাইড্রোজেন পরমাণু কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের সঙ্গে যুক্ত আছে (H-C≡C-)। তাই বিক্রিয়াটি পুনর্বার ঘটান যায়। উপরের বিক্রিয়ায় 1-হেক্সাইন থেকে 5-ডেকাইন প্রস্তুতিও দেখান হয়েছে।

এখানে দুটি বিষয় বিবেচনা করার প্রয়োজন আছে।

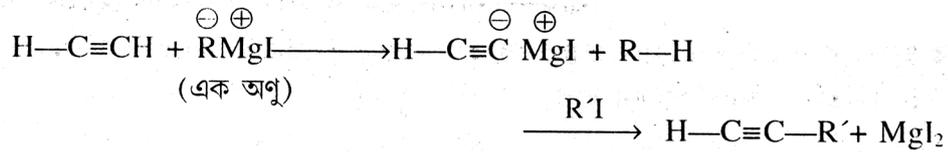
(1) উপরের বিক্রিয়ায় যদি অ্যালকিল ক্লোরাইড (RCH_2Cl) বা অ্যালকিল ব্রোমাইড (RCH_2Br)-এর পরিবর্তে অ্যালকিল আয়োডাইড (RCH_2I) ব্যবহার করা হয়, তবে উচ্চ অ্যালকাইন অধিক পরিমাণে পাওয়া যাবে (প্রায় 80-90%)। কারণ Cl^-/Br^- -এর তুলনায় I^- এর অপনয়ন সহজে ঘটে (I-better leaving group)।

(2) বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড যজিদ প্রাইমারি অ্যালকিল হ্যালাইড হয় (RCH_2I) তবে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় (S_N2 reaction) উচ্চ অ্যালকাইনের পরিমাণ বেশি হবে। কিন্তু যদি সেকেন্ডারি বা টারসিয়ারি অ্যালকিল হ্যালাইড (R_2CHI বা R_3CI) ব্যবহৃত হয়, তবে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার থেকে অপনয়ন বিক্রিয়ার প্রবণতা বাড়বে এবং বিক্রিয়া শেষে উৎপাদিত উচ্চ অ্যালকাইনের পরিমাণ অনেক কমে যাবে।

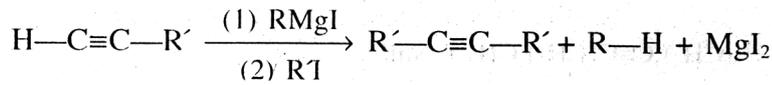
বিক্রিয়া-কৌশল :



গ্রীগনার্ড বিকারক ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়া :



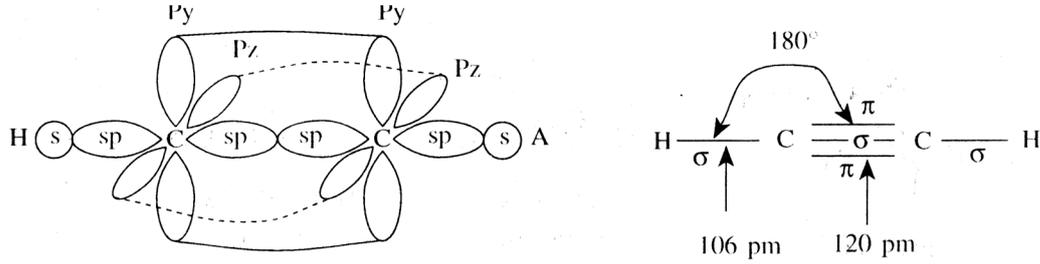
বিক্রিয়াটি পুনর্বীর ঘটিয়ে উৎপন্ন অ্যালকাইনের অবশিষ্ট হাইড্রোজেনটিকেও অ্যালকিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়।



5.6 অ্যাসিটিলিনের অনুকম্বক ; বন্ধন-দূরত্ব ও বন্ধন-কোণ

আপনি এই পর্যায়ের একক 1-এ ইথাইনের (অ্যাসিটিলিনের অনুকম্বক, বন্ধন-দূরত্ব ও বন্ধন-কোণে সম্বন্ধে অনেক তথ্য জেনেছেন। এখানে সুবিধার জন্য অ্যালকাইনের অনুকম্বকের চিত্র দেওয়া হল এবং চিত্রে বন্ধন-দূরত্বও বন্ধন-কোণের পরিমাপ দেখান হল।

অ্যাসিটিলিন অণুতে চারটি পরমাণুর কেন্দ্রকই এক সরলরেখায় অবস্থিত



অনুশীলনী 2

- অ্যাসিটিলিনের আণবিক কক্ষের চিত্র অঙ্কন করুন।
- অ্যাসিটিলিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের দৈর্ঘ্য ইথিলিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম কেন?
- অ্যাসিটিলিনের কার্বন-হাইড্রোজেন বন্ধন-দৈর্ঘ্য, কার্বন-কার্বন বন্ধন-দৈর্ঘ্য ও H-C-C বন্ধন-কোণের পরিমাণ কত?

5.6.1 অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের হাইড্রোজেন আম্লিক কেন?

অ্যালকাইনের প্রস্তুতিতে, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এবং সনাক্তকরণ পরীক্ষায় অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের আম্লিক হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব সম্বন্ধে আলোচনা করেছি। এখানে আমরা অম্লত্বের কারণ ব্যাখ্যা করবো যাতে এই এককের পরবর্তী অবস্থায় অ্যালকাইনের রসায়ন বুঝতে অসুবিধা না হয়।

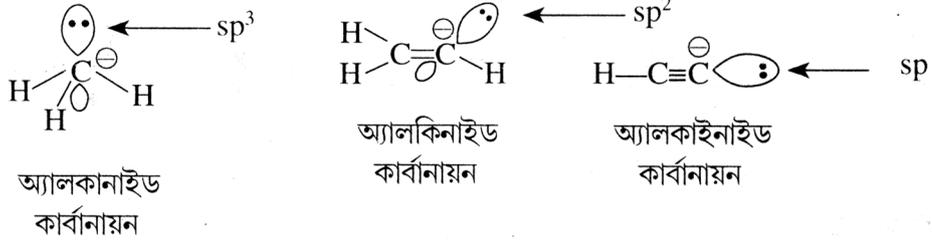
আমরা জানি মিথেন, ইথেন, ইথিন ও ইথাইনের কার্বন যথাক্রমে sp^3 , sp^2 , ও sp সংকরায়িত। এই হাইড্রোকার্বনগুলির আয়নীভবন (ionisation) নিচে দেখানো হ'লো।

যৌগের শ্রেণী	যৌগের নাম	সংকেত	আয়নীভবন ক্রিয়া
অ্যালকেন	মিথেন	H_3C-H	$H_3C-H \rightleftharpoons H_3C^- + H^+$
"	ইথেন	H_3C-CH_2-H	$H_3C-CH_2-H \rightleftharpoons H_3C-CH_2^- + H^+$
অ্যালকিন	ইথিন	$H_2C=CH-H$	$H_2C=CH-H \rightleftharpoons H_2C=CH^- + H^+$
অ্যালকাইন	ইথাইন	$HC\equiv C-H$	$HC\equiv C-H \rightleftharpoons HC\equiv C^- + H^+$

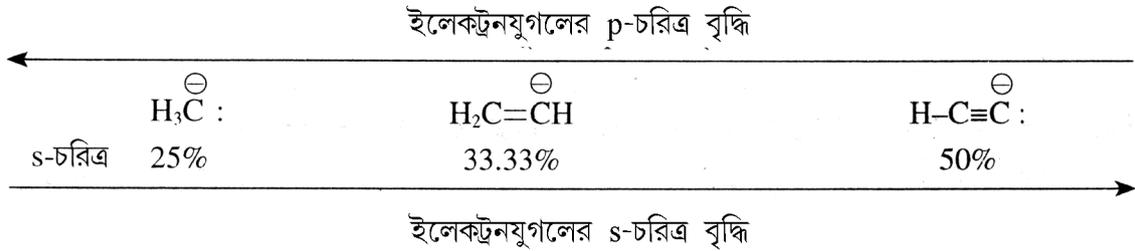
H_3C^- , $H_3C-CH_2^-$, $H_2C=CH^-$ ও $HC\equiv C^-$: যথাক্রমে মিথানাইড, ইথানাইড, ইথিনাইড ও ইথাইনাইড কার্বানায়ন।

অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের কার্বন যথাক্রমে sp^3 , sp^2 ও sp সংকরায়িত।

প্রোটন নিষ্ক্রমণের পর কার্বনে অবস্থিত মুক্ত ইলেকট্রনযুগল (lone electron pair) যথাক্রমে কার্বনের sp^3 , sp^2 ও sp সংকরায়িত পারমাণবিক কক্ষকে অবস্থান করবে।



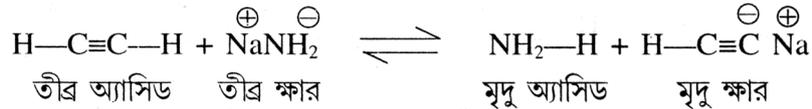
অর্থাৎ ইলেকট্রনযুগলের s-চরিত্র অ্যালকানাইড আয়নে থেকে অ্যালকাইনাইড আয়নে ক্রমশ বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং ইলেকট্রনযুগলের p-চরিত্র ক্রমশ হ্রাস পাচ্ছে।



s-চরিত্র বৃদ্ধির কারণে অ্যালকাইনাইড আয়নে ইলেকট্রনযুগল কার্বনের পরাতড়িৎযুক্ত কেন্দ্রকের প্রবল আকর্ষণের ফলে sp সংকরায়িত কার্বনের কাছাকাছি থাকে। ফলে অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন পরমাণুটি হাইড্রোজেন আয়নে (H^+) সহজেই মুক্ত হয়। [অ্যাসিটিলিনের $pK_a = 25$]।

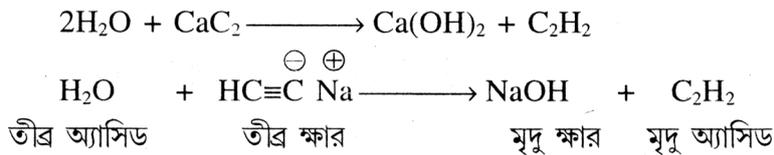
এবার জল, অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিটিলিনের অম্লত্বের তুলনা করা যাক।

(i) ইথাইন সোডামাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়া ও সোডিয়াম ইথাইনাইড উৎপন্ন করে।



উপরের বিক্রিয়ায় তীব্র অ্যাসিড (C_2H_2) মৃদু অ্যাসিডকে (NH_3) উহার লবণ (NaNH_2) হইতে অপসারণ করে।

(ii) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) অথবা সোডিয়াম ইথাইনাইড ($\text{HC}\equiv\text{C}^- \text{Na}^+$) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে।



এখানে জল (H_2O) অ্যাসিটিলিনের (C_2H_2) তুলনায় তীব্র অ্যাসিড।

অনুশীলনী 3

উত্তর দিন :

(i) NH_2^- এবং $\text{HC}\equiv\text{C}^-$ -এর মধ্যে কোনটি তীব্র ক্ষারক;

(ii) $\text{HO}-\text{H}$ এবং $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ -এর মধ্যে কোনটি মৃদু অম্ল।

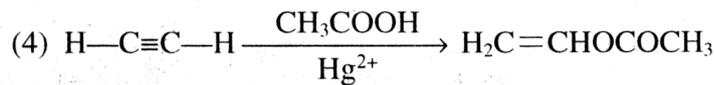
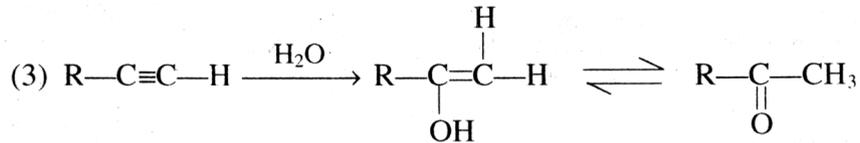
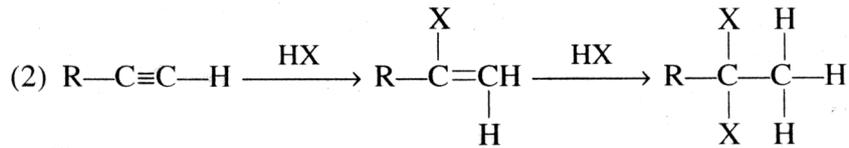
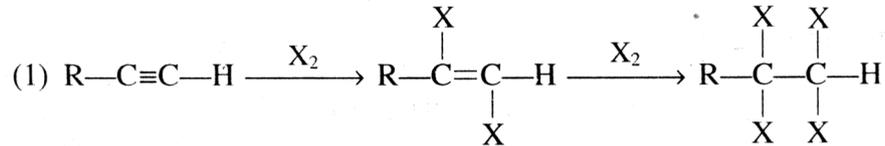
উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দিন।

5.7 রাসায়নিক বিক্রিয়া

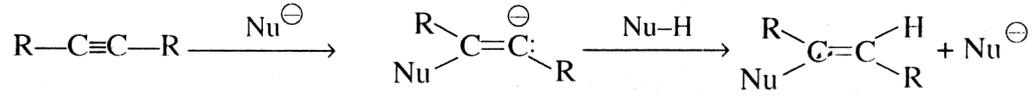
কার্বন-কার্বনের মধ্যে দুটি π -বন্ধন থাকার জন্য অ্যালকাইন যৌগগুলির যুত-বিক্রিয়া অ্যালকিন যৌগের মতই সম্পন্ন হয়। যদিও অ্যালকাইনে π -ইলেকট্রনের ঘনত্ব অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের π -ইলেকট্রনের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি তবুও অ্যালকিন অপেক্ষা অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে যুত-বিক্রিয়ার গতি মধুর হয়। অর্থাৎ অ্যালকিন অপেক্ষা অ্যালকাইন কম সক্রিয়। যে সকল বিকারক অ্যালকিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তারাই অ্যালকাইনের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে ইলেকট্রোফিলীয় পদ্ধতিতে যুত-যৌগ গঠন করে। এছাড়াও অ্যালকাইন নিউক্লিওফিলীয় পদ্ধতিতে যুত-যৌগ গঠন করে।

অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তিক অ্যালকাইনের হাইড্রোজেনটি আম্লিক। তাই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাহায্যে উচ্চতর অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায়। অ্যালকাইনের বিভিন্ন বিক্রিয়া নিচের সংক্ষিপ্ত তালিকায় দেওয়া হল।

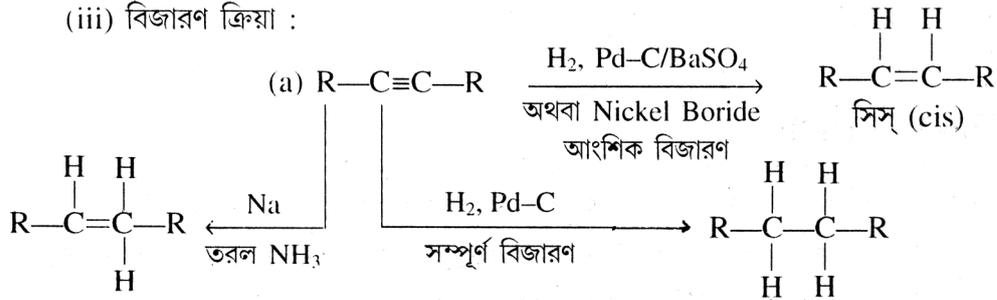
(i) ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া :



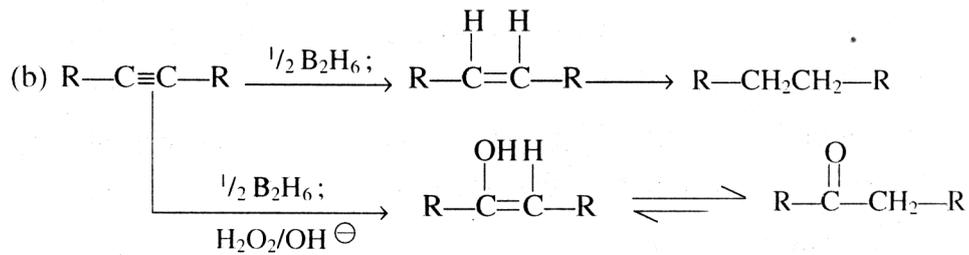
(ii) নিউক্লিওফিলীয় যুত-বিক্রিয়া :



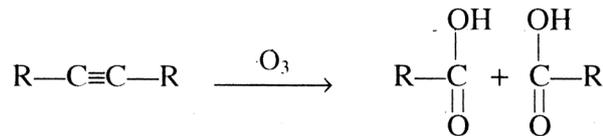
(iii) বিজারণ ক্রিয়া :



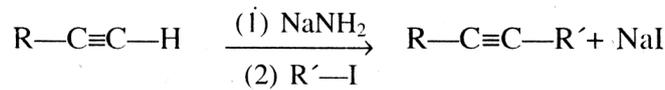
ট্রান্স (trans)



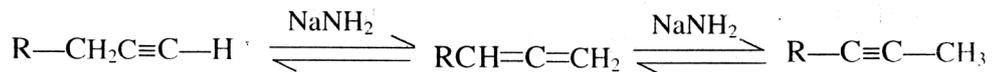
(iv) জারণ ক্রিয়া :



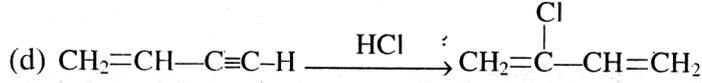
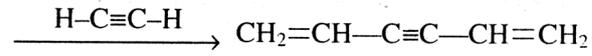
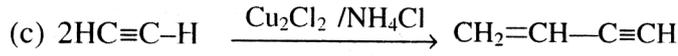
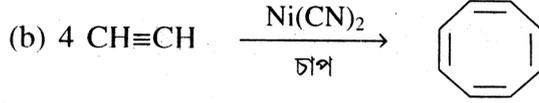
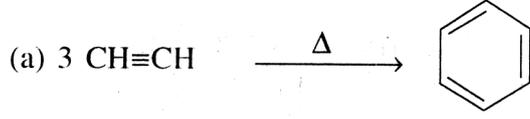
(v) প্রতিস্থাপন ক্রিয়া :



(vi) পুনঃসজ্জা বিক্রিয়া :



(vii) পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া :

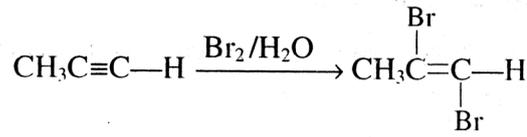


উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলি এবার বিশদভাবে আলোচনা করা যাক। অ্যালকিনের রাসায়নিক বিক্রয়ার সময়ও এধরনের বেশ কিছু বিক্রিয়া সম্বন্ধে আপনি অনেক তথ্য জানতে পেরেছেন।

5.7.1 ইলেকট্রোফিলীয় যুতবিক্রিয়া (Electrophilic addition reaction) :

হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া :

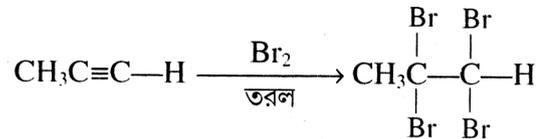
ব্রোমিন (বা ক্লোরিনের) সঙ্গে অ্যালকাইন দুটি ধাপে বিক্রিয়া করে—প্রথমে ডাইব্রোমো ওপরে টেট্রাব্রোমো যৌগ উৎপন্ন হয়। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ কেবলমাত্র 1,2-ডাইব্রোমো যৌগ উৎপন্ন করে (ট্রান্স)।



(ট্রান্স)

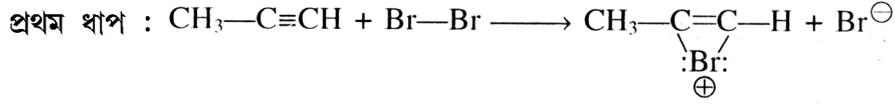
1,2-ডাইব্রোমোপ্রোপিন

কিন্তু তরল ব্রোমিন অ্যালকাইনকে 1,1,2,2-টেট্রাব্রোমো যৌগে রূপান্তরিত করে।



1,1,2,2-টেট্রাব্রোমোপ্রোপেন

বিক্রিয়া কৌশল :

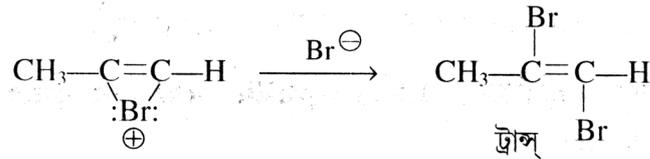


অ্যালকিনের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় যে ব্রোমোনিয়াম আয়ন, $\text{CH}_3-\underset{\text{:Br:}}{\overset{\oplus}{\text{C}}}=\text{C}-\text{H}$ উৎপন্ন হয়, তার তুলনায়

অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ব্রোমোনিয়াম আয়নটি, $\text{CH}_3-\underset{\text{:Br:}}{\overset{\oplus}{\text{C}}}=\text{C}-\text{H}$ অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী।

কারণ, কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন থাকার ফলে ব্রোমোনিয়াম আয়ন (1)-এর তুলনায় ব্রোমোনিয়াম আয়ন (2)-এর কৌণিক পীড়ন (angle strain) অনেক বেশি।

দ্বিতীয় ধাপ :

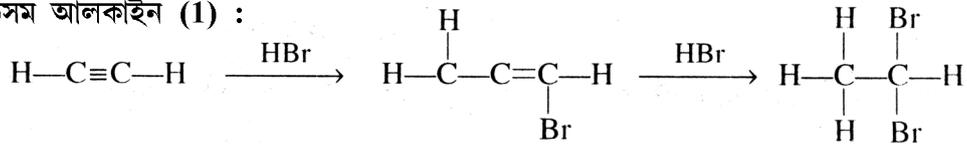


এখানে মনে রাখতে হবে যে, অ্যালকাইনের হ্যালোজেন সংযোজন অ্যালকিনের মতই স্টেরিওসিলেকটিভ (stereoselective), ট্রান্স (trans) ডাইহ্যালোজেন যৌগ উৎপন্ন হয়।

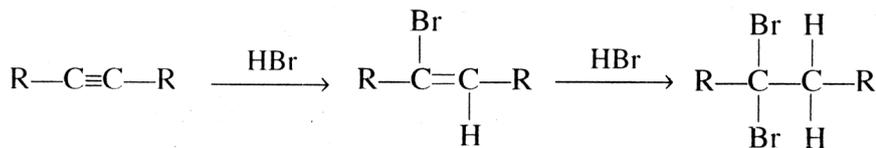
5.7.2 হ্যালোজেন অ্যাসিডের বিক্রিয়া :

হ্যালোজেন অ্যাসিড প্রতিসম ও অপ্রতিসম (symmetrical and unsymmetrical) অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত-যৌগ গঠন করে।

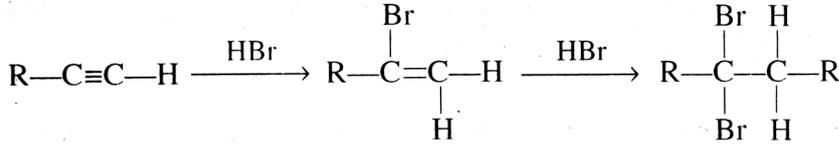
প্রতিসম অ্যালকাইন (1) :



প্রতিসম অ্যালকাইন (2) :



অপ্রতিসম অ্যালকাইন (2) :

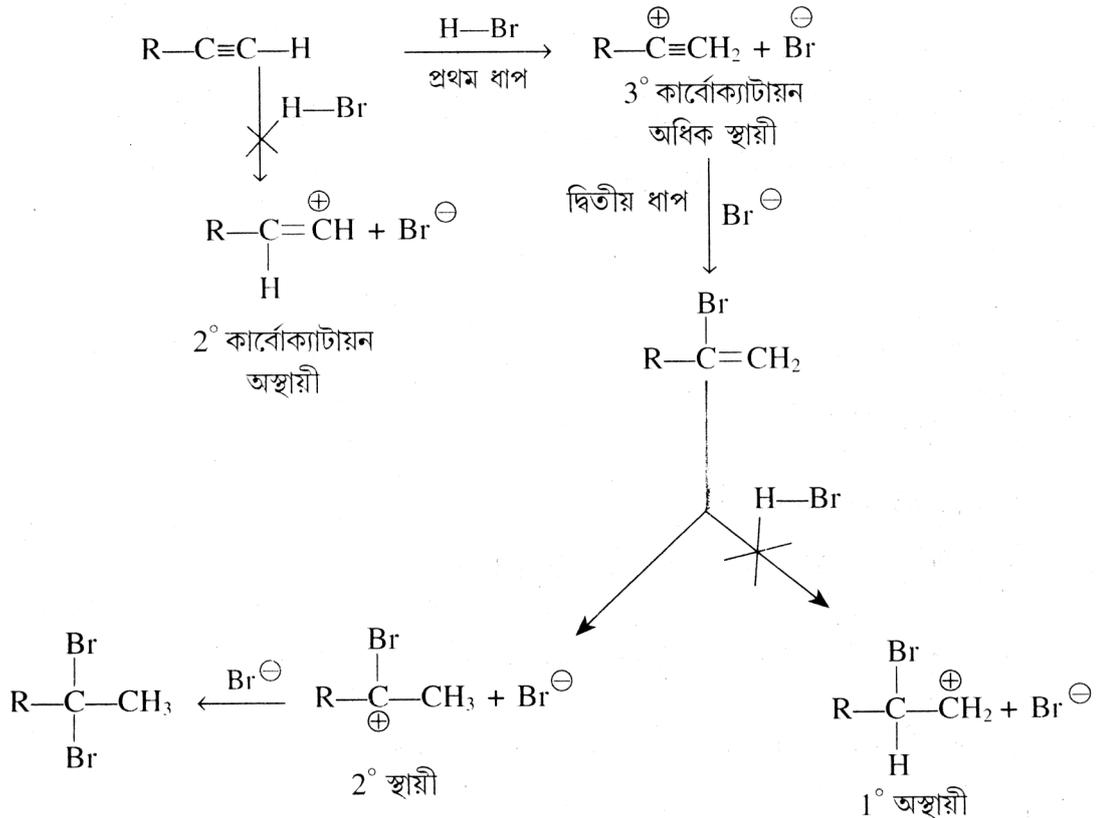


রিজিওস্পেসিফিক
(Regiospecific)- বিক্রিয়া:
যে সকল বিক্রিয়ায় প্রত্যাশিত
একাধিক সমাবয়বী যৌগের
মধ্যে কোন একটি সমাবয়বী
যৌগ সম্পূর্ণরূপে উৎপন্ন হয়
তখন বিক্রিয়াটিকে রিজিও-
স্পেসিফিক বিক্রিয়া বলে।

উপরের বিক্রিয়ায় দেখা যাচ্ছে যে, দুটি ব্রোমিনই একটি কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি রিজিওস্পেসিফিক (regiospecific)।

(1) আয়নিক বিক্রিয়ার কলা-কৌশল :

হ্যালোজেন অ্যাসিডগুলির ক্রিয়া করার প্রবণতা হল $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} > \text{HF}$ । অ্যালকাইনের সঙ্গে এই অ্যাসিডগুলির বিক্রিয়া অন্ধকারে ঘটতে পারে অথবা আলো/ধাতব হ্যালাইডের উপস্থিতিতেও হতে পারে। এখানে অপ্রতিসম অ্যালকাইনের সঙ্গে HBr-এর আয়নিক বিক্রিয়ার কৌশল দেখান হল :

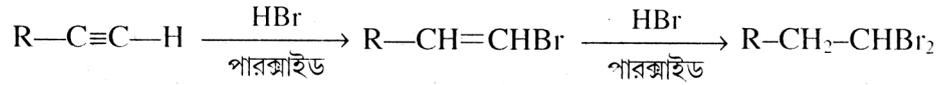


আয়নিক বিক্রিয়ায় প্রথমে ইলেকট্রোফাইল (H^\oplus) এবং পরে নিউক্লিওফাইল (Br^\ominus) যুক্ত হয়।

(2) মুক্তমূলক বিক্রিয়ার কলা-কৌশল :

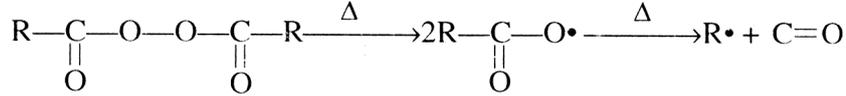
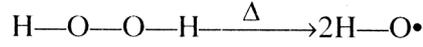
বিভিন্ন উপায়ে মুক্তমূলক তৈরি করা যেতে পারে। যেমন, আলোক, তাপ বা পারক্সাইডের উপস্থিতি। এখানে আমরা পারক্সাইডের সাহায্যে বিক্রিয়ার কৌশল আলোচনা করবো।

মুক্তমূলক (Free radical) উৎপাদনকারী হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2), অ্যালকিল পারক্সাইড (R_2O_2) অথবা অ্যাসাইল পারক্সাইড $(RCO)_2O_2$ -এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড (HBr) যখন অসম অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তখন মারকনিকভ Markovnikov নিয়মের বিপরীতেই বিক্রিয়াটি সংগঠিত হয়ে যুত-যৌগ তৈরি হয়। এ ধরনের বিক্রিয়ায় HCl অথবা HI-এর উপর পারক্সাইডের কোন প্রভাব নেই। অপ্রতিসম অ্যালকাইনের সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ।

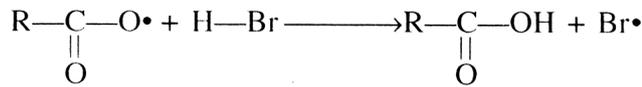
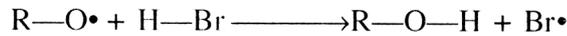


এবার বিক্রিয়াটির বিভিন্ন ধাপ আলোচনা করা যাক।

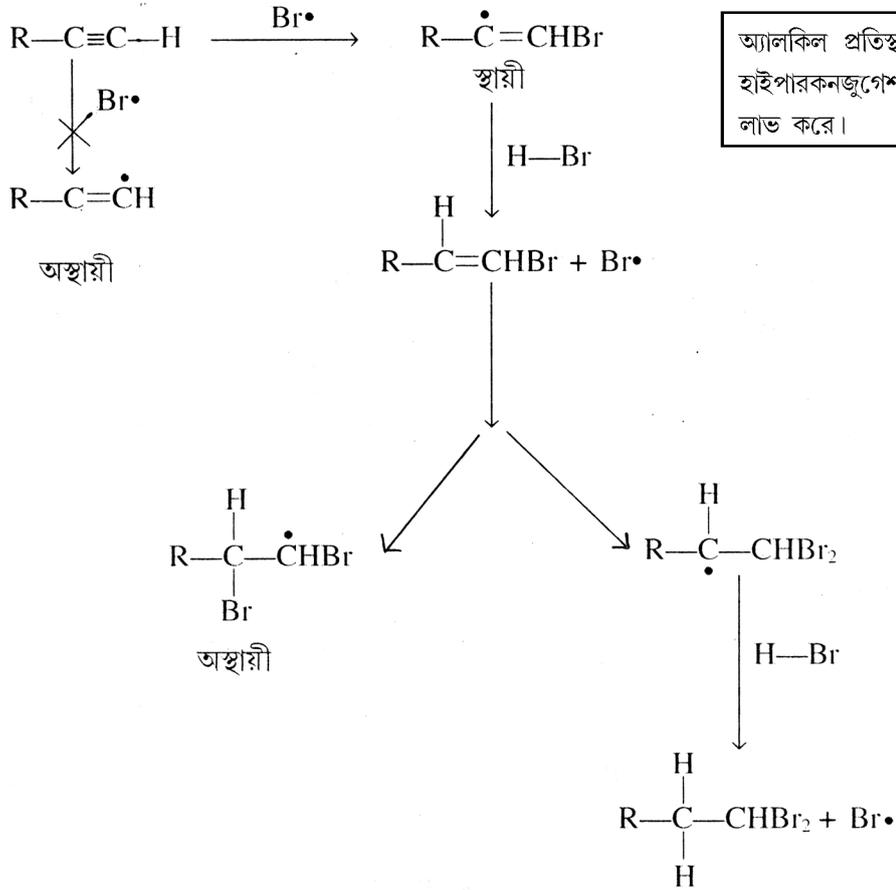
(1) পারক্সাইডের বিয়োজন :



(2) ব্রোমিন মুক্তমূলক উৎপাদন :



(3) অ্যালকাইনের সঙ্গে $\text{Br}\cdot$ -এর বিক্রিয়া



আয়নিক ও মুক্তমূলক বিক্রিয়ার মূল পার্থক্য লক্ষ্য করুন।

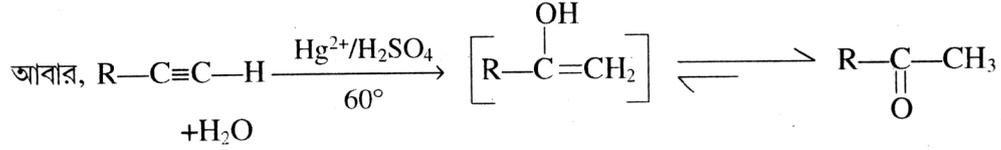
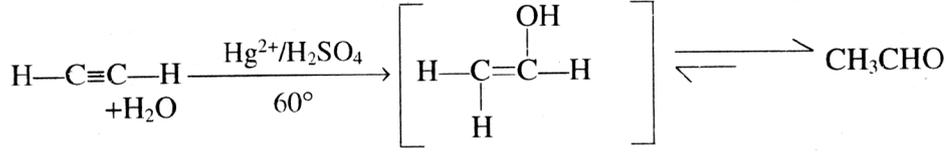
আয়নিক বিক্রিয়ায় প্রোটন, H^+ ইলেকট্রোফাইল অ্যালকাইনের সঙ্গে প্রথমে যুক্ত হয় এবং পরে Br^- নিউক্লিওফাইল যুক্ত হয়ে যুত-যৌগ গঠন করে।

কিন্তু মুক্তমূলক বিক্রিয়ায় পারক্লাইড থেকে উৎপন্ন মূলক HBr থেকে হাইড্রোজেন পরমাণু ($\text{H}\cdot$) অপসারণ করে এবং ব্রোমিন মুক্তমূলক ($\text{Br}\cdot$) তৈরি করে। তাই এই বিক্রিয়ায় $\text{Br}\cdot$ প্রথমে অ্যালকাইনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

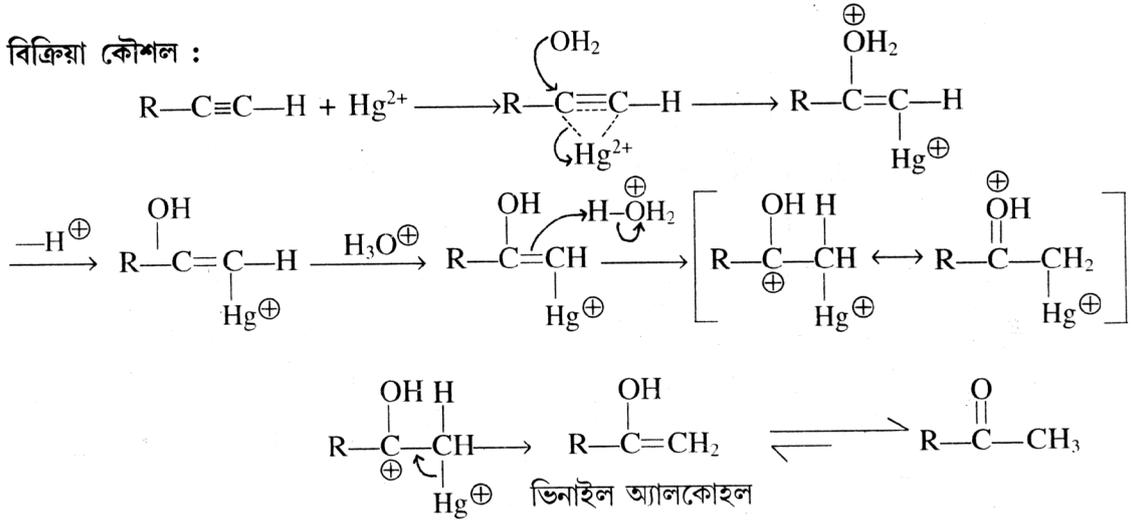
5.7.3 অ্যালকাইনের হাইড্রেশন বিক্রিয়া :

মারকিউরিক আয়নের (Hg^{2+}) উপস্থিতিতে লঘু H_2SO_4 -এর মাধ্যমে প্রায় 60° তাপক্ষে ইথাইন এক অণু জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে প্রথমে ভিনাইল অ্যালকোহল এবং পরে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে।

ইথাইনের পরিবর্তে যে কোন অ্যালকাইনের সঙ্গে অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটে। উৎপন্ন পদার্থের প্রকৃতি অ্যালকাইনের গঠনের উপরে নির্ভর করে।



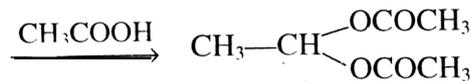
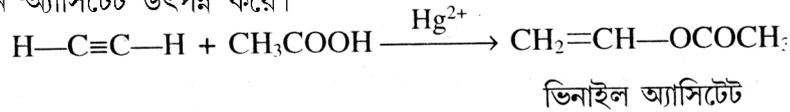
বিক্রিয়া কৌশল :



এই পদ্ধতিতে প্রান্তীয় অ্যালকাইন থেকে মিথাইল কিটোন ($\text{CH}_3-\text{CO}-$) প্রস্তুত করা যায়।

5.7.4 অ্যালকাইনের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের যুত-বিক্রিয়া :

Hg^{2+} -এর উপস্থিতিতে ইথাইন অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ভিনাইল অ্যাসিটেট ও ইথিলিডিন অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

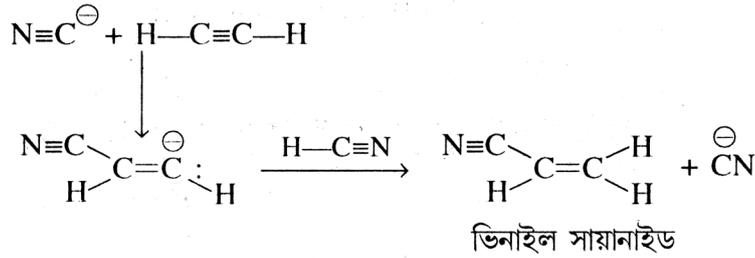
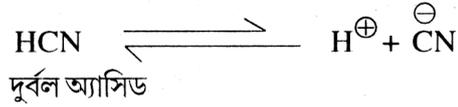


ইথিলিডিন অ্যাসিটেট

ভিনাইল অ্যাসিটেট PVA প্লাস্টিক প্রস্তুত করতে শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

5.8 নিউক্লিওফিলীয় যুত-বিক্রিয়া (Nucleophilic addition reactions)

Ba(CN)₂ অথবা Cu₂Cl₂/HCl-এর উরস্থিতিতে অ্যালকাইন যৌগ HCN-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে।



ভিনাইল সায়ানাইড বা অ্যাক্রাইলোনাইট্রাইল (Acrylonitrile) Buna N রবার তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়। Buna N প্রস্তুত করতে বিউটাডাই-ইন ও অ্যাক্রাইলোনাইট্রাইল ধাতব সোডিয়ামের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পলিমার (polymer) উৎপন্ন করা হয়।

Buna N :

Bu-Butadiene থেকে

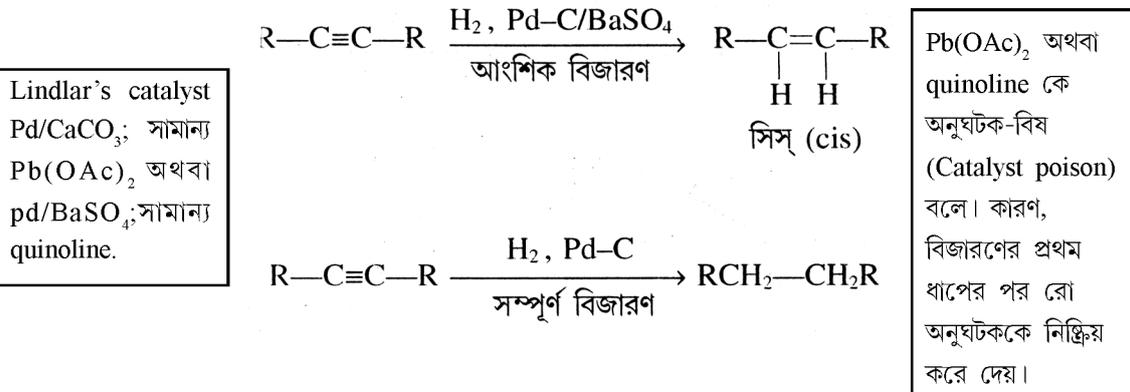
na-Natrium থেকে

N-AcryloNitrile থেকে নেওয়া হয়েছে।

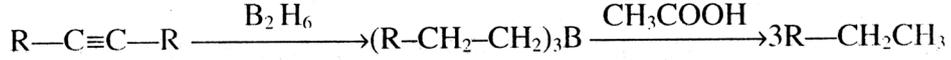
5.9 বিজারণ ক্রিয়া (Reduction) :

অ্যালকাইন যৌগকে বিভিন্ন উপায়ে বিজারিত করা যেতে পারে।

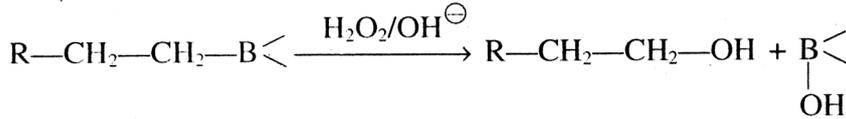
5.9.1 (i) অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন গ্যাসের সাহায্যে বিজারণ :



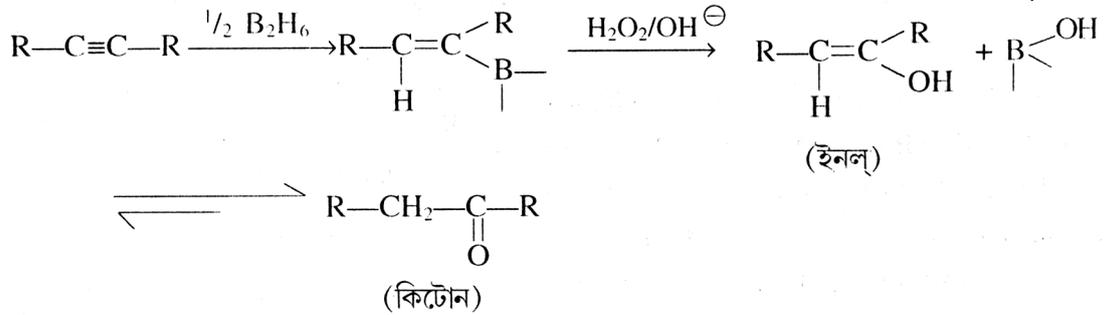
5.9.2 (ii) ডাইবোরেনের সাহায্যে বিজারণ (Reduction with diborane) :



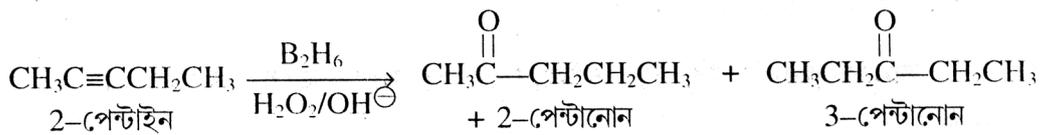
কিন্তু অর্গানোবোরেন যৌগকে যদি $\text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^\ominus$ -এর সাহায্যে জারিত করা হয় তবে অ্যালকোহল পাওয়া যায়।



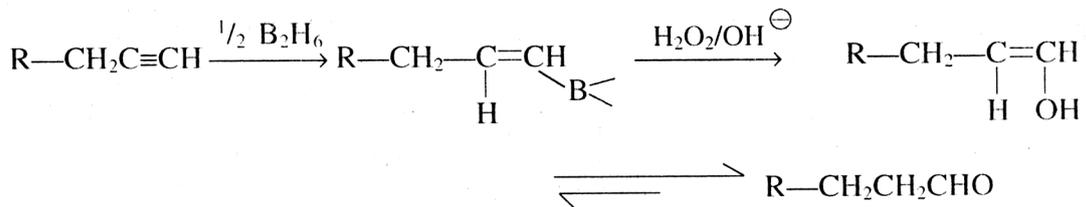
আবার যদি আংশিক বিজারণের পর $\text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^\ominus$ এর সাহায্যে জারিত করা হয় তবে অসম্পূর্ণ অ্যালকোহল ও পরে কার্বনিল যৌগ পাওয়া যাবে।



যদি অ্যালকাইন যৌগটি অসম (unsymmetrical) হয় তবে $1/2 \text{ B}_2\text{H}_6$ ও $\text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^\ominus$ বিক্রিয়ার পর দুটি সম্ভাব্য কার্বনিল যৌগই তৈরি হবে।

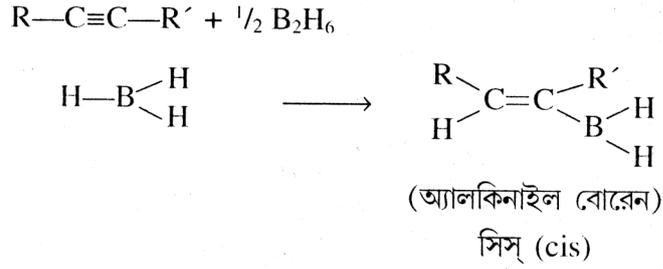


প্রান্তীয় অ্যালকাইন B_2H_6 ও $\text{H}_2\text{O}_2/\text{OH}^\ominus$ -এর দ্বারা অ্যালডিহাইডে রূপান্তরিত হবে।

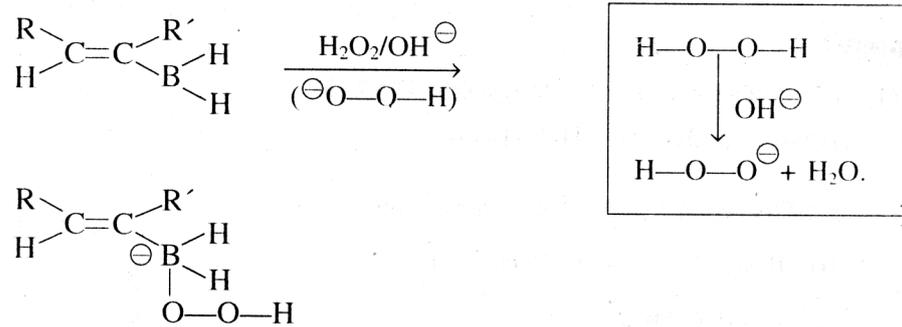


অ্যালকাইনের সঙ্গে B_2H_6 -এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অরগ্যানোবোরন যৌগ কীভাবে H_2O_2/OH^\ominus দ্বারা জারিত হয় তার কলাকৌশল নিচে দেখান হল। বিক্রিয়াটি কয়েকটি ধাপে সংগঠিত হয়।

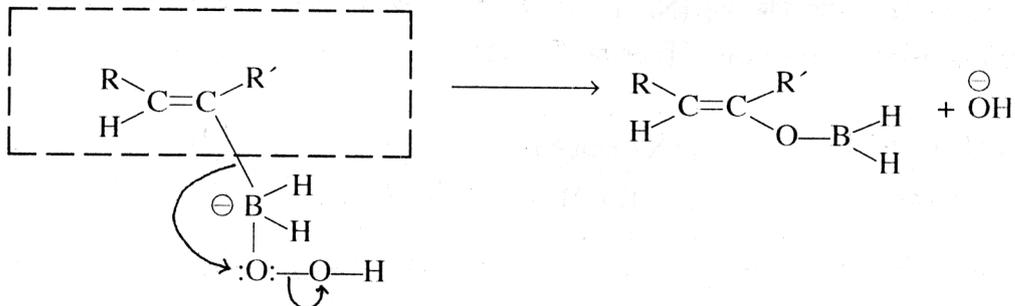
(1) প্রথম ধাপ : ডাইবোরেন (B_2H_6) হাইড্রাইডদানকারী বিকারক। এই বিকারকটি অ্যালকাইনের সঙ্গে মারকনিকভ (Markovnikov) নিয়ম অনুসারে ক্রিয়া করে সিস্ (cis) যুত-যৌগ—অ্যালকিনাইল বোরেন উৎপন্ন করে।



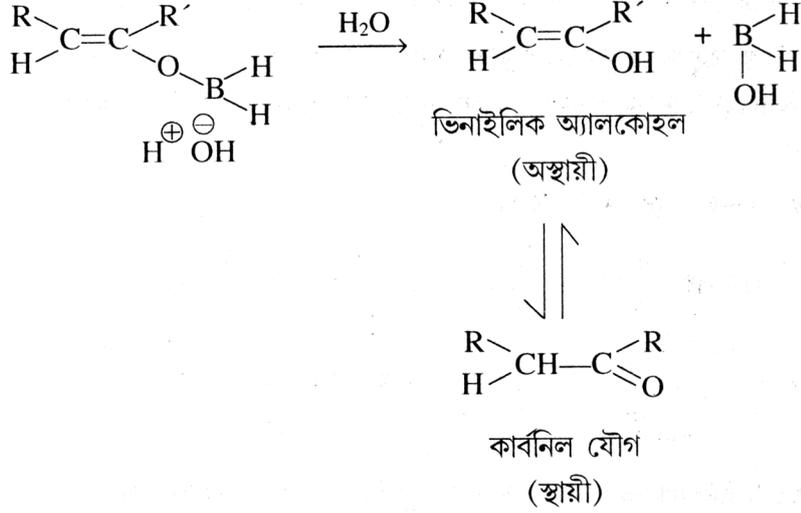
(2) দ্বিতীয় ধাপ : H_2O_2/OH^\ominus -এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোপারক্সাইড আয়ন ($H-O-O^\ominus$) বোরনের সঙ্গে যুক্ত হয়; কারণ এখানে বোরন ইলেকট্রোফিলিক কেন্দ্র (electrophilic centre)।



(3) তৃতীয় ধাপ : অ্যালকিনাইল মূলক C-B সমযোজী বন্ধন ছিন্ন করে পুনঃসজ্জার (rearrangement) মাধ্যমে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং নতুন C-O সমযোজী বন্ধন তৈরি করে।



(4) চতুর্থ ধাপ : আর্দ্রবিপ্লব



অনুশীলনী 4

(1) 1-বিউটাইনের সঙ্গে নিচের বিকারকগুলির বিক্রিয়া লিখুন।

(i) Br (ii) HBr, (iii) HBr/H₂O₂

(2) 2-বিউটাইনের সঙ্গে নিচের বিকারকগুলির বিক্রিয়া দেখান।

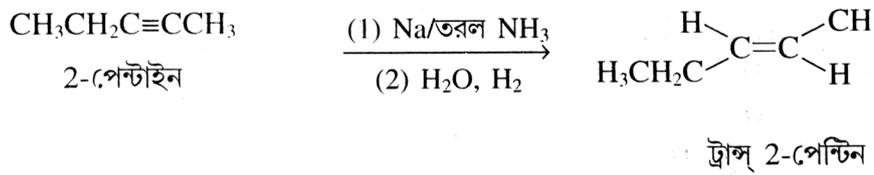
(i) B₂H₆ ও পরে CH₃COOH ;

(ii) H₂, Pd-C/BaSO₄;

(iii) H₂, Pd-C

5.9.3 সোডিয়াম/লিথিয়াম ও তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বিজারণ :

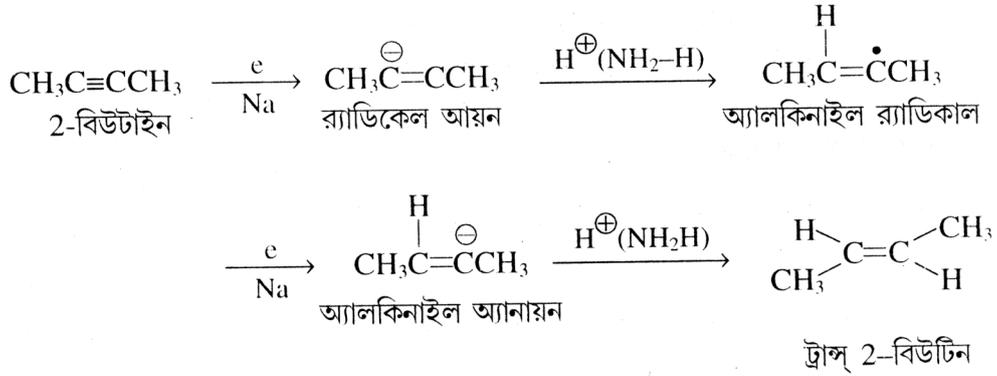
(iii) অ্যালকাইন যৌগ যদি ধাতু (Na, Li) ও তরল অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বিজারিত হয় তবে উৎপন্ন যৌগটি প্রায় সম্পূর্ণরূপে ট্রান্স (trans) বিজারিত যৌগ হবে।



বিক্রিয়া-কৌশল :

এই বিক্রিয়া-কৌশলের বিভিন্ন ধাপগুলি নিচে দেখান হল :

- (1) অ্যালকাইন Na (বা Li) থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে র্যাডিকেল অ্যানায়নে পরিণত হয়।
- (2) র্যাডিকেল-অ্যানায়ন NH_3 দ্রাবক থেকে H^\oplus গ্রহণ করে অ্যালকিনাইল র্যাডিকেল উৎপন্ন করে।
- (3) অ্যালকিনাইল র্যাডিকেল পুনরায় Na (বা Li) থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে অ্যালকিনাইল অ্যানায়নে পরিণত হয়।
- (4) অ্যালকিনাইল অ্যানায়ন দ্রাবক NH_3 থেকে H^\oplus গ্রহণ করে ট্রান্স (trans) অ্যালকিন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার (3) ও (4) নং ধাপদুটি (1) ও (2) নং ধাপদুটিরই পুনরাবৃত্তি।



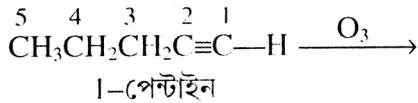
বিজারিত যৌগ ট্রান্স (trans) হওয়ার কারণ হল—উৎপন্ন অ্যালকিনাইল র্যাডিকেল, সিস এবং ট্রান্স, সাম্যাবস্থায় থাকে। যেহেতু ট্রান্স র্যাডিকেল অধিক স্থায়ী তাই সাম্যাবস্থাটি ট্রান্সের দিকে ঝুঁকে থাকে।

5.10 জারণ ক্রিয়া (Oxidation reactions)

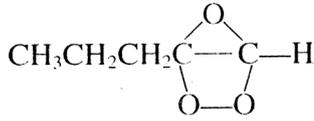
(1) ওজনের (O_3) সঙ্গে বিক্রিয়া :

অ্যালকিন যৌগের মত অ্যালকাইনও O_3 -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ওজোনাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ওজোনাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে 1,2-ডাইকার্বনিল যৌগ এবং পরে H_2O_2 দ্বারা জারিত করলে অ্যাসিড মিশ্রণ পাওয়া যায়।

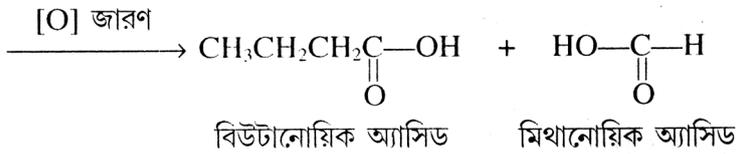
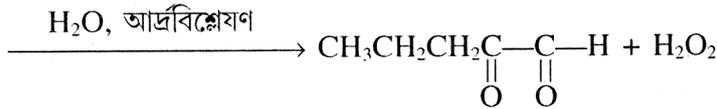
ওজোনাইড প্রস্তুতি, ওজোনাইডের বিয়োজন এবং উৎপন্ন যৌগগুলির বিশ্লেষণ— বিক্রিয়ার এই তিনটি ধাপকে একত্রে ওজোনোলিসিস (ozonolysis)



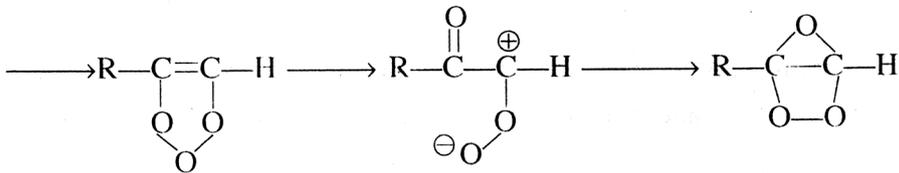
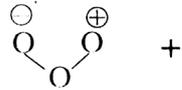
1-পেন্টাইন



ওজোনাইড



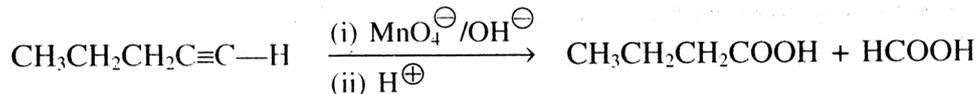
ওজোনাইড প্রস্তুতির ক্রিয়া কৌশল :



ওজোনোলিসিস বিক্রিয়া অ্যালকাইন যৌগে ত্রিবন্ধনের অবস্থান নির্ধারণ করতে সাহায্য করে। উপরের বিক্রিয়ায় 1-পেন্টাইন থেকে বিউটানোয়িক অ্যাসিড ও মিথানোয়িক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হওয়ায় প্রমাণ হয় যে, অ্যালকাইনটিতে ত্রিবন্ধনের অবস্থান প্রান্তিক অর্থাৎ ত্রিবন্ধনটি 1,2-কার্বনদুটির মধ্যে অবস্থিত।

(2) KNO_4 -এর সঙ্গে বিক্রিয়া :

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটও অ্যালকাইনকে জারিত করে অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



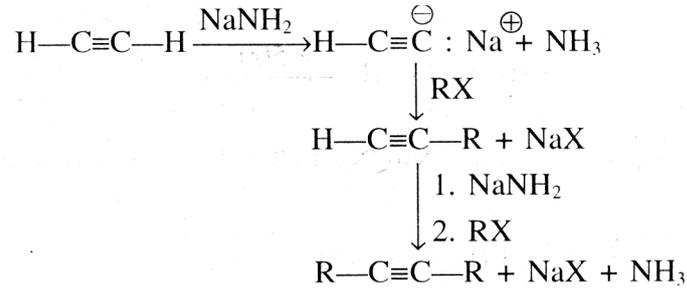
আপনি অ্যালকিনের রসায়নে জেনেছেন যে KMnO_4 বিক্রিয়া অসম্পূর্ণতা সনাক্তকরণের কাজে ব্যবহার করা হয়। অ্যালকাইনের সঙ্গে যখন KNO_4 -এর জলীয় দ্রবণ বিক্রিয়া করে তখন KMnO_4 -এর বেগুনী রং বর্ণহীন হয়।

(3) অ্যাসিটিলিন একটি দাহ্য গ্যাস। অক্সিজেনের সঙ্গে দহনের ফলে অ্যাসিটিলিন CO_2 ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় এবং প্রচুর তাপ নির্গত হয়। এই বিক্রিয়া ওয়েলডিং (welding)-এর কাজে ব্যবহৃত হয়।



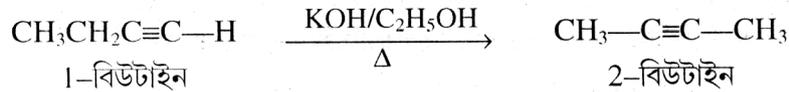
5.11 প্রতিস্থাপন ক্রিয়া (Substitution reactions)

আমরা জেনেছি যে, প্রাক্তীয় অ্যালকাইনের 'H' আম্লিক। এই আম্লিক হাইড্রোজেনকে অ্যালকিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে উচ্চ অ্যালকাইন পাওয়া যায় (অ্যালকাইনের প্রস্তুতি দেখুন)।

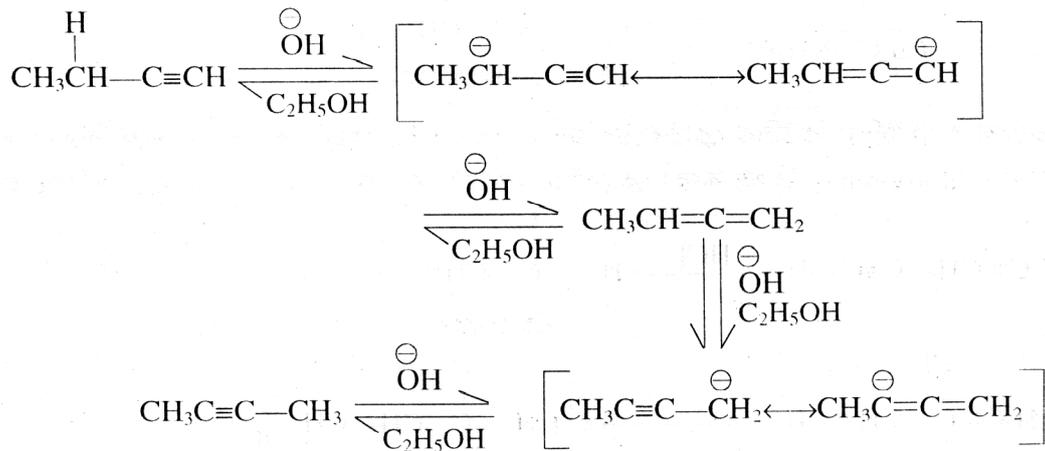


5.12 পুনঃসজ্জা বিক্রিয়া (Re-rrangement)

ইথানলীয় কস্টিক পটাশ দিয়ে অ্যালকাইনকে উত্তপ্ত করলে ত্রিবন্ধনের অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে।



বিক্রিয়া কৌশল :

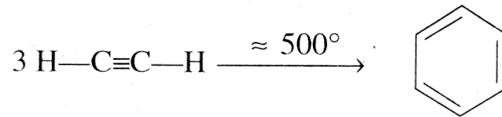


5.13 পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়া (Polymerisation reactions)

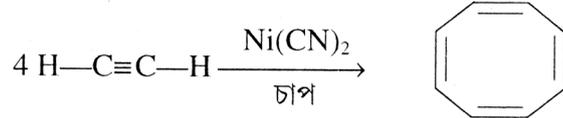
অ্যালকাইন পলিমেরাইজেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এই বিক্রিয়ায় দু'রকম বিক্রিয়ালব্ধ যৌগ তৈরি হতে পারে।

- (1) বৃত্তাকার যৌগ;
- (2) মুক্তশৃঙ্খল যৌগ;

(1) বৃত্তাকার যৌগ : যদি অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে উত্তপ্ত লৌহনলের ভিতর দিয়ে চালনা করা হয় তবে বেনজিন উৎপন্ন হয়।



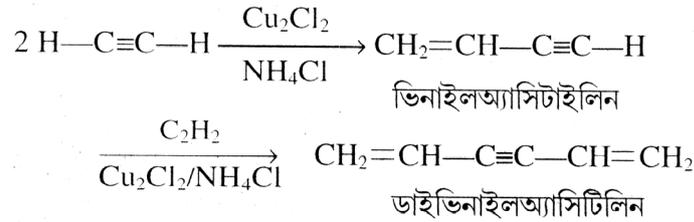
কিন্তু উচ্চচাপে নিকেল সায়ানাইড $[\text{Ni}(\text{CN})_2]$ -এর উপস্থিতিতে ইহা সাইক্লোঅক্টাটেট্রিন যৌগে রূপান্তরিত হয়।



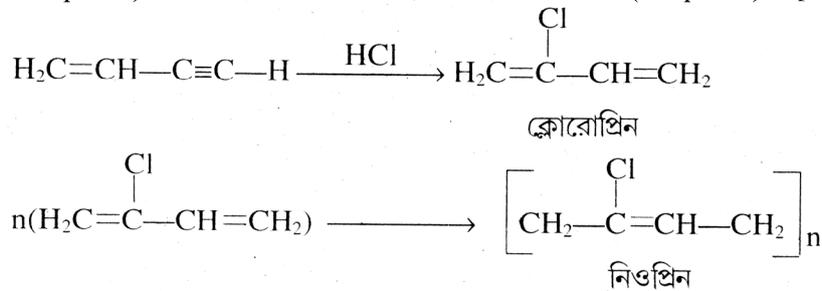
সাইক্লোঅক্টাটেট্রিন

(2) মুক্তশৃঙ্খল যৌগ :

কিউপ্রাস ক্লোরাইড (CuCl_2) ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করলে প্রথমে ভিনাইলঅ্যাসিটিলিন ও পরে ডাইভিনাইলঅ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

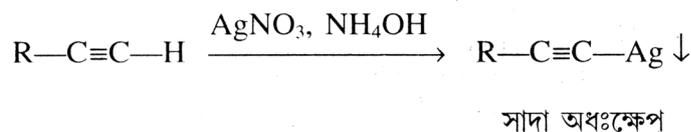
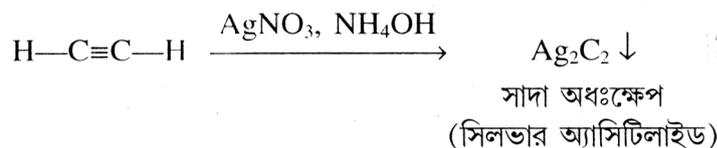


ভিনাইল অ্যাসিটিলিন কিউপ্রিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরোপ্রিন (chloroprene) উৎপন্ন করে। ক্লোরোপ্রিন সহজেই নিওপ্রিন (neoprene) রবারে পরিণত হয়।

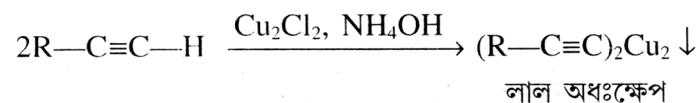
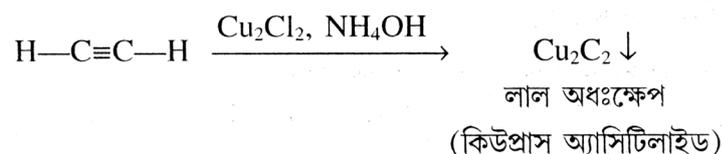


5.14 অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের সনাক্তকরণ

(1) অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিলিন বা প্রান্তীয় অ্যালকাইন সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।



(2) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে কিউপ্রাস অ্যাসিটাইডের (বা কিউপ্রাস লবণের) লাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



5.15 সারাংশ

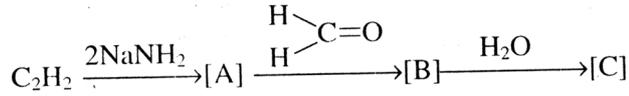
এই এককটি পাঠ করে আপনি অ্যালকাইন সম্বন্ধে যে যে তথ্য জানতে পেরেছেন তা হল—

- অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সাধারণ সংকেতের মধ্যে পার্থক্য; নামকরণ ও সমাবয়বতা।
- অ্যালকাইন প্রস্তুতির সাধারণ বিক্রিয়া যেমন, অপনয়ন ক্রিয়া, অ্যালকিলেশন ক্রিয়া ইত্যাদি।
- অ্যাসিটিলিন ও প্রান্তীয় অ্যালকাইনের হাইড্রোজেন আল্মিক ও তার ব্যাখ্যা।
- অ্যালকাইনের রাসায়নিক বিক্রিয়া যেমন—ইলেকট্রোফিলীয় যুত-বিক্রিয়া, নিউক্লিওফিলীয় যুত-বিক্রিয়া, ও প্রতিস্থাপন ক্রিয়া।
- বিজারণ ক্রিয়া—অনুঘটকের ও ডাইবোরেনের উপস্থিতিতে সিস্ বিজারণ; আবার Na/ তরল NH₃-এর সাহায্যে ট্রান্স বিজারণ।
- অ্যালকাইনকে ডাইবোরেন দিয়ে বিজারিত করে যদি H₃H₂/OH^O দিয়ে জারিত করা হয় তবে অ্যালডিহাইড বা কিটোন পাওয়া যাবে।

- ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইনে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের অবস্থান সুনির্দিষ্টভাবে বলা যায়।
- অ্যাসিটিলিন বা অ্যালকাইন থেকে পলিমার কিভাবে প্রস্তুত করা হয়।
- অ্যাসিটিলিন ও প্রাকৃতিক অ্যালকাইনের সনাক্তকরণ।

5.16 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

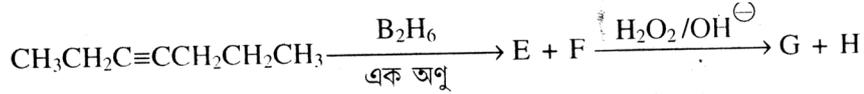
- (1) নিচের বিক্রিয়ায় A, B ও C চিহ্নিত করুন।



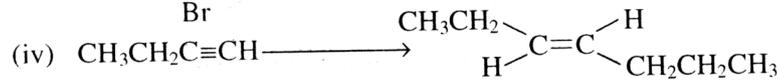
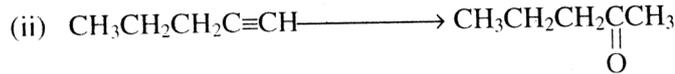
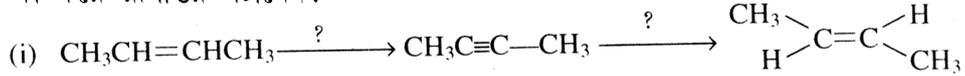
- (2) $\text{RCH}_2\text{CH}_2^\ominus > \text{R}-\text{CH}=\text{CH}^\ominus > \text{R}-\text{C}\equiv\text{C}^\ominus$

উপরের কার্বানায়নগুলিকে ক্রমক্রমসমান ক্ষারক হিসাবে সাজান হয়েছে। এর যুক্তিগ্রাহ্য ব্যাখ্যা দিন।

- (3) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ এবং $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ দুটি যৌগই HBr -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত-যৌগ গঠন করে। কোন্ যৌগটির সঙ্গে HBr -এর বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হবে এবং কেন?
- (4) নিচের বিক্রিয়ায় E, F, G ও H সনাক্ত করুন। যুক্তির স্বপক্ষে ব্যাখ্যা দিন।



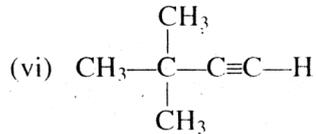
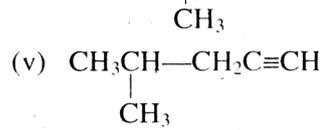
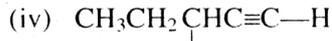
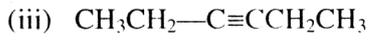
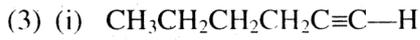
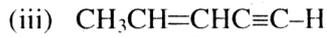
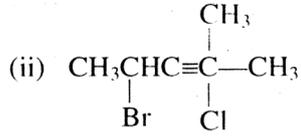
- (5) কী করে রূপান্তর ঘটাবেন?



5.17 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

- (1) (i) 3-হেপ্টাইন;
(ii) অক্ট-2-ইন-5-আইন;
(iii) 3-মিথাইল-পেন্ট-1-ইন-4-আইন।



অনুশীলনী-2

(1)(i) 5.6 দেখুন।

(ii) অ্যাসিটিলিনের কার্বন দুটি sp সংকরায়িত এবং ইথিলিনের কার্বন sp^2 সংকরায়িত। ইলেকট্রনের s -চরিত্র বৃদ্ধির ফলে অ্যাসিটিলিনের কার্বনের কেন্দ্রক ইলেকট্রন-জোড়কে প্রবলভাবে আকর্ষণ করে। ইথিলিনে সেই আকর্ষণ তুলনায় কম। তাই বন্ধন-দূরত্ব কমে যায়।

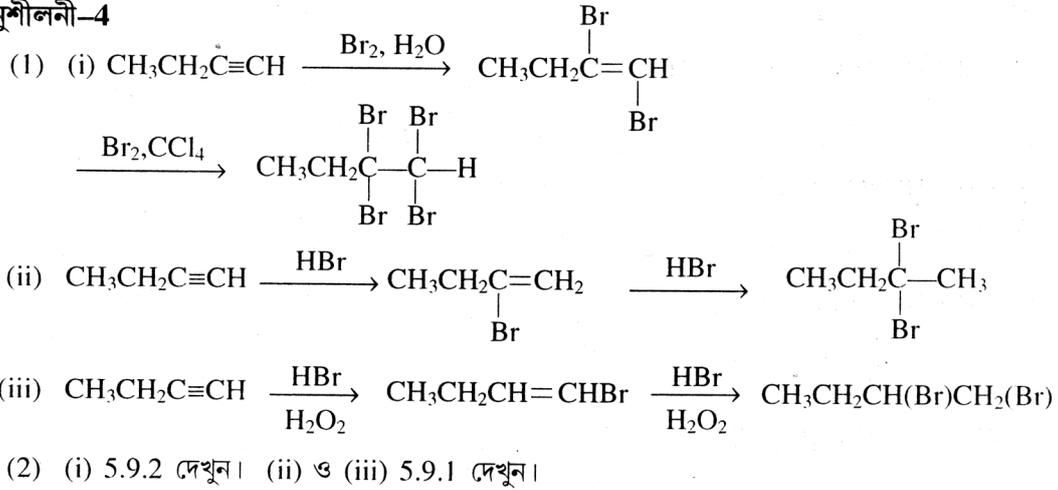
(iii) 3.6 দেখুন।

অনুশীলনী-3

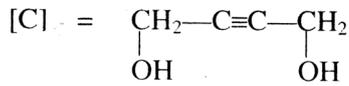
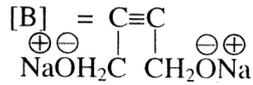
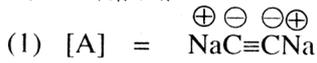
(i) NH_2^\ominus তীব্র ক্ষারক।

(ii) $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ মৃদু অম্ল। [যুক্তি : 5.6.1 দেখুন]

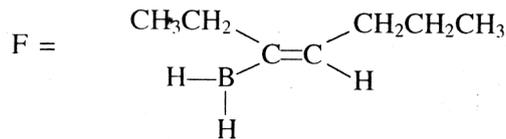
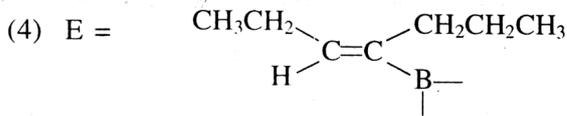
অনুশীলনী-4

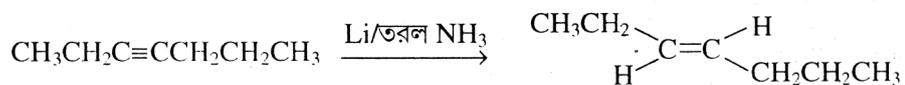
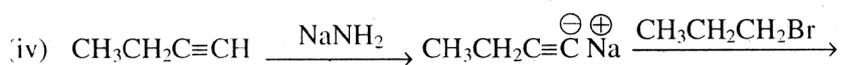
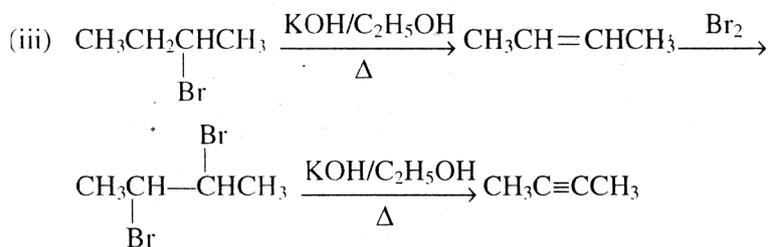
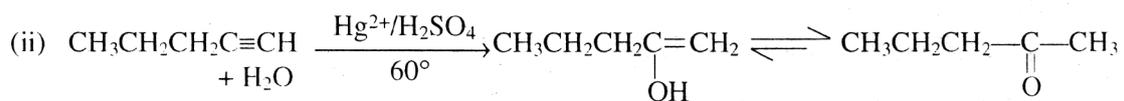
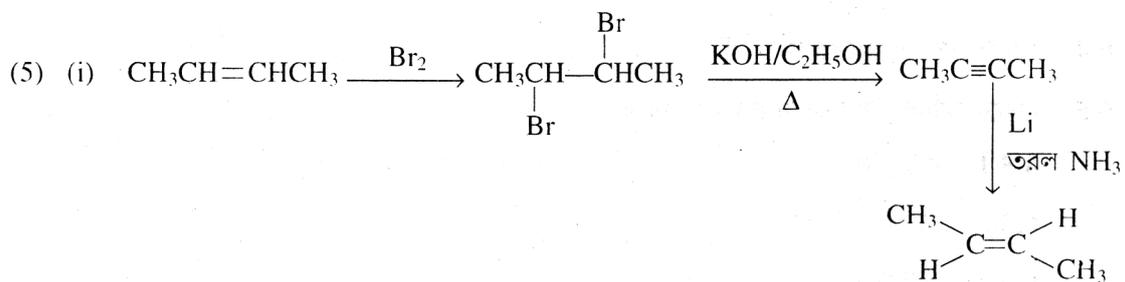
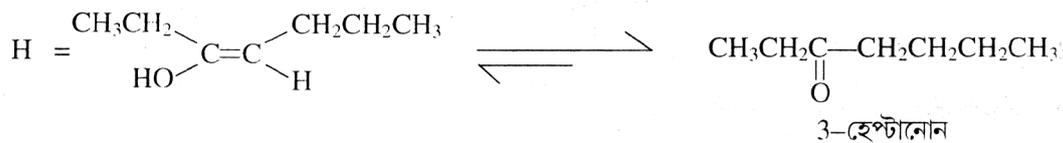
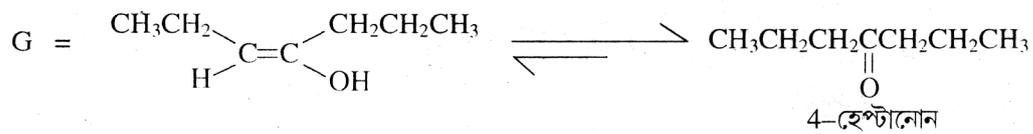


সর্বশেষ প্রশ্নাবলী



- (2) কার্বানায়নগুলির কার্বন যথাক্রমে এবং sp^3 , sp^2 এবং sp সংকরায়িত। ফলে ইলেকট্রন দানের প্রবণতা ক্রমশ কমতে থাকে।
- (3) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ এই যৌগটির ক্ষেত্রে HBr-এর বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হবে। প্রোপাইনের ($\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$) কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্ব প্রোপিনের ($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের ইলেকট্রন ঘনত্বের চেয়ে বেশি। প্রোপাইনে ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণুদুটি sp সংকরায়িত হওয়ার ফলে π -ইলেকট্রনগুলি কার্বনের সঙ্গে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে; তাই প্রোপাইনের ক্ষেত্রে HBr বিক্রিয়া মন্থরগতিতে হয়।





একক 6 □ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (1)—বেনজিন ও সমগণীয় শ্রেণী

গঠন

- 6.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 6.2 বেনজিনের উৎস এবং পৃথকীকরণ
- 6.3 বেনজিনের গঠন
- 6.4 রেজোনেন্স ও অ্যারোমেটিসিটি
- 6.5 অ্যারোমেটিক যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া
 - 6.5.1 নাইট্রেশন
 - 6.5.2 হ্যালোজিনেশন
 - 6.5.3 সালফোনেশন
 - 6.5.4 প্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন
 - 6.5.5 ফ্লিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন
 - 6.5.6 ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল
- 6.6 বেনজিনের যুত-বিক্রিয়া
- 6.7 বিজারণ
- 6.8 বেনজিনের সমগণ
- 6.9 বেনজিনের সমগণের সংশ্লেষণ
- 6.10 বিক্রিয়ার উপর প্রতিস্থাপকের প্রভাব
- 6.11 পার্শ্ব-শৃঙ্খলের বিক্রিয়া
 - 6.11.1 পার্শ্ব-শৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন
 - 6.11.2 পার্শ্ব-শৃঙ্খলে জারণ
- 6.12 সারাংশ
- 6.13 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 6.14 উত্তরমালা

6.1 প্রস্তাবনা

একক 3,4 ও 5- আপনারা অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন সম্পর্কে অনেক তথ্য জেনেছেন। এখন আমরা অন্য এক শ্রেণীর যৌগ—অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

জৈব-রসায়নের ক্রমবিকাশের গোড়ার দিকে জৈব যৌগসমূহকে অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক—এই দু'শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছিল। চর্বিসমূহ যেমন পশুমেদ, জলপাইয়ের তেল ইত্যাদি থেকে প্রাপ্ত যৌগগুলিকে অ্যালিফেটিক যৌগ আর রেজিন, বলসম (balsam) এবং সুগন্ধী তেল থেকে প্রাপ্ত যৌগগুলিকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হত। গ্রীক ভাষায় চর্বির প্রতিশব্দ অ্যালিফোজ (aliphos) থেকে অ্যালিফেটিক এবং সুগন্ধের প্রতিশব্দ অ্যারোমা (aroma) থেকে অ্যারোমেটিক নাম দুটির উৎপত্তি হয়েছে। বর্তমানে বেনজিন এবং বেনজিনের সাথে সম্পর্কযুক্ত যৌগগুলিকেই সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয়। সুতরাং পূর্বের ধারণা অনুযায়ী সুগন্ধযুক্ত জৈব যৌগমাত্রই অ্যারোমেটিক এবং অ্যারোমেটিক যৌগমাত্রই সুগন্ধযুক্ত এর কোন ভিত্তি নেই।

1825 খ্রিস্টাব্দে মাইকেল ফ্যারাডে (Michale Faraday) আলোক উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত তিমি মাছের তেল থেকে উৎপন্ন গ্যাসের মধ্যে বেনজিন আবিষ্কার করেন। পরে 1845 খ্রিস্টাব্দে হফম্যান (Hofmann) আলকাতরা থেকে বেনজিন পৃথক করেন।

প্রাকৃতিক উৎস থেকে প্রাপ্ত এবং রসায়নাগারে সংশ্লেষিত বিভিন্ন ধরনের ঔষধগুলি অ্যারোমেটিক শ্রেণীর। স্থানীয় চেতনানাশক প্রোকেন (procaine) এবং ঘুমের বড়ি ডায়াজিপাম (diazepam) হল অ্যারোমেটিক যৌগ। বেনজিন স্বাস্থ্যের পক্ষে ক্ষতিকারক। এর ব্যবহারে ক্যানসারে আক্রান্ত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়। অনেকদিন ধরে বেনজিনের সংস্পর্শে এলে অস্থি-মজ্জার ঘাটতি দেখা দেয়। তাই বেনজিন ব্যবহার করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত।

অ্যারোমেটিক যৌগের গুরুত্ব বিবেচনা করে এই এককে আমরা বেনজিন এবং বেনজিনের সমগণ যৌগের রসায়ন (Chemistry) আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি---

- বেনজিনের পৃথকীকরণ বর্ণনা করতে পারবেন,
- রেজোনেন্স ও অ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যা করতে পারবেন,
- অ্যারোমেটিক যৌগের উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়াগুলি আলোচনা করতে পারবেন,
- বেনজিনের সমগণ বা অ্যারিগসমূহের সম্পর্কে ধারণা দিতে ও সংশ্লেষণ করতে পারবেন,
- অ্যারিগসমূহের পার্শ্ব-শৃঙ্খল ও বলয়ঘটিত উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়াগুলি আলোচনা করতে সক্ষম হবেন।

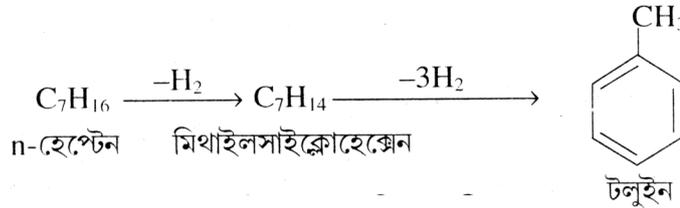
6.2 বেনজিনের উৎস এবং পৃথকীকরণ (Source and isolation of benzene)

বেনজিন এবং তার সমগণ আলকাতরা থেকে সংগ্রহ করলেও আজকাল এদের এক অতি গুরুত্বপূর্ণ উৎস হ'ল খনিজ পেট্রোলিয়াম। অ্যারোমেটিক যৌগ নয় এমন সব উপাদান থেকেও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন প্রস্তুত করা হয় এবং অধুনা এটাই মুখ্য উৎস।

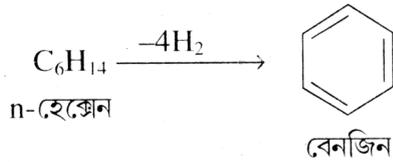
হাইড্রোফরমিং বা প্রভাবক ঘটিত সংস্থার (Hydroforming or Catalytic reforming) : এই পদ্ধতি হাইড্রোজেন বিযুক্তিকরণ (dehydrogenation), বৃত্তায়ন (cyclisation) এবং সমাবয়বী রূপান্তর (isomerisation) বিক্রিয়াসমূহের উপর প্রতিষ্ঠিত।

হাইড্রোফরমিং বিক্রিয়া উচ্চ চাপে এবং 480°-550° তাপমাত্রায় প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে ঘটনো হয়। হাইড্রোফরমিং বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ :

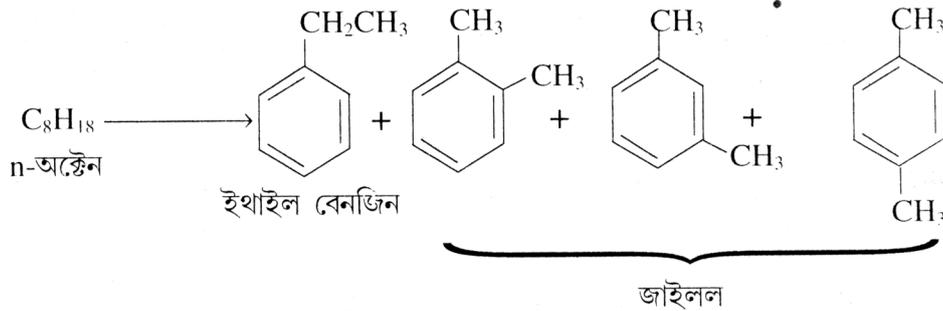
(1) n-হেপ্টেন এই প্রক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন টলুইনে পরিণত হয়।



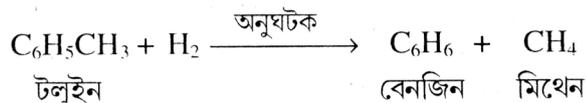
(2) n-হেক্সেন অনুরূপ পরিবেশে বেনজিনে পরিণত হয়।



(3) n-অক্টেন একইভাবে ইথাইল বেনজিন ও জাইললে পরিণত হয়।

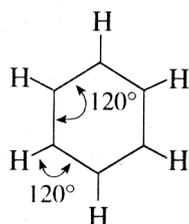


বিশেষ বিশেষ দ্রাবকের সাহায্যে হাইড্রোকার্বনগুলোকে পৃথক করা হয়। যেহেতু টলুইন ও জাইলিনের তুলনায় বেনজিন কম পরিমাণে উৎপন্ন হয় তাই উচ্চচাপে এবং ধাতব অক্সাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সাথে উত্তপ্ত করে (হাইড্রো-ডিঅ্যালকিনেশন) এগুলিকে বেনজিনে পরিণত করা হয়।

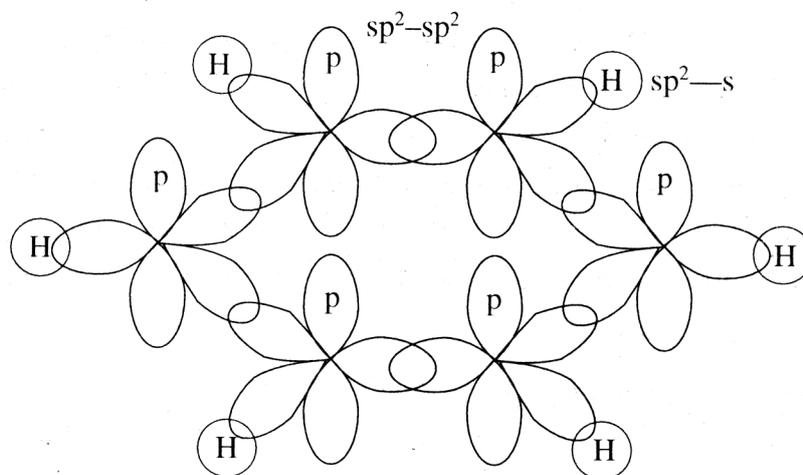


6.3 বেজিনের গঠন (Structure of benzene)

আণবিক কক্ষকতত্ত্ব (Molecular Orbital Theory) থেকে বেনজিনের গঠন সংকেত সম্পর্কে পরিষ্কার ধারণা জন্মে। এই তত্ত্ব অনুযায়ী বেনজিন একটি সুষম ষড়ভুজাকৃতি সমতলীয় প্রতিসম অণু।

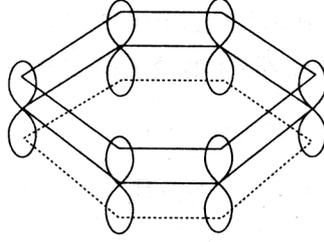


সকল H-C-C এবং C-C-C কোণগুলি সমান এবং এদের প্রত্যেকটির মান 120° । প্রতিটি কার্বন sp^2 সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। একটি sp^2 সংকরায়িত কার্বনের দু'টি কক্ষক অপর দু'টি কার্বনের সংকরায়িত কক্ষকের সাথে অভিলেপনে দু'টি σ -বন্ধন তৈরি হয়। প্রতিটি কার্বনের তৃতীয় সংকরায়িত কক্ষক হাইড্রোজেনের $1s$ কক্ষকের সাথে অভিলেপনে আরও একটি σ -বন্ধন তৈরি হয়। এইভাবে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর তিনটি সংকরায়িত কক্ষকের মধ্যে দু'টি সন্নিহিত কার্বনদ্বয়ের সাথে এবং তৃতীয়টি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সাথে σ -বন্ধন রচিত হয়। এরফলে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে p -পারমাণবিক কক্ষক অবিকৃত অবস্থায় থাকে।



এখন 6টি কার্বনের উপর বিদ্যমান 6টি p -পারমাণবিক কক্ষক পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় বেনজিনের তলের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। প্রতিটি p -কক্ষক উভয় প্রতিবেশীর সাথে সমানভাবে অভিলেপন করে, অর্থাৎ একইসঙ্গে একাধিক π -বন্ধন গঠিত হয়। ফলে, π -ইলেকট্রন কোন নির্দিষ্ট কার্বনে আবদ্ধ থাকে না। এদের একদেশতা (localisation) লোপ পায়, অর্থাৎ বেনজিন বলয়ে ইলেকট্রনগুলি পরিব্যাপ্ত (delocalisation) অবস্থায় থাকে।

এইভাবে 6টি p-কক্ষক পরস্পরের সাথে এমনভাবে মিলিত হয় যে ভ্যালেন্স-বন্ধন ন্যায় দ্বি-বন্ধন সৃষ্টি না করে বেনজিন বলয়ের মূল কাঠামোর উপরে ও নিচে একটি করে সুদৃঢ় π -ইলেকট্রনের বলয় সৃষ্টি করে।



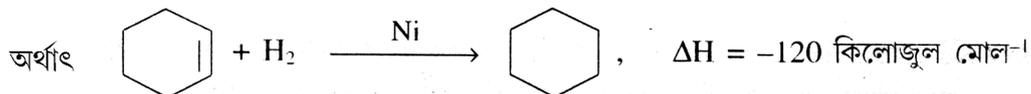
π ইলেকট্রন বলয়

বেনজিনের এই অনুচিতর রঞ্জন রশ্মি (X-ray) এবং ইলেকট্রন বিচ্ছুরণ (electron diffraction) পরীক্ষার দ্বারা সমর্থিত।

6.4 রেজোনেন্স ও অ্যারোমেটিসিটি (Resonance and Aromaticity)

একক 2 পাঠ করে রেজোনেন্স সম্পর্কে আপনার মৌলিক ধারণা হয়েছে। এখানে আমরা অ্যারোমেটিক যৌগে রেজোনেন্সের প্রভাব আলোচনা করবো। বেশিরভাগ জৈব যৌগের গঠনসংকেত সরল কার্বন-কার্বন বন্ধন চিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যেমন, ইথিনের গঠনসংকেত $H_2C=CH_2$ দ্বারা, ইথাইনের গঠনসংকেত $HC\equiv CH$ দ্বারা ইত্যাদি। কিন্তু আরও এমন অনেক জৈব যৌগ (যেমন বেনজিন) আছে যাদের গঠনসংকেত সরল বন্ধন চিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় না। বেনজিনের গঠনচিত্র ছয়টি কার্বনের একটি বদ্ধশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বন। এতে তিনটি কার্বন-কার্বন একবন্ধন এবং তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান। এটাই যদি গঠনচিত্র হয় তবে আপনি বেজিনের মধ্যে দু'ধরনের বন্ধন-দৈর্ঘ্য অর্থাৎ কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান। এটাই যদি গঠনচিত্র হয় তবে আপনি বেনজিনের মধ্যে দু'ধরনের বন্ধন-দৈর্ঘ্য অর্থাৎ কার্বন-কার্বন একবন্ধন দৈর্ঘ্য যার মান 154 পিকোমিটার এবং কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন দৈর্ঘ্য যার মান 134 পিকোমিটার আশা করতে পারেন। কিন্তু রঞ্জনরশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষায় (X-ray diffraction experiment) দেখা যায় ছয়টি কার্বন-কার্বন বন্ধন-দৈর্ঘ্য একই মাপের এবং এর মান 139.7 পিকোমিটার। এ হলো কার্বন-কার্বন একবন্ধন এবং কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন মানের মধ্যবর্তী মান। এতে প্রমাণিত হয় যে, বেনজিনে প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধন একই ধরনের। এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

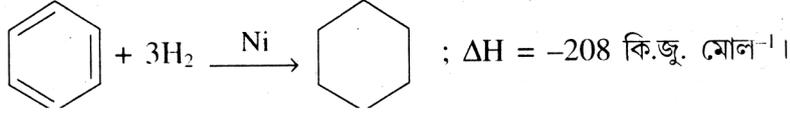
সাইক্লোহেক্সিনের পরীক্ষালব্ধ হাইড্রোজেন সংযুক্তিঘটিত তাপের (heat of hydrogenation) পরিমাণ 120 কিলোজুল মোল⁻¹



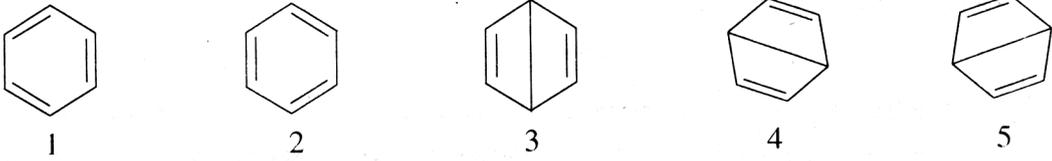
যেহেতু বেনজিনে তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান তাই বেনজিনের হাইড্রোজেন সংযুক্তিঘটিত তাপের গননালবদ্ধ পরিমাণ :

$$\Delta H = 3 \times -120 \text{ কি. জু./মোল}^{-1} = -360 \text{ কি. জু. মোল}^{-1}$$

কিন্তু পরীক্ষালব্ধ মান :



অর্থাৎ বেনজিনের ক্ষেত্রে, $360 - 208 = 152$ কি.জু. মোল⁻¹ তাপ কম উৎপন্ন হয়। সুতরাং বলা যেতে পারে যে, বেনজিন অণুতে অন্তর্নিহিত শক্তির পরিমাণ 152 কি.জু. মোল⁻¹। অন্তর্নিহিত শক্তি কম বলে বেনজিন বেশি স্থিতিশীল হয় এবং এই শক্তিকে রেজোনেন্স শক্তি (resonance energy) বলে। বেনজিনের গঠনসংকেত স্থির বন্ধনযুক্ত অণু হলে ΔH -এর গণনালব্ধ এবং পরীক্ষালব্ধ জ্ঞানের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকত না; অর্থাৎ বেনজিনের গঠন স্থির বন্ধন-যুক্ত নয়। তাই, আমরা একটা গঠনসংকেত দ্বারা বেনজিনের গঠনসংকেত প্রকাশ করতে পারি না। নিম্নলিখিত গঠনসংকেতের সাহায্যে বেনজিনের গঠনসংকেত প্রকাশ করা হয়।



ডিউয়ার (Dewar) প্রদত্ত গঠন-সংকেত 3,4 ও 5 অপেক্ষা কেকুলে (Kekule) প্রদত্ত গঠন-সংকেত 1 এবং 2 অধিক স্থিতিশীল। ফলে, রেজোনেন্স-হাইব্রিডে গঠন-সংকেত 1 এবং 2-এর অবদান খুব বেশি। তাই বেনজিনের ধর্ম 1 এবং 2-এর মাধ্যমেই সম্যকরূপে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। গঠন-চিত্র 1-5 কাল্পনিক এবং বাস্তবে এদের কোন অস্তিত্ব নেই। এই গঠন-সংকেতগুলির ইলেকট্রন-বিন্যাস ভিন্ন এবং π -ইলেকট্রনের স্থানান্তরের ফলে এদের উদ্ভব হয়।

অ্যারোমেটিসিটি (Aromaticity) :

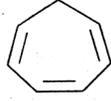
মুক্তশৃঙ্খল অনুবদ্ধ ডাই-ইন সম্বন্ধে আপনারা একক 4-এর কিছু তথ্য জেনেছেন। মুক্ত-শৃঙ্খল অণুবদ্ধ পলিইনের বৈশিষ্ট্য অণুবদ্ধ ডাই-ইনের অনুরূপ হলেও বদ্ধ-শৃঙ্খল অনুবদ্ধ পলিইন থেকে প্রায় সম্পূর্ণ আলাদা। বদ্ধ-শৃঙ্খল বা বলয়াকৃতি পলিইনের ক্ষেত্রে 1931 খ্রীস্টাব্দে জার্মান পদার্থবিদ এরিক হুকেল (Erich Hückel) নিজের নামামুসারে হুকেল-নীতির (Hückel rule) প্রবর্তন করেন। এই নীতি অনুসারে, যে সমস্ত বদ্ধ-শৃঙ্খল পলিইনে $(4n+2)\pi$ ($n=0, 1, 2, 3$ ইত্যাদি) ইলেকট্রন বর্তমান এবং পলিইনটি যদি সমতলীয় হয় অর্থাৎ সমান্তরাল p কক্ষকগুলির সম্যক অভিলেপন ঘটে, তখন পলিইনটি খুবই স্থিতিশীল হয়। এই অতিরিক্ত স্থিতিশীলতাই অ্যারোমেটিক ধর্ম (aromatic character) বা অ্যারোমেটিসিটি (aromaticity) নামে স্বীকৃত। এরূপ পলিইনকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলে অভিহিত করা হয়। হুকেলের নীতি যৌগের অ্যানায়ন ও ক্যাটায়নের ক্ষেত্রেও সমভাবে প্রযোজ্য।



এখানে π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 6, অর্থাৎ হুকেলের নীতি মেনে চলে।
যৌগটি সমতলীয়।
অতএব অ্যারোমেটিক।

আবার যে সমস্ত বলয়াকৃতি অনুবদ্ধ পলিইন হকেরেলের নীতি মেনে চলে, কিন্তু সমতলীয় নয় অথবা অণুর মধ্যবর্তী কোন sp^3 সংকরায়িত কার্বন π -ইলেকট্রনের অবাধ অভিলেপনে বাধা সৃষ্টি করে সেগুলি অ্যারোমেটিক যৌগ নয় (non-aromatic) বলে বিবেচিত হয়।

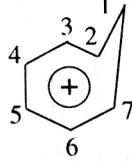
যেমন, সাইক্লোহেপ্টাট্রাইন



এখানে π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 6 অর্থাৎ হকেরেলের নীতি মেনে চললেও এখানে অবাধ অভিলেপন সম্ভব নয়। তাই, যৌগটি অ্যারোমেটিক নয় (non-aromatic)

পুরনায় যে সমস্ত অনুবদ্ধ পলিইনে এক বা একাধিক sp^3 সংকরায়িত কার্বন পরমাণু থাকা সত্ত্বেও যৌগটিতে অবাধ অভিলেপন সম্ভব, সেইসমস্ত পলিইনকে হোমো-অ্যারোমেটিক (homo-aromatic) যৌগ বলে।

যেমন, সাইক্লোহেপ্টাট্রাইনাইল ক্যাটায়ন।



π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 6, অর্থাৎ হকেরেলের নীতি মেনে চলে। sp^3 সংকরায়িত কার্বন পরমাণু অ্যারোমেটিক পরমাণুগুলি যে তলে অবস্থিত তার উপর লম্বভাবে বিরাজ করে, যার ফলে অভিলেপনে কোন বাধার সৃষ্টি হয় না। ফলে অ্যারোমেটিক।

যে সমস্ত বদ্ধ-শৃঙ্খল পলিইনে $4n\pi$ ($n = 1, 2, 3$ ইত্যাদি) ইলেকট্রন বর্তমান এবং পলিইনটি যদি সমতলীয় হয় অর্থাৎ p-কক্ষকগুলির মধ্যে সম্পূর্ণরূপে অভিলেপন সম্ভব; তখন সেই সমস্ত পলিইনকে অ্যারোমেটিক-বিমুখ (anti-aromatic) যৌগ বলে। এই ধরনের যৌগগুলি সক্রিয় অর্থাৎ অস্থায়ী হয়।

যেমন, সাইক্লোবিউটাডাইন,



π ইলেকট্রনের সংখ্যা = 4

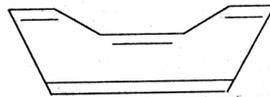
হকেরে নীতি সমর্থন করে না।

যৌগটি সমতলীয়।

অতএব, অ্যারোমেটিক-বিমুখ (anti-aromatic)

কিন্তু, $8n$ সংখ্যক π -ইলেকট্রন থাকা সত্ত্বেও পলিইনটি যদি সমতলীয় না হয় তখন p কক্ষকের অভিলেপনে বিঘ্ন ঘটে এবং খবুই সক্রিয় হয়। এই সমস্ত পলিনকেও নন-অ্যারোমেটিক (Non-aromatic) যৌগ বলে। নন-অ্যারোমেটিক যৌগগুলি মুক্তশৃঙ্খল পলিইনের মত আচরণ করে।

যেমন, সাইক্লোঅক্টাটেট্রিন



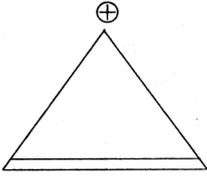
গামলা (tub) আকৃতি

π ইলেকট্রন-সংখ্যা = 8; অসমতলীয়, হকেরেলের নীতি মেনে চলে না।

অতএব যৌগটি নন-অ্যারোমেটিক (non-aromatic)

কয়েকটি উদাহরণ :

(1) সাইক্লোপ্রোপিনাইল ক্যাটায়ন



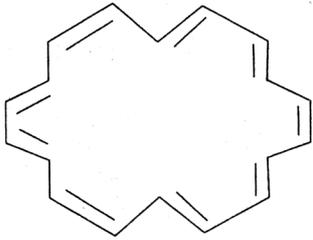
π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 2
ছকলের নীতি মেনে চলে।
যৌগটি সমতলীয়।
অতএব, অ্যারোমেটিক।

(2) সাইক্লোহেপটাডাইনাইল অ্যানায়ন



π ইলেকট্রন সংখ্যা = 6
ছকলের নীতি মেনে চলে।
যৌগটি সমতলীয়।
অতএব, অ্যারোমেটিক।

(3) [18] অ্যানুলিন



π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 18
ছকলের নীতি মেনে চলে।
যৌগটি সমতলীয়।
অতএব, অ্যারোমেটিক।

অ্যানুলিন (Annulene) :

একবৃত্তীয় (monocyclic) অনুবদ্ধ পলিইনের সাধারণ নাম অ্যানুলিন। কার্বনের সংখ্যা তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে রাখা হয়। এইভাবে বেনজিনের সাধারণ নাম হবে [6] অ্যানুলিন। কিন্তু কার্বন-সংখ্যা 10 এবং তার বেশি হলে এই সাধারণ নাম—অ্যানুলিন ব্যবহার করা হয়।

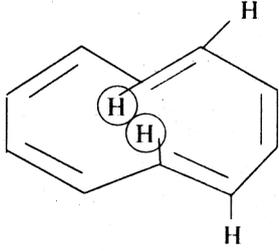
(4) [10] অ্যানুলিন



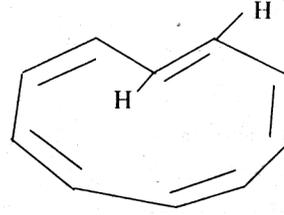
π ইলেকট্রন সংখ্যা = 10
ছকলের নীতি মেনে চলে।
যৌগটি অসমতলীয়।
অতএব নন-অ্যারোমেটিক।
আপনি প্রশ্ন করতে পারেন—যৌগটি অসমতলীয় কেন?

তার বাখ্যা : প্রদত্ত যৌগটির গঠনকাঠামোয় সবক'টি H সিস্ কনফিগারেসনে থাকে অর্থাৎ ইক্লিপস্ড

হাইড্রোজেনগুলির মধ্যে ব্যবর্তন পীড়ন হেতু যৌগটি সমতলীয় কাঠামো গ্রহণ করতে পারে না। এই পীড়ন নিরসনের জন্য যৌগটি অন্য কনফিগারেসনে থাকার চেষ্টা করে। এগুলিও অসমতলীয়।



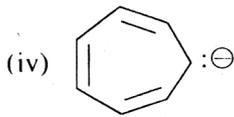
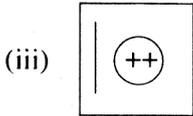
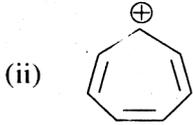
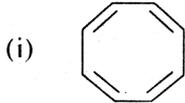
অন্তর্দেশীয় H-গুলির মধ্যে
ভ্যানডারওয়ালস্ জনিত
বিকর্ষণের ফলে অসমতলীয়।



কৌণিক পীড়নের জন্য
অসমতলীয়

অনুশীলনী 1

নিচের যৌগগুলির মধ্যে কোনটি অ্যারোমেটিক, নন-অ্যারোমেটিক এবং অ্যারোমেটিক-বিমুখ কারণসহ লিখুন :



6.5 অ্যারোমেটিক যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া (Reactions of aromatic compounds)

অ্যারোমেটিক যৌগ রেজোনেন্সের জন্যই অধিক স্থিতিশীল হয়। যুত-যৌগ গঠন করলে রেজোনেন্স বিঘ্নিত হয় এবং যৌগটির স্থিতিশীলতা হ্রাস পায় ফলে অ্যারোমেটিক যৌগের যুত-যৌগ গঠনের প্রবণতা কম।

অপরপক্ষে, অ্যারোমেটিক বলয়ে প্রতিস্থাপিত হওয়ার ক্ষেত্রে রেজোনেন্স বিঘ্নিত হয় না বলে স্থিতিশীলতার বিশেষ কোন তারতম্য ঘটে না। এই কারণেই বেনজিনসহ সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগের

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেওয়ার প্রবণতা অনেক বেশি। বেনজিন বলয় ইলেকট্রন সমৃদ্ধ ইলেকট্রন-সম্বানী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল (electrophile) দ্বারা আক্রান্ত হয়ে সহজেই প্রতিস্থাপন ঘটায়। কিন্তু সাধারণভাবে নিউক্লিয়াস-সম্বানী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল (nucleophile) দ্বারা আক্রান্ত হয় না। প্রথমে আমরা বেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও পরে কিছু উল্লেখযোগ্য যুত-বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Electrophilic aromatic substitution reaction) :

নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন, সালফোনেশন এবং ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় প্রায় সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগই অংশ নেয়। বেনজিনের সাথে এই উল্লেখযোগ্য প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াগুলি সংক্ষিপ্তাকারে সারণী 6.1-এ দেখানো হলো।

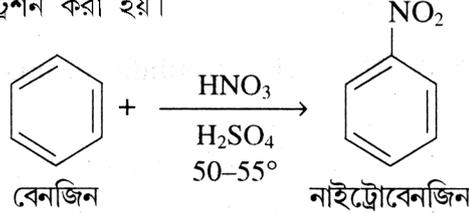
সারণী 6.1 ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :

(1) নাইট্রেশন (Nitration) :
$\text{PhH} + \text{গাঢ় HNO}_3 \xrightarrow{\text{গাঢ় H}_2\text{SO}_4} \text{PhNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">নাইট্রোবেনজিন</p>
(2) হ্যালোজিনেশন (Halogenation) :
$\text{PhH} + \text{X}_2 \xrightarrow{\text{Fe}} \text{PhX} + \text{HX}$ <p style="text-align: center;">হ্যালোবেনজিন</p>
(3) সালফোনেশন (Sulphonation) :
$\text{PhH} + \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{PhSO}_3\text{H}$ <p style="text-align: center;">বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড</p>
(4) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন (Friedel-Crafts alkylation) :
$\text{PhH} + \text{RCl} \xrightarrow[\text{AlCl}_3]{\text{অনার্দ্র}} \text{PhR} + \text{HCl}$ <p style="text-align: center;">অ্যালকিলবেনজিন</p>
(5) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন (Friedel-Crafts acylation) :
$\text{PhH} + \text{RCOCl} \xrightarrow[\text{AlCl}_3]{\text{অনার্দ্র}} \text{PhCOR} + \text{HCl}$ <p style="text-align: center;">অ্যাসাইলবেনজিন</p>
মনে রাখবেন, Ph = C ₆ H ₅

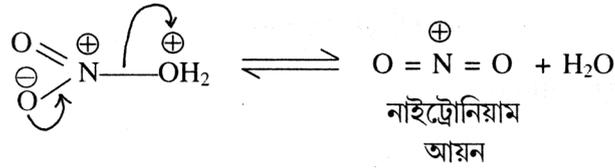
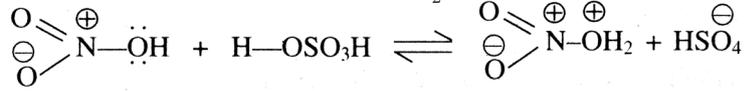
এখন আমরা বেনজিনের বিভিন্ন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রোফাইলগুলির উৎপত্তি সংক্ষিপ্তাকারে আলোচনা করবো।

6.5.1 নাইট্রেশন (Nitration)

নাইট্রো-মূলক ($-\text{NO}_2$) দ্বারা বেনজিনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াকে নাইট্রেশন বলে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (মিশ্র অ্যাসিড) সহযোগে উত্তপ্ত করে বেনজিনের নাইট্রেশন করা হয়।



এখানে ইলেকট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম আয়ন, NO_2^+ মিশ্র-অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

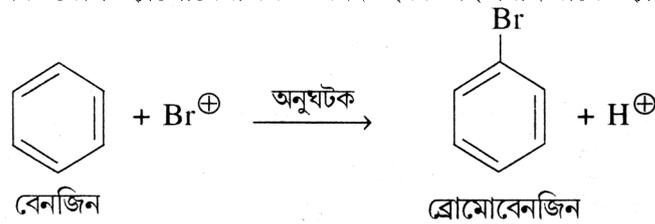


NO_2^+ , NO_3^- , BF_4^- এবং NO_2^+ , ClO_4^- বিকারক দ্বারাও বেনজিনের নাইট্রেশন করা যায়।

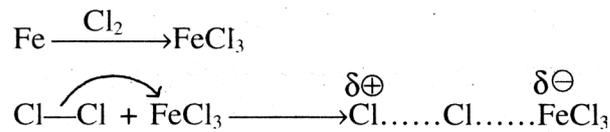
এতে প্রমাণ করে যে NO_2^+ বাস্তবিকপক্ষে ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে। বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত নাইট্রো-মূলককে বিক্রিয়ার মাধ্যমে সহজেই অন্যান্য মূলকে রূপান্তরিত করা যায় বলে বেনজিনের নাইট্রেশন একটি উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া।

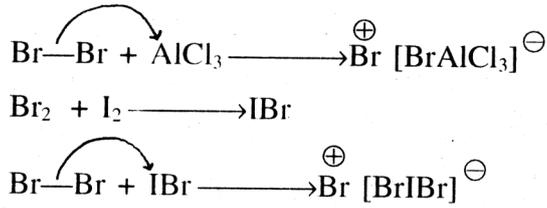
6.5.2 হ্যালোজিনেশন (Halogenation) :

অনুঘটকের (Fe , FeCl_3 , FeBr_3 , AlCl_3 , I_2) উপস্থিতিতে হ্যালোজেন ও বেনজিনের বিক্রিয়ায় হ্যালোজেন প্রতিস্থাপক যৌগ হ্যালোবেনজিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে হ্যালোজিনেশন বলে।

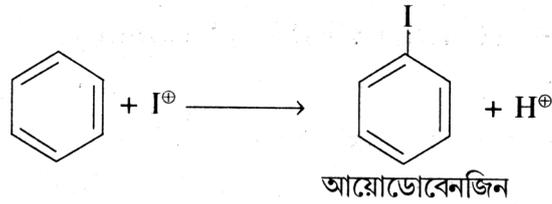
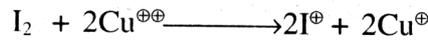


অনুঘটকের হ্যালোজেন—হ্যালোজেন সমযোজী বন্ধনকে আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত করে।

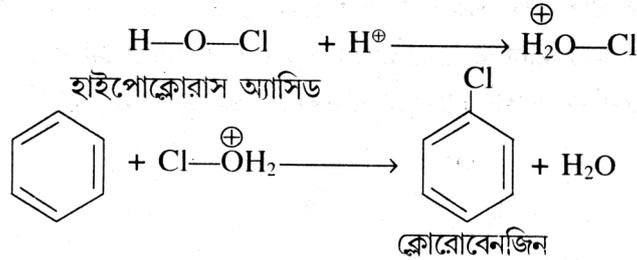




সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী ফ্লুরিন খুবই সক্রিয়। তাই, ফ্লুরোবেনজিন কম পরিমাণে উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন ও ব্রোমিন বেনজিনের সঙ্গে খুব ভাল হারে বিক্রিয়া করে। আবার আয়োডিন খুবই নিষ্ক্রিয়। কিন্তু জারক দ্রব্যের (হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, H_2O_2 অথবা কপারের লবণ, যেমন CuCl_2) উপস্থিতিতে আণবিক আয়োডিন জারিত হয়ে ইলেকট্রোফাইল উৎপন্ন হয়।

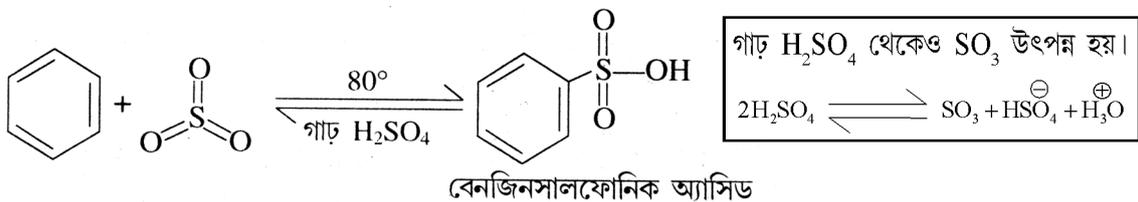


তীব্র অ্যাসিডের উপস্থিতিতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের (যেমন, হাইপোক্লোরাস, হাইপোক্লোরামাস) দ্বারাও হ্যালোজিনেশন ঘটনো হয়।



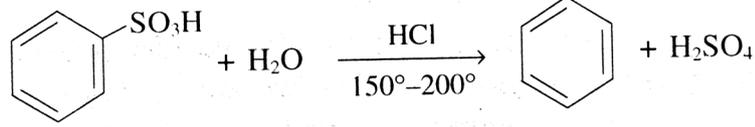
6.5.3 সালফোনেশন (Sulphonation) :

সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-\text{SO}_3\text{H}$) দ্বারা বেনজিন যুক্ত হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপনকে সালফোনেশন বলে। বেনজিন সালফোনেশন সাধারণত গাঢ় অথবা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$) দ্বারা ঘটানো হয়। উভয় বিকারকের ক্ষেত্রেই সালফার ট্রাই-অক্সাইড ইলেকট্রোফাইলের ভূমিকা পালন করে।



সালফোনেশন একটি উভমুখী বিক্রিয়া।

যেহেতু বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় থাকে তাই বিক্রিয়ার অবস্থার পরিবর্তন ঘটিয়ে সহজেই উৎপাদনের হার বাড়ানো বা কমানো যায়। অর্থাৎ গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করলে বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিডের উৎপাদন বাড়ে। অন্যদিকে উচ্চচাপে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে $150^\circ-200^\circ$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সালফোনিক অ্যাসিড মূলক অপসারিত হয়ে বেনজিনে পরিণত হবে।



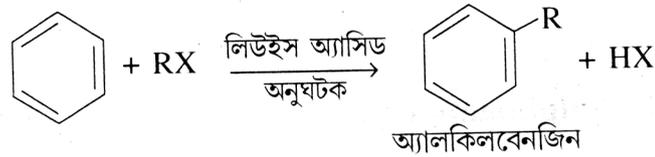
এই ধর্মগুলি বিভিন্ন সংশ্লেষণে প্রয়োগ করা হয়।

ঔষধ এবং রং প্রস্তুতিতে সালফোনেশন একটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য পদ্ধতি।

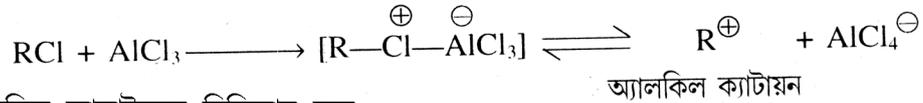
4.5.4 ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন (Friedel-Crafts alkylation) :

1877 খ্রিস্টাব্দে ফরাসী রসায়নবিদ চার্লস ফ্রিডেল এবং তাঁর মার্কিন সহযোগী জেমস এম. ক্র্যাফটস অ্যালকিল এবং অ্যাসাইলবেনজিন তৈরির নতুন পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। এই বিক্রিয়াগুলি ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া নামে পরিচিত। প্রথমে আমরা ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন ও পরে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

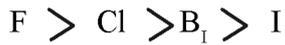
বেনজিন বলয়ের একটি হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপন একটি অ্যালকিল মূলক দ্বারা ঘটিয়ে অ্যালকিলেশন করা হয়। লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যারোমেটিক যৌগ ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিলবেনজিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া নামে পরিচিত।



অ্যালকিল হ্যালাইড এবং লিউইস অ্যাসিড অনুঘটকের বিক্রিয়ায় ইলেকট্রোফাইল অ্যালকিল ক্যাটায়ন R^\oplus উৎপন্ন হয়।

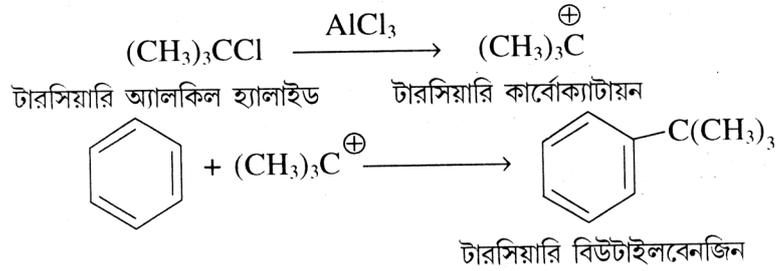
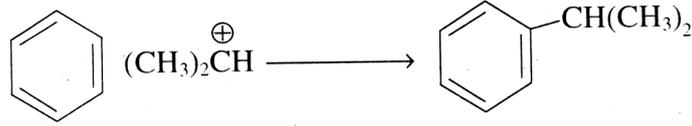
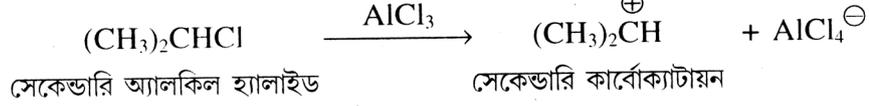


অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ার ক্রম :

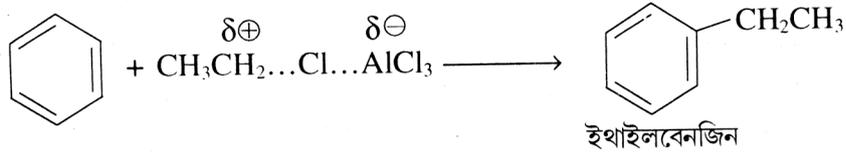
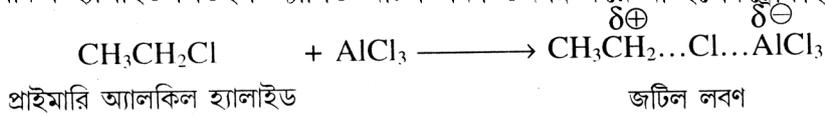


এই বিক্রিয়ায় অনার্দ্র AlCl_3 ব্যতীত BF_3 , FeCl_3 , SnCl_2 , SnCl_4 , ZnCl_2 ইত্যাদি লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক ব্যবহৃত হয়।

অ্যালকিলেশনের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যালকিল হ্যালাইড ব্যবহার করলে উৎপন্ন স্থিতিশীল মুক্ত কার্বোক্যাটায়ন ইলেকট্রোফাইল হিসাবে কাজ করে এবং বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন ঘটায়।

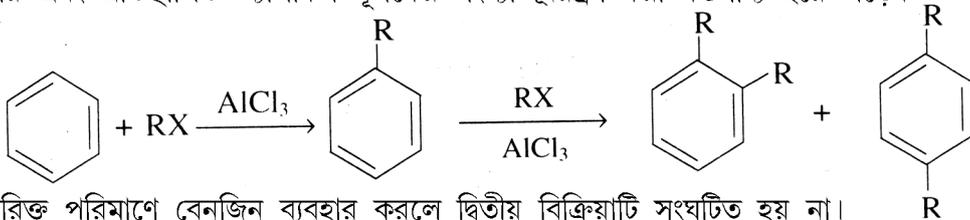


প্রাইমারি অ্যালকিল হ্যালাইড কিন্তু মুক্ত কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন করে না। পরিবর্তে, দ্বি-মেরু আয়ন সমন্বিত অ্যালকিল হ্যালাইড-লিউইস অ্যাসিড জটিল লবণ উৎপন্ন করে যা ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে।

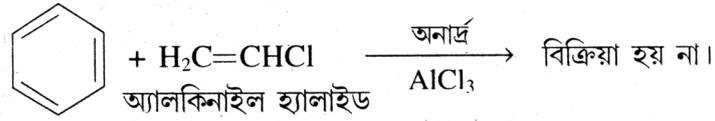
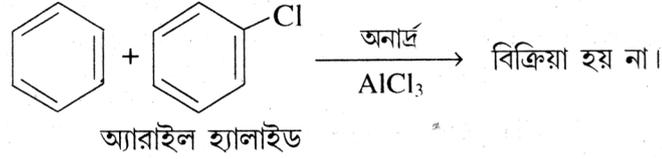


ফ্রিডেল ক্র্যাফটস বিক্রিয়াটি সংশ্লেষণে ব্যাপকভাবে প্রয়োগ করা হলেও এর কিছু সীমাবদ্ধতা আছে। সেগুলি হলো :

- (1) প্রথম অ্যালকিল মূলক বেনজিন-বলয়ে প্রবেশ করলে এই মূলক ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপনে বেনজিন বলয়কে অধিকতর সক্রিয় করে তোলে। ফলে পরবর্তী অ্যালকিল মূলকগুলি অতি সহজেই প্রতিস্থাপন ঘটায় এবং প্রতিস্থাপিত অ্যালকিল মূলকের সংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করা কষ্টসাধ্য হয়ে পড়ে।

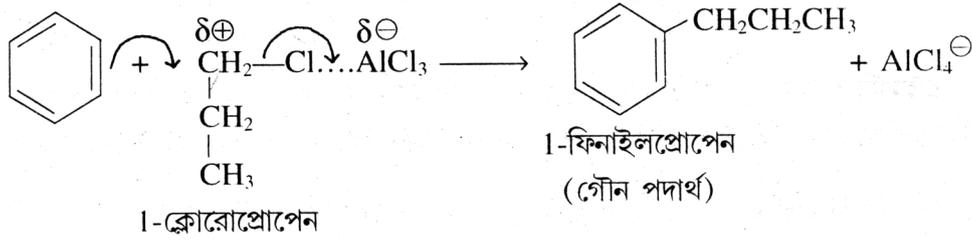


- (2) অ্যারাইল হ্যালাইড এবং অ্যালকিনাইল হ্যালাইড ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া দেয় না। কারণ ক্লোরিন পরমাণু (Cl) রেজোনেন্সের জন্য বেনজিন বলয়ের কার্বন বা অ্যালকিনাইল হ্যালাইডের কার্বনের সঙ্গে দৃঢ়ভাবে যুক্ত থাকে।

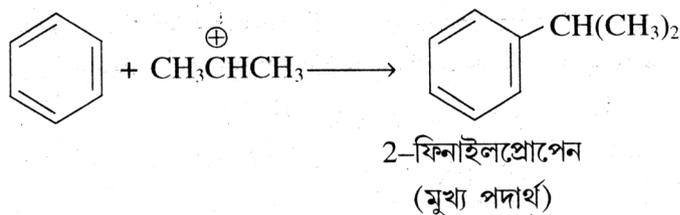
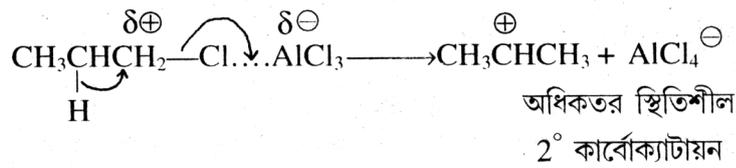


- (3) অ্যালকিলেশনের সময় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ইকোট্রোফাইলের কখন কখন পুনর্বিन্যাস ঘটে। ফলে একাধিক সমাবয়বী যৌগের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

পুনর্বিन্যাস না ঘটলে :

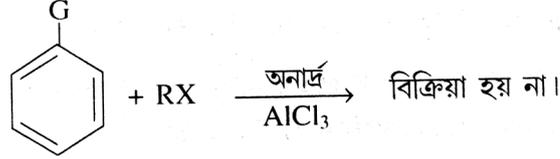


পুনর্বিन্যাস ঘটলে :



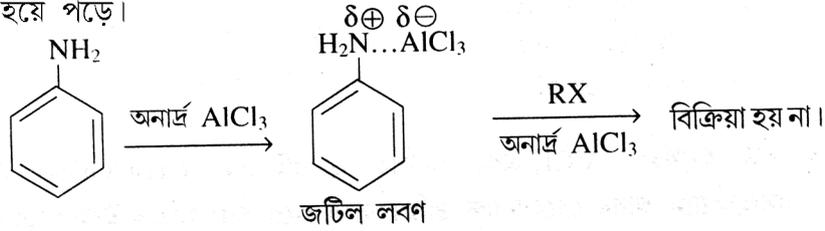
এই বিক্রিয়া অধিকতর স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়নের মধ্য দিয়ে সম্পন্ন হয়।

- (4) ইলেকট্রন-আকর্ষী মূলক যুক্ত অ্যারোমেটিক যৌগ ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া দেয় না, কারণ ইলেকট্রন-আকর্ষী মূলক বেনজিন বলয়কে এতটাই নিষ্ক্রিয় করে দেয় যে, ইলেকট্রোফাইল দ্বারা পুনরায় আক্রান্ত হয় না।



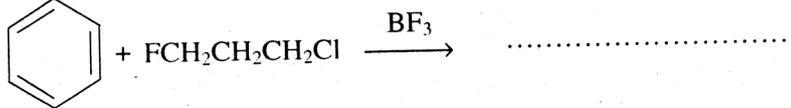
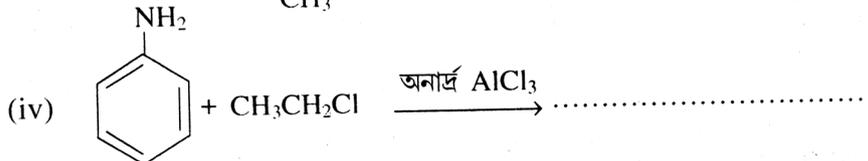
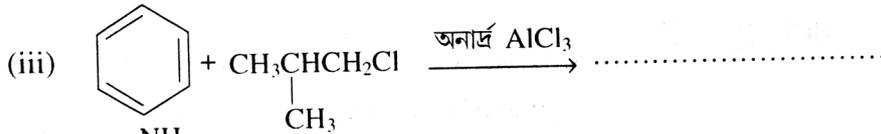
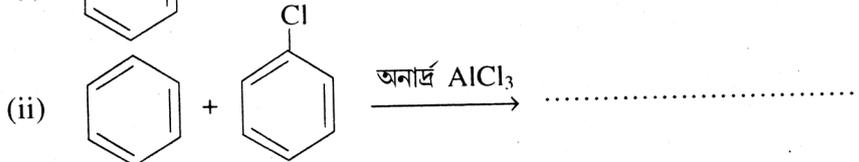
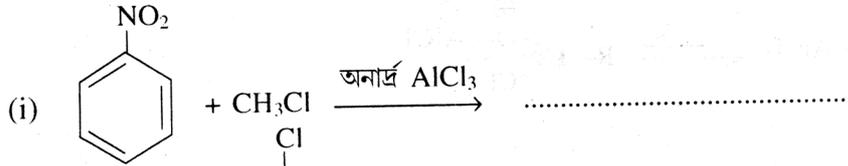
(G = যে কোন ইলেকট্রন-আকর্ষী মূলক; যেমন $-\text{NO}_2$ মূলক)

- (5) অ্যারোমেটিক অ্যামিন অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া দেয় না, কারণ ক্ষারকীয় অ্যামিনো মূলক $-\text{NO}_2$ মূলক) লিউইস অ্যাসিড AlCl_3 -এর সাথে যুক্ত হয়ে জটিল লবণ গঠন করে। এই জটিল লবণের ধনাত্মক আধান নাইট্রোজেন পরমাণুর উপর অবস্থান করে। ফলে বেনজিন বলয় ইলেকট্রোফাইলের প্রতি নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে।



অনুশীলনী 2

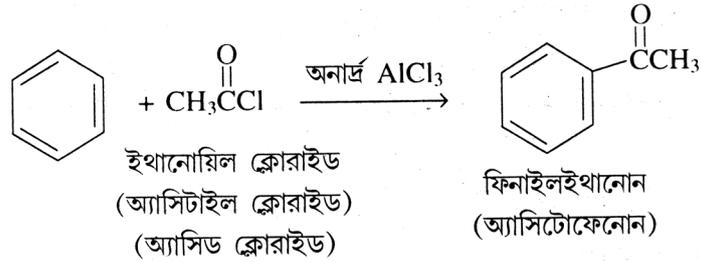
নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মুখ্য পদার্থটি লিখুন :



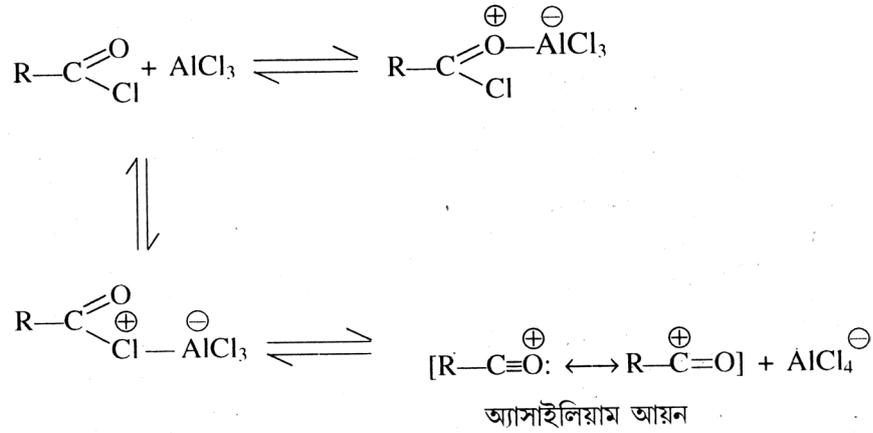
6.5.5 ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন(Friedel-Crafts acylation) :

R-CO-অথবা Ar-CO-মূলককে অ্যাসাইল মূলক বলে। লিউইস অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যাসাইল মূলককে বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করানোর পদ্ধতিকে অ্যাসাইলেশন বা ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন বলে।

যেমন, অনাধ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিন এবং ইথানোয়িল ক্লোরাইডের (অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড) বিক্রিয়ায় ফিনাইলইথানোন (অ্যাসিটোফোন) উৎপন্ন হয়।

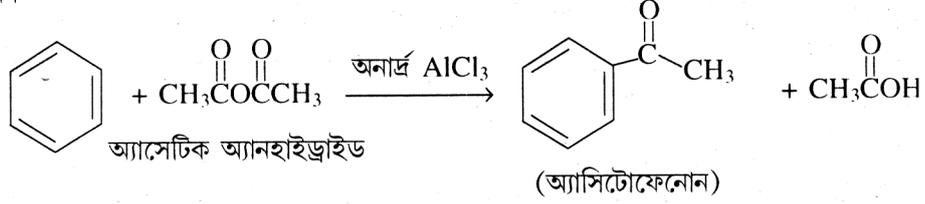


লিউইস অ্যাসিড অনুঘটক AlCl_3 এবং অ্যাসিড ক্লোরাইডের (CH_3COCl) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন, অ্যাসাইলিয়াম আয়ন রেজোন্যান্স স্থায়িত্ব লাভ করে এবং সক্রিয় ইলেকট্রোফাইলের ভূমিকা পালন করে।

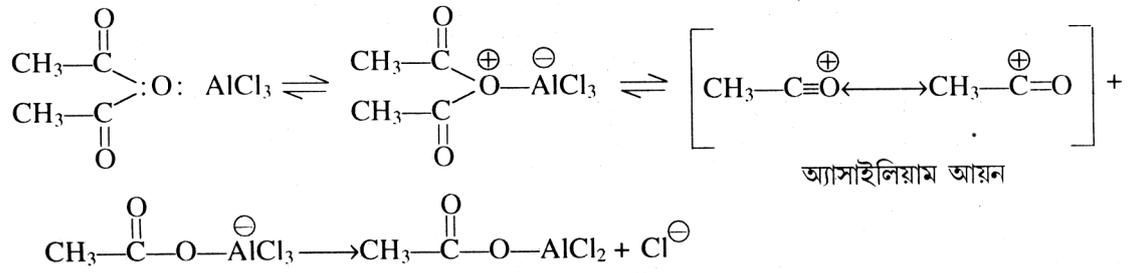


কিন্তু বেশি বেশি সক্রিয় বেনজিন বলয়ে $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O}^{\oplus}-\text{AlCl}_3^{\ominus} \\ \text{Cl} \end{array}$ ইলেকট্রোফাইলের কাজ ক।

অ্যাসিজ ক্লোরাইডের পরিবর্তে কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশনে ব্যবহৃত হয়।



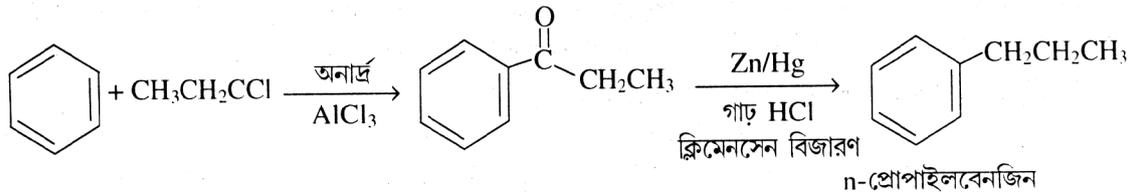
এক্ষেত্রেও অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড ও লিউইস অ্যাসিড অনুঘটকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যাসাইলিয়াম আয়ন ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে।



$\text{CH}_3\text{C}^+=\text{O} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CCl} \xrightarrow{\text{AlCl}_3}$ অ্যাসাইলিয়াম আয়ন (পূর্ববর্তী বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশলের অনুরূপ)।

ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় সংশ্লেষণে যথেষ্ট গুরুত্ব আছে।

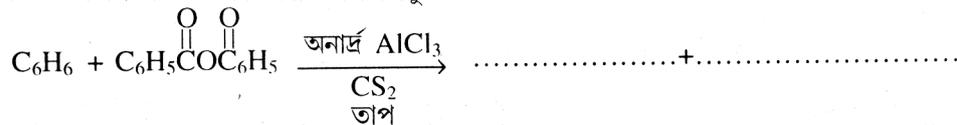
এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কিটোনকে যেহেতু ক্লিমনসেন বিজারণ দ্বারা সহজেই বিজারিত করা যায় তাই এই উভয় বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকিলবেনজিন তৈরি করা সম্ভব হয়।



আগে আমরা জেনেছি যে বেনজিন বলয়ে অ্যালকিল মূলক প্রবেশ করলে বেনজিনকে সক্রিয় করে কিন্তু অ্যাসাইলমূলকের প্রবেশ ঘটলে বেনজিন বলয় নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে। ফলে আর দ্বিতীয় প্রতিস্থাপন ঘটে না।

অনুশীলনী 3 :

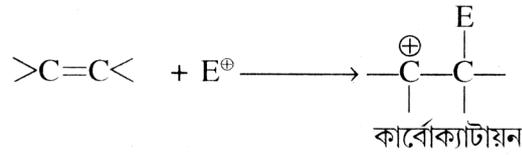
নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন :



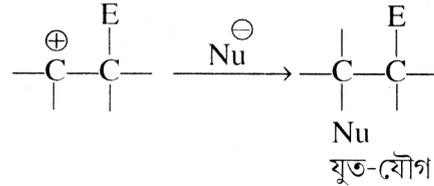
6.5.6 ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল (Mechanism of electrophilic aromatic substitution reaction) :

সমস্ত ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া একই ধরনের ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। তাই এই ক্রিয়া-কৌশলের নীতি অবগত হওয়ার প্রয়োজন আছে। এইরূপে, ইলেকট্রোফাইল E^{\oplus} ব্যবহার করে আমরা সাধারণত ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া আলোচনা করবো।

বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করার পূর্বে অ্যালকিনে ইলেকট্রোফাইলের সংযুক্তি আলোচনা করা যাক। অ্যালকিনে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন ($C = C$) ইলেকট্রোফাইল E^{\oplus} দ্বারা আক্রান্ত অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



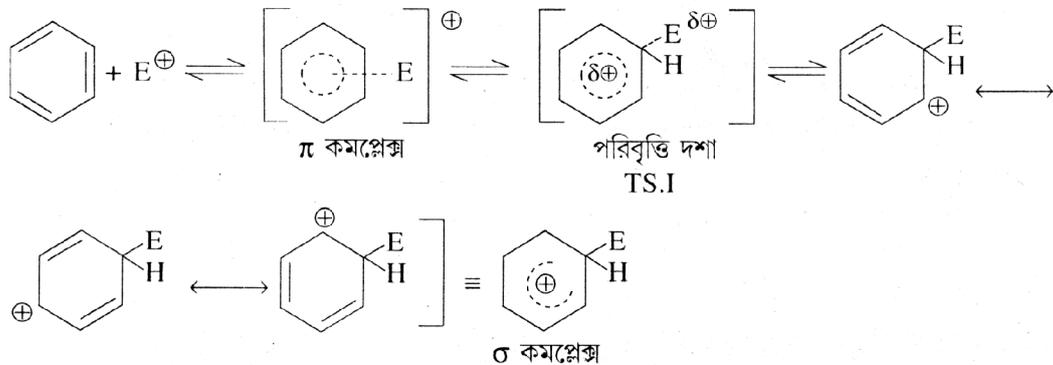
এই কার্বোক্যাটায়নে নিউক্লিওফাইল, Nu^{\ominus} যুক্ত হয়ে যুত যৌগ গঠিত হয়।



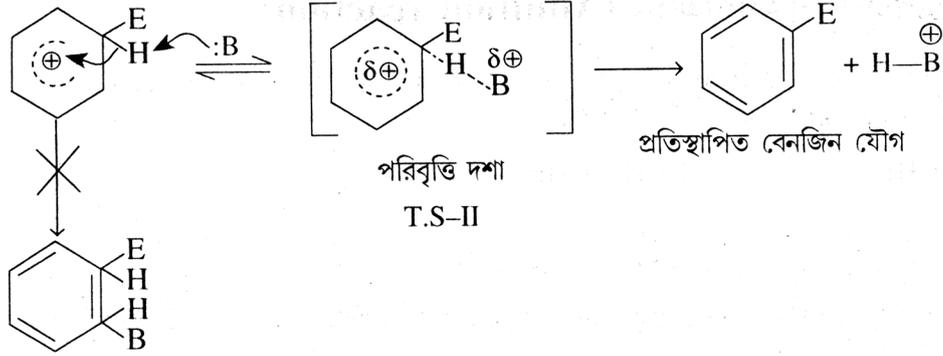
ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া একইভাবে শুরু হয়।

বিক্রিয়ার প্রথম ধাপে অ্যারোমেটিক বলয়ের লম্ব বরাবর ইলেকট্রোফাইল এগিয়ে আসে এবং π -বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বা পোলারাইজেশন (polarisation) ঘটিয়ে প্রথমে π -কমপ্লেক্স গঠন করে। পরবর্তী ধাপে, অ্যারোমেটিক বলয়ের যে কোন একটি কার্বনের সাথে σ -বন্ধন গঠন করার ফলে বলয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়। σ -বন্ধন গঠিত হয়ে উৎপন্ন অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়নে ধনাত্মক আধান অ্যারোমেটিক বলয়ের অবশিষ্ট কার্বন পরমাণুগুলিকে রেজোনেন্স ক্রিয়া দ্বারা পরিব্যাপ্ত (delocalised) হয়। এই কার্বোক্যাটায়নটিকে সিগমা (σ) কমপ্লেক্স বা ভিলান্ড ইন্টারমিডিয়েট (Wheland intermediate) বলে।

বেনজিন ও ইলেকট্রোফাইলের সংযোগ σ -কমপ্লেক্স গঠিত হওয়ার ধাপগুলি নিম্নরূপ :

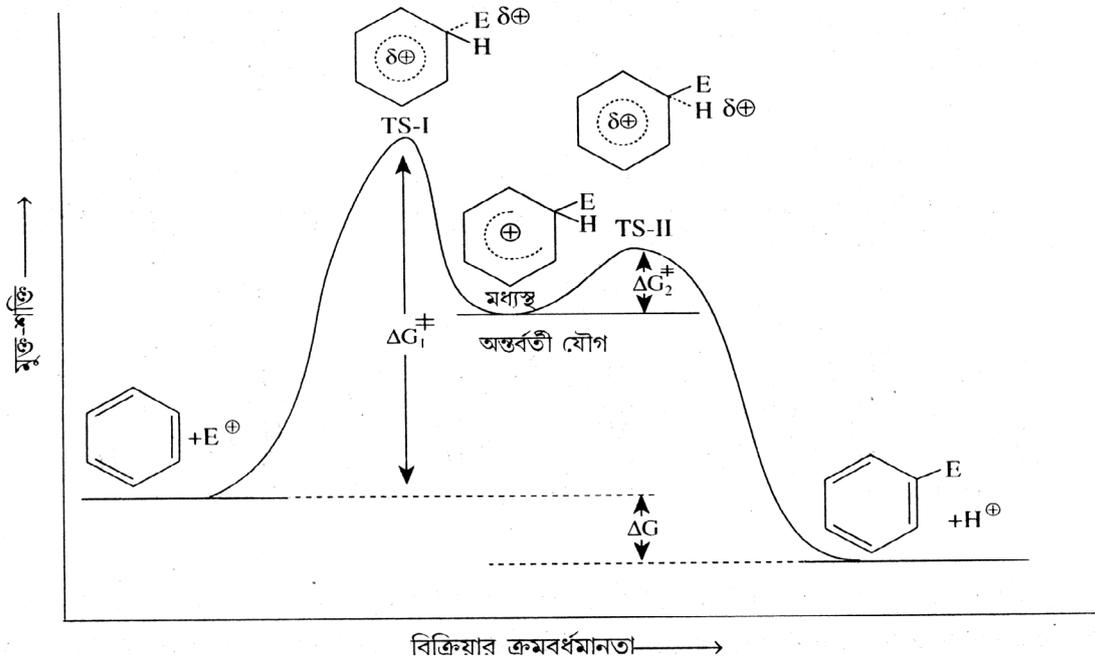


অ্যালকিনের ক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইল কার্বোক্যাটায়নে যুক্ত হ'য়ে যুত-যৌগ গঠন করলেও বেনজিনের ক্ষেত্রে তা হয় না। কারণ এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইলের সংযুক্তি বেনজিনের অ্যারোমেটিক স্থায়িত্ব নষ্ট করে দেয়। পরিবর্তে, নিউক্লিওফাইল ক্ষারক হিসাবে কাজ করে এবং ইলেকট্রোফাইল-যুক্ত কার্বন পরমাণু থেকে একটি প্রোটন, H^+ অপসারিত করে অধিক স্থিতিশীল প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগে পরিণত করে।



যেহেতু প্রোটন অপসারণের ক্ষেত্রে আইসোটোপের কোন প্রভাব (kinetic isotope effect) নেই, তাই এই ধাপটি (TS-II) বিক্রিয়ার হার নির্ধারণ করে না। বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই σ -কমপ্লেক্স মস্তুরগতিতে উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এই ধাপটি (TS-I) বিক্রিয়ার হার নির্ণায়ক ধাপ। এই ধাপে পরিবৃত্তি অবস্থায় (transition state) বিক্রিয়ক (বেনজিন এবং বিকারকের (E^+)) দুই অণু বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বলে বিক্রিয়াটিকে S_E2Ar (bimolecular electrophilic substitution, aromatic) নামে অভিহিত করা হয়।

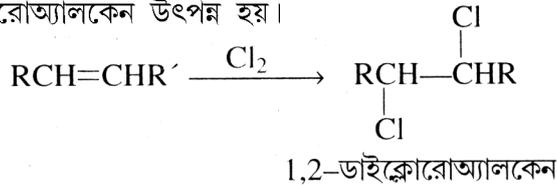
এই বিক্রিয়ায় ক্রমবর্ধমানতার মুক্ত-শক্তি চিত্র নিম্নরূপ :



NMR পর্যবেক্ষণে π -এবং σ -কমপ্লেক্সের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে। বেনজিন বলয়ের সাথে বিভিন্ন ইলেকট্রোফাইলের এবং বিভিন্ন প্রতিস্থাপক-যুক্ত বেনজিন বলয়ের সাথে একই ইলেকট্রোফাইলের বিক্রিয়ার হার পর্যবেক্ষণের দ্বারা বিক্রিয়াটির ক্রিয়া-কৌশল সমর্থিত হয়েছে।

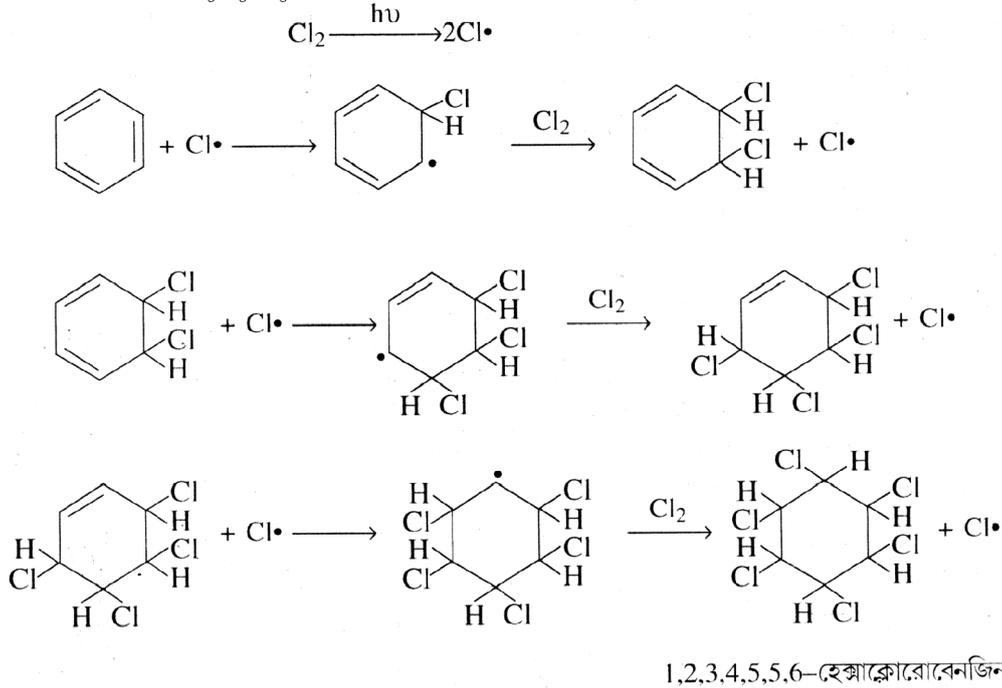
6.6 বেনজিনের যুত-বিক্রিয়া (Addition reaction)

আপনি একক ৪-এ দেখেছেন যে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন অ্যালকিন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় 1,2-ডাইক্লোরোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



পক্ষান্তরে, বেনজিন অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন হওয়া সত্ত্বেও যুত-যৌগ গঠনে যথেষ্ট ক্রিয়াশীল নয়। বিশেষ অবস্থায় বেনজিন কয়েকটি যুত-যৌগ গঠন করে।

যেমন, তীব্র সূর্যালোক ক্লোরিন ও ব্রোমিনের সাথে যুক্ত হ'য়ে বেনজিনহেক্সাক্লোরাইড, $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ এবং বেনজিনহেক্সাব্রোমাইড, $\text{C}_6\text{H}_6\text{Br}_6$ গঠিত হয়। এই বিক্রিয়াগুলি মুক্তমূলক ক্রিয়া-কৌশলের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়।

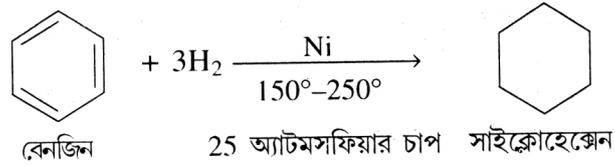


1,2,3,4,5,6-হেক্সাক্লোরোবেনজিন তাত্ত্বিকভাবে আটটি ত্রিমাত্রিক সমাবয়বী গঠনকাঠামোয় থাকতে পারে। কিন্তু বাস্তবে সাতটির সম্ভাবন পাওয়া গেছে এবং এদের মধ্যে একটি গ্যামা-সমাবয়বী (গ্রামাক্সিন) নামে

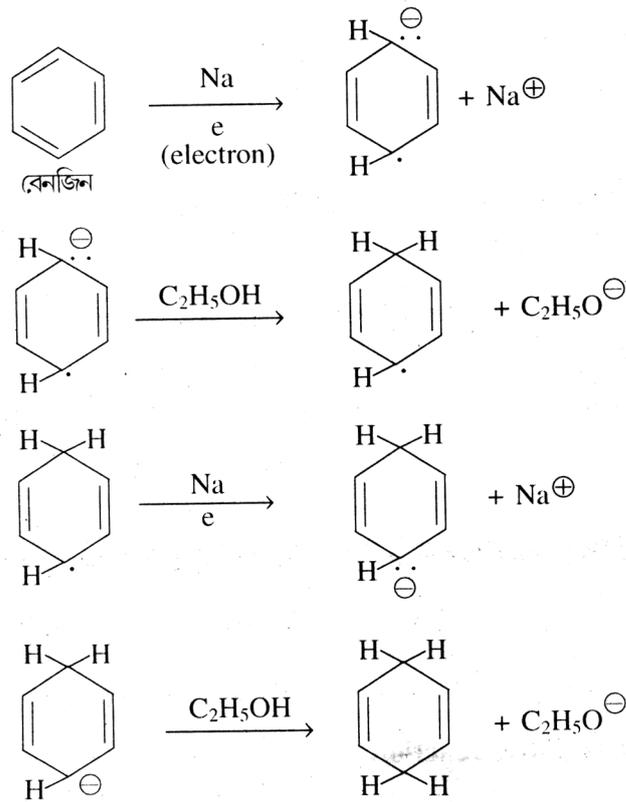
পরিচিত। ইহা কীটনাশকে ব্যবহৃত হয়। ইহা খুবই স্থায়ী এবং ডি.ডি.টি অপেক্ষা বেশি সক্রিয়। সবকটি সমাবয়বী গঠনই চেয়ার কনফরমেশনে থাকে।

6.7 বিজারণ (Reduction)

উচ্চ তাপ ও চাপে নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিন হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন করে।



বেনজিনকে ধাতু/অ্যাসিড ও সোডিয়াম/ইথানল দ্বারা বিজারিত করা যায় না। কিন্তু ইথানলের উপস্থিতিতে তরল অ্যামোনিয়া এবং ধাতব সোডিয়াম দ্বারা বেনজিন বিজারিত হয়ে 1,4-ডাই-হাইড্রোবেনজিনে (সাইক্লোহেক্সা-1,4-ডাই-ইন) রূপান্তরিত হয়। এই বিজারণ বার্চ-বিজারণ (Birch reduction) নামে পরিচিত।



সাইক্লোহেক্সা-1,4-ডাই-ইন

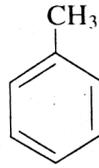
বেনজিন, লিথিয়াম ও অনার্দ্র ইথাইলঅ্যামিন দ্বারা বিজারিত হয়ে সাইক্লোহেক্সিন ও সাইক্লোহেক্সেনে পরিণত হয়।

6.8 বেনজিনের সমগণ বা অ্যারিনসমূহ (Homologues of benzene or Arenes)

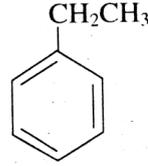
বেনজিনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে যে সমস্ত যৌগ গঠিত হয় তাদের বেনজিনের সমগণ বা অ্যারিন বলে।

যেমন,

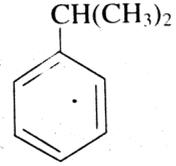
বেনজিনের আণবিক সংকেত এবং টলুইনের আণবিক সংকেত এর মধ্যে পার্থক্য CH_2 । তেমনি টলুইন ও ইথাইলবেনজিন বা টলুইন ও জাইলিন সমগণীয়।



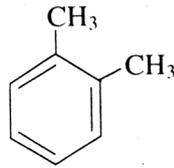
মিথাইলবেনজিন
(টলুইন)



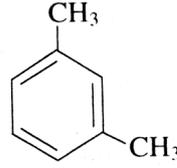
ইথাইলবেনজিন



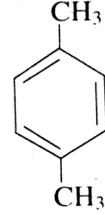
(1-মিথাইলইথাইল)বেনজিন
বা আইসোপ্রোপাইল বেনজিন
(কিউমিন)



1,2-ডাইমিথাইলবেনজিন
(অর্থো-জাইলিন)



1,3-ডাইমিথাইলবেনজিন
(মেটা-জাইলিন)



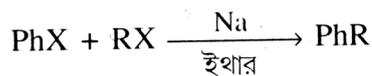
1,4-ডাইমিথাইলবেনজিন
(প্যারা-জাইলিন)

অ্যারিনগুলি অ্যারোমেটিক ও অ্যালিফেটিকের মিশ্র হাইড্রোকার্বন। বেনজিন বলয়ের জন্য এগুলি অ্যারোমেটিক ধর্মসম্পন্ন হয়। এবং বলয়ে ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন ঘটায়। আবার পার্শ্ব-শৃঙ্খলে (side chain) অ্যালকিল মূলক থাকার ফলে অ্যালিফেটিক ধর্মও দেখায়। এছাড়া, অ্যারোমেটিক বলয় ও অ্যালকিল মূলক একে অপরের বিক্রিয়া কিছুটা প্রভাবিত করে।

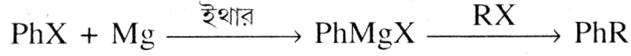
6.9 বেনজিনের সমগণের সংশ্লেষণ নিচের সারণীতে সংক্ষিপ্তাকারে দেখানো হলো

সারণী ৬.২ : বেনজিনের সমগণের সংশ্লেষণ (Synthesis of benzene homologues) :

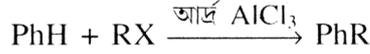
উর্জ-ফিটিং বিক্রিয়া (Wurtz-Fittig reaction) :



গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া (Grignard reaction) :

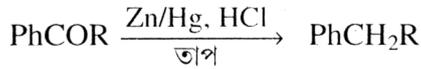
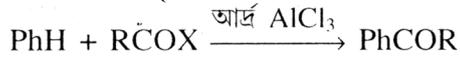


ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া (Fridel-Crafts alkylation reaction) :



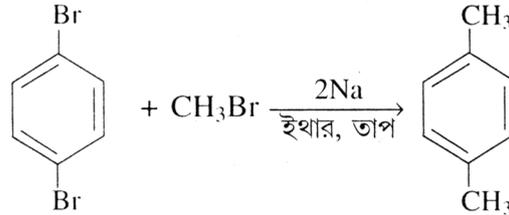
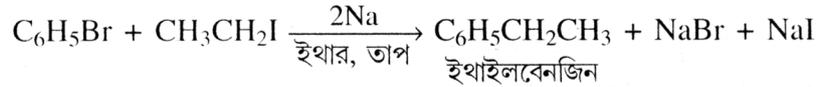
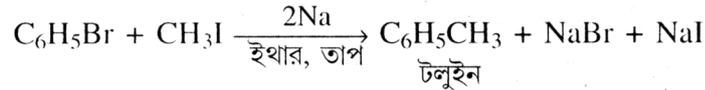
যৌথ বিক্রিয়ার সাহায্যে :

ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া (Fridel-Crafts alkylation reaction) এবং ক্লিমেনসেন বিজারণ বিক্রিয়া (Clemmensen reduction) :



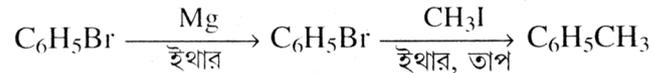
উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া (Wurtz-Fittig reaction) :

অ্যারাইল হ্যালাইড এবং অ্যালকিল হ্যালাইডের ইথার দ্রবণ ধাতব সোডিয়ামের সাথে উত্তপ্ত করলে অ্যারিন বা বেনজিনের সমগণ উৎপন্ন হয়।



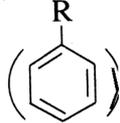
গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া (Grignard reaction) : (প্যারা-জাইলিন)

ফিনাইলম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইডের সাথে অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় বেনজিনের সমগণ উৎপন্ন হয়।

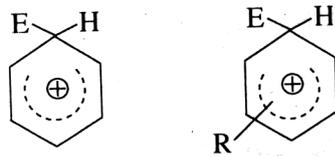


ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন এবং অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া ইলেকট্রোফিলীয় অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মধ্যে আলোচিত হয়েছে।

6.10 বিক্রিয়ার উপর প্রতিস্থাপকের প্রভাব (Effect of substituents on reactivity)

বেনজিন ও অ্যালকিলবেনজিনের  সাথে ইলেকট্রোফাইলের (E^{\oplus}) বিক্রিয়ার হার তুলনা

করলে দেখা যায় যে, অ্যালকিলবেনজিনে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অতি সহজেই ঘটে, অর্থাৎ অ্যালকিল মূলকের উপস্থিতি বেনজিন বলয়কে ইলেকট্রোফাইলের প্রতি সক্রিয় করে তোলে। অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়ন স্থায়িত্বের উপর ভিত্তি করে পরীক্ষালব্ধ ফল ব্যাখ্যা করা যায়।



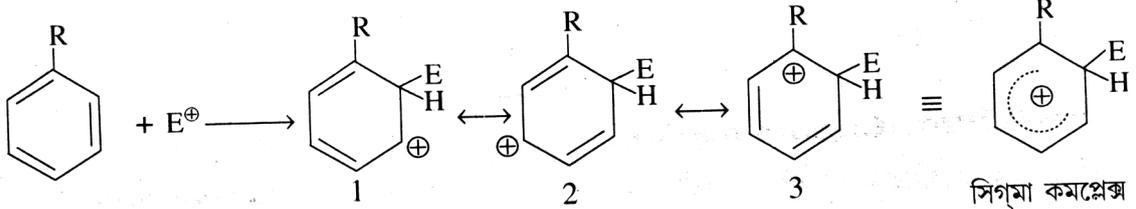
অ্যালকিলমূলক হাইপারকনজুগেশন (hyperconjugation) গঠিত রেজোনেন্স প্রক্রিয়ায় কার্বোক্যাটায়নকে অধিক স্থিতিশীল করে তোলে। ফলে বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।

অ্যালকিল মূলকের ইলেকট্রন-বিকর্ষী আবেশজনিত ফল অর্থাৎ +I প্রভাব ও বেনজিন বলয়ে ইলেকট্রন-ঘনত্ব বাড়িয়ে তুলতে সাহায্য করে।

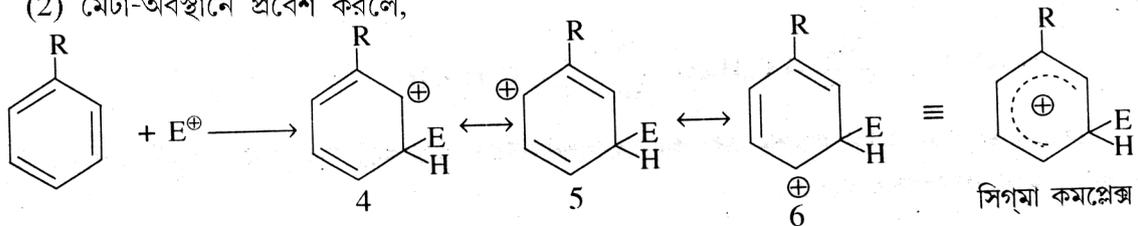
অ্যালকিলবেনজিনের সাথে E^{\oplus} এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সম্ভাব্য তিনটি সমাবয়বী দ্বি-প্রতিস্থাপক যৌগের অন্তর্বর্তী কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্ব নিয়ে আলোচনা করা যাক।

ইলেকট্রোফিলী বিকারক E^{\oplus} ,

(1) অর্থো-অবস্থানে প্রবেশ করলে,

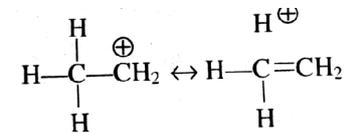


(2) মেটা-অবস্থানে প্রবেশ করলে,



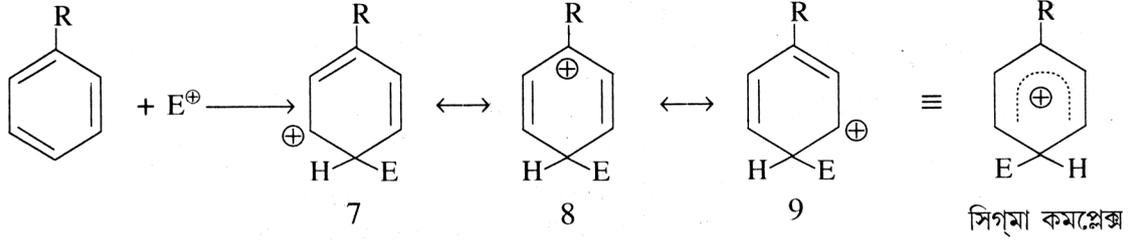
হাইপারকনজুগেশন (hyperconjugation) : কার্বন-কার্বন দ্বি বা ত্রি-বন্ধনের সাথে পার্শ্ববর্তী কার্বনের C-H বন্ধনের একপ্রকার বিশেষ রেজোনেন্স প্রক্রিয়া।

কার্বোক্যাটায়নের ক্ষেত্রেও হাইপারকনজুগেশন ঘটে।



ফলে, কার্বোক্যাটায়ন স্থিতিশীল হয়।

(3) প্যারা-অবস্থানে প্রবেশ করলে,



R মূলকের হাইপারকনজুগেশন ও +1 প্রভাবের ফলে গঠনচিত্র 3 এবং 8-এর ধনাত্মক আধান প্রশমিত হয়। অর্থাৎ এ দুটি টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন অধিক স্থিতিশীল হয়। মেটা অবস্থানে(E^{\oplus}) প্রবেশ করলে এইরূপ স্থিতিশীল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় না। তাই বেনজিন বলয়ে যুক্ত অ্যালকিন মূলক অর্থো-ও প্যারা-নির্দেশক। অর্থাৎ বেনজিন বলয়ে অ্যালকিল মূলকের উপস্থিতি বলয়ের অর্থো-ও প্যারা-অবস্থানে ইলেকটন-ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে, অ্যালকিলবেনজিনে পরবর্তী ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন যেমন, নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন, সালফোনেশন ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া ইত্যাদি বেনজিন অপেক্ষা অতি সহজেই ঘটে এবং অর্থো-ও প্যারা-অবস্থানে প্রবেশ করে।

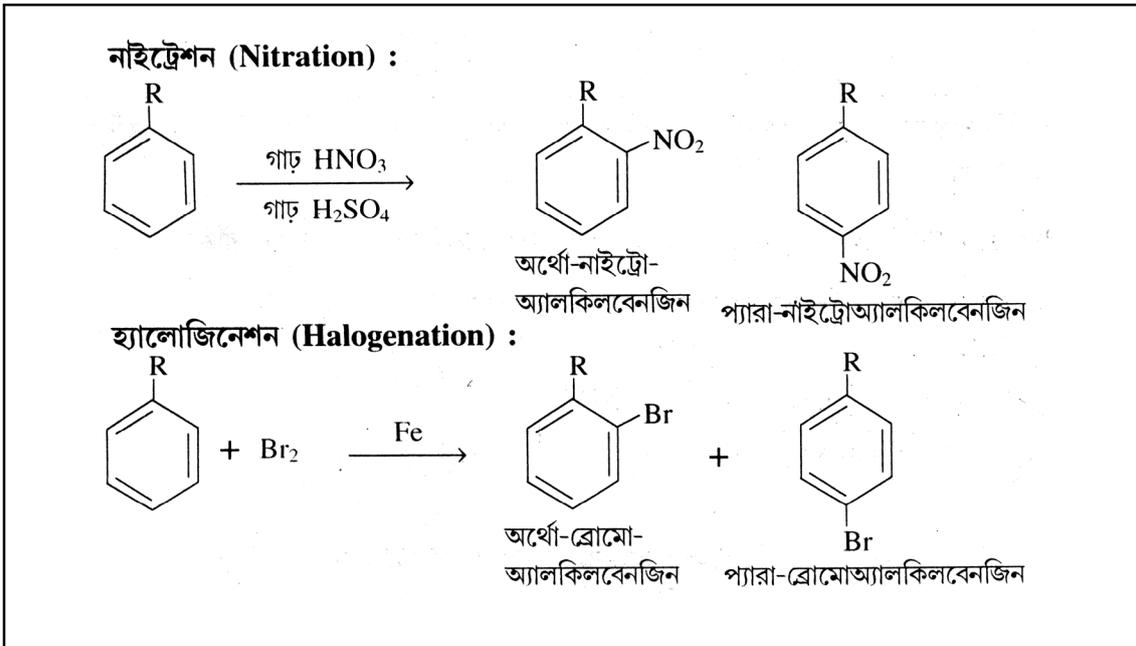
আবিষ্ট প্রভাবের (Inductive effect) উপর ভিত্তি করে অ্যালকিল মূলকগুলির বেনজিন বলয়কে সক্রিয় করার ক্রম :

মিথাইল < ইথাইল < প্রোপাইল < আইসোপ্রোপাইল < টারসিয়ারি বিউটাইল

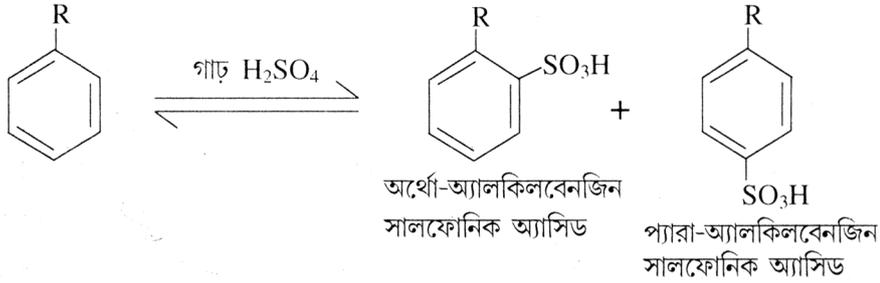
অ্যালকিলবেনজিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সারণী 6.3 -এ সংক্ষিপ্তাকারে দেখানো হল :

H_3O^{\oplus}

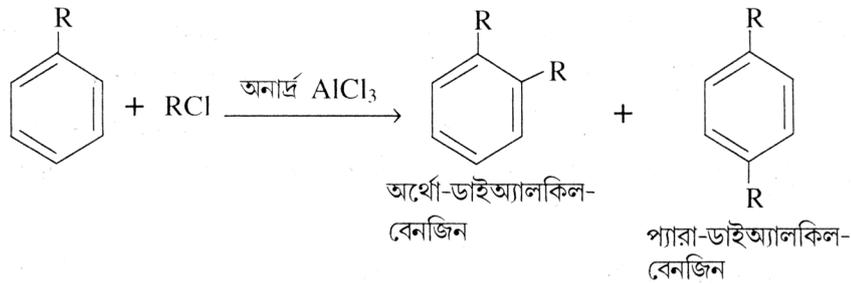
সারণী 6.3-অ্যালকিলবেনজিন বলয়ে ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া



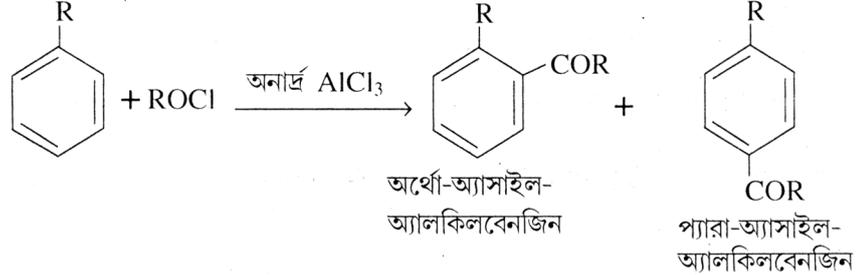
সালফোনেশন (Sulphonation) :



ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া (Friedel-Crafts alkylation reaction) :

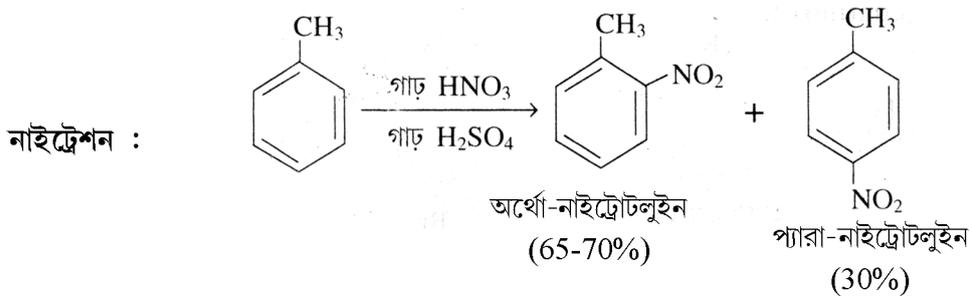


ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস আসাইলেশন বিক্রিয়া (Friedel-Crafts acylation reaction) :



উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলির ক্রিয়া-কৌশল পূর্বে বর্ণিত বেনজিনের ইলেকট্রোফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশলের অনুরূপ

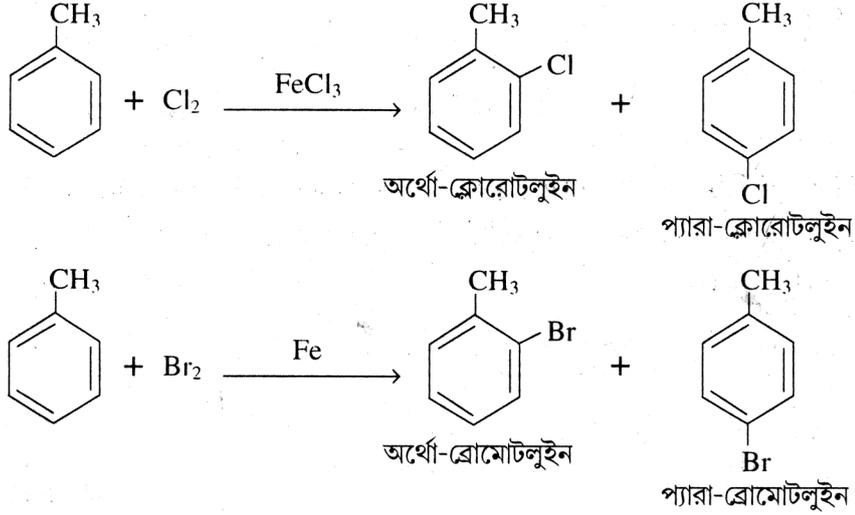
R = CH₃ হলে আমরা টলুইন, পাবো এবং টলুইনের উল্লেখযোগ্য প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন, সালফোনেশন অতি সংক্ষিপ্তাকারে আলোচনা করবো।



নিম্নচাপে আংশিক পাতনের সাহায্যে সমাবয়ব দুটিকে পৃথক করা যায়।

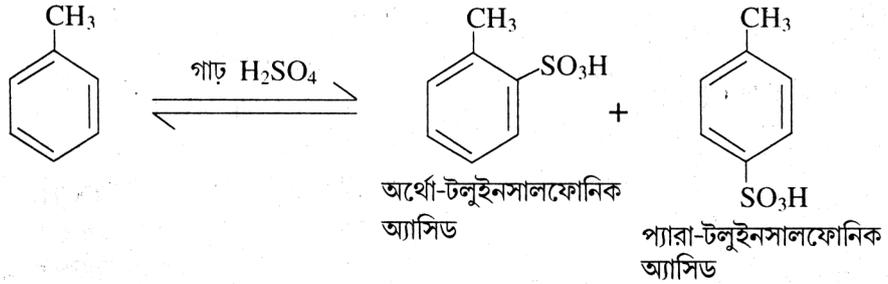
যৌগ দুটির রসায়ন আপনি অ্যারোমেটিক নাইট্রোযৌগের এককে বিশদভাবে জানতে পারবেন।

হ্যালোজিনেশন : শীতল অবস্থায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে টলুইন ও হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় অর্থো-ও প্যারা-সমাবয়বের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে সমাবয়বগুলিকে পৃথক করা যায়।

সালফোনেশন : টলুইনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে অর্থো-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিড এবং প্যারা-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী।



নিম্নচাপে (100°-এর কম তাপমাত্রায়) অর্থো-সমাবয়ব এবং উচ্চতাপে (100°-এর অধিক তাপমাত্রায়) প্যারা-সমাবয়বের পরিমাণ বেশি থাকে।

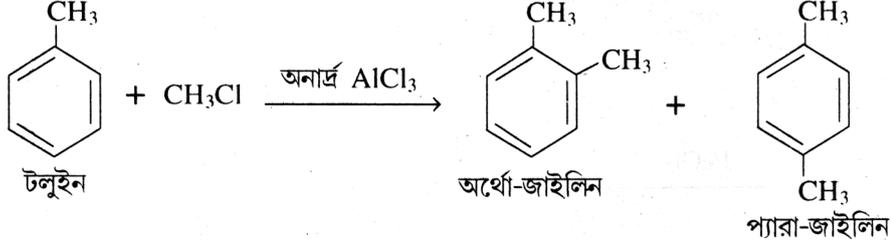
অনুশীলনী 4

কীভাবে সংশ্লেষণ করবেন :

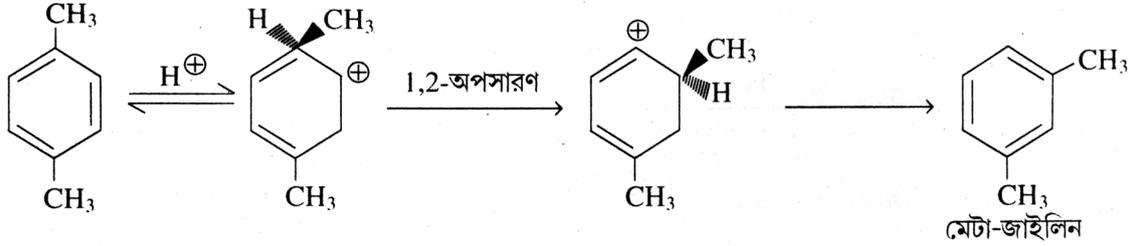
- বেনজিন থেকে প্যারা-ডাই-ইথাইলবেনজিন (এর একটা ধাপ উর্জ-ফিটিং বিক্রিয়া)
- টলুইন থেকে প্যারা-নাইট্রোবেনজোয়িক অ্যাসিড

ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়া :

0° তাপমাত্রায় অনার্দ্র AlCl_3 -এর উপস্থিতিতে টলুইন ও মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অর্থো-এবং প্যারা-জাইলিন উৎপন্ন হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় প্রধানত মেটা-জাইলিন গঠিত হয়।



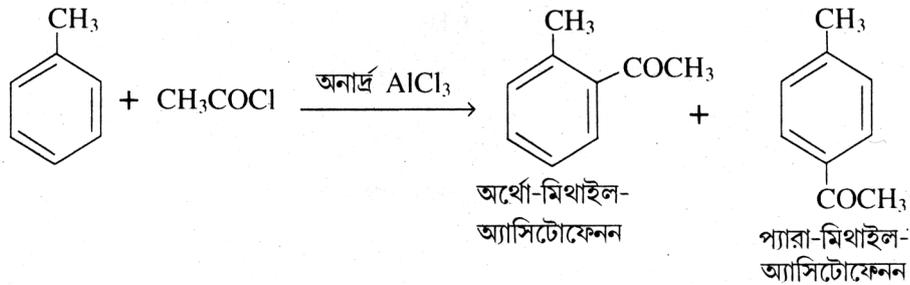
লিউইস অ্যাসিড অনুঘটকের এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন HCl -এর উপস্থিতিতে প্যারা-জাইলিনের একটি মিথাইল মূলক পুনর্বিन্যাসিত হয়ে অধিক স্থিতিশীল মেটা-জাইলিন গঠিত হয়। একে সমাবয়বী রূপান্তর বলে।



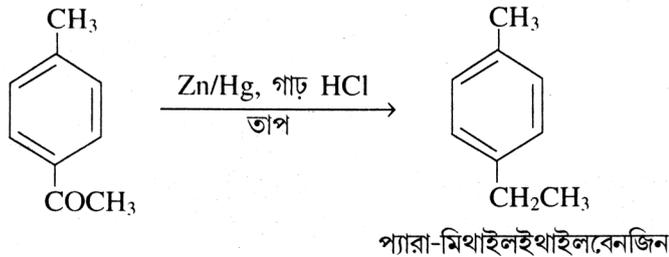
জাইলল (Xylo) : তিনটি সমাবয়বী জাইলিনের মিশ্রণ।

দারক হিসাবে, শুষ্ক ধৌতকরণে এবং ভিটামিন B_2 প্রস্তুতিতে জাইলল ব্যবহৃত হয়।

ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া :



সমাবয়ব দুটিকে রাসায়নিক পদ্ধতিতে পৃথক করে ক্লিমনেসেন বিজারণ করলে সংশ্লিষ্ট অ্যালকিবেনজিন উৎপন্ন হয়।



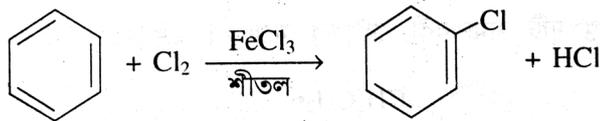
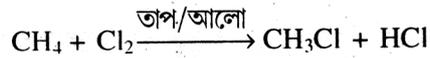
6.11 পার্শ্বশৃঙ্খলের বিক্রিয়া (Reactions of Side Chain)

6.11.1 পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন (Substitution in the side chain)

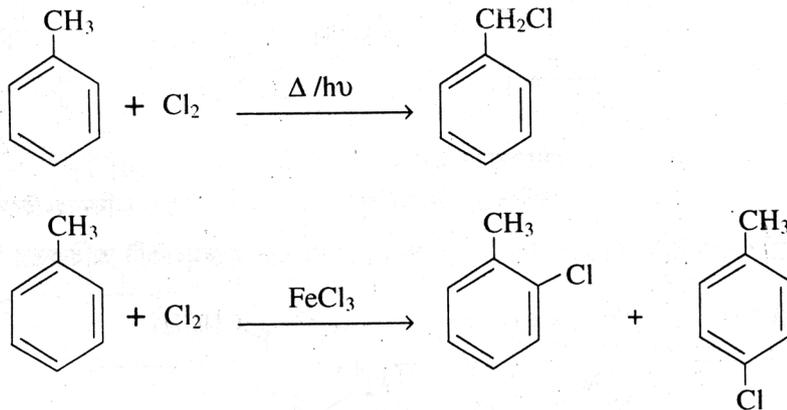
বিক্রিয়ার শর্তানুসারে হ্যালোজেন অ্যালকিনবেনজিনের বলয়ে এবং পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন ঘটায়।



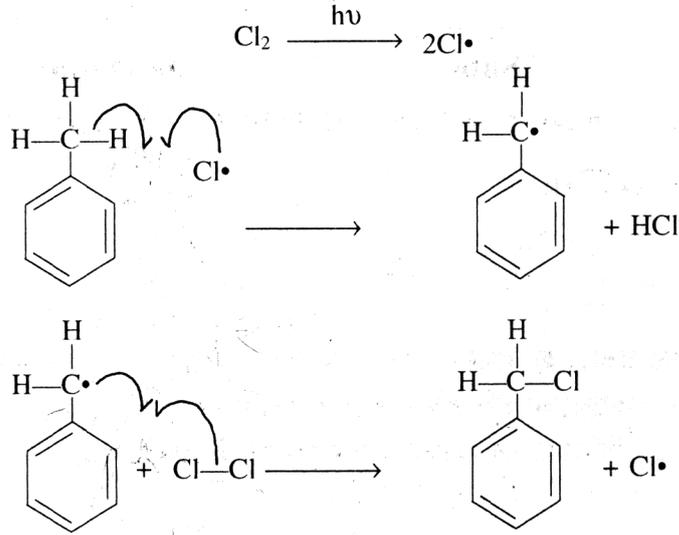
আলো অথবা তাপের প্রভাবে হ্যালোজেন অণুর সুষম বিভাজনে যে হ্যালোজেন মুক্তমূলক উৎপন্ন হয় তা সরাসরি পার্শ্বশৃঙ্খলের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে হ্যালোজিনেশন ঘটায়। অপরপক্ষে হ্যালোজেন ও সংশ্লিষ্ট ফেরিক হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় যে ধনাত্মক আধানযুক্ত হ্যালোজেন উৎপন্ন হয় তা' বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন ঘটায়।



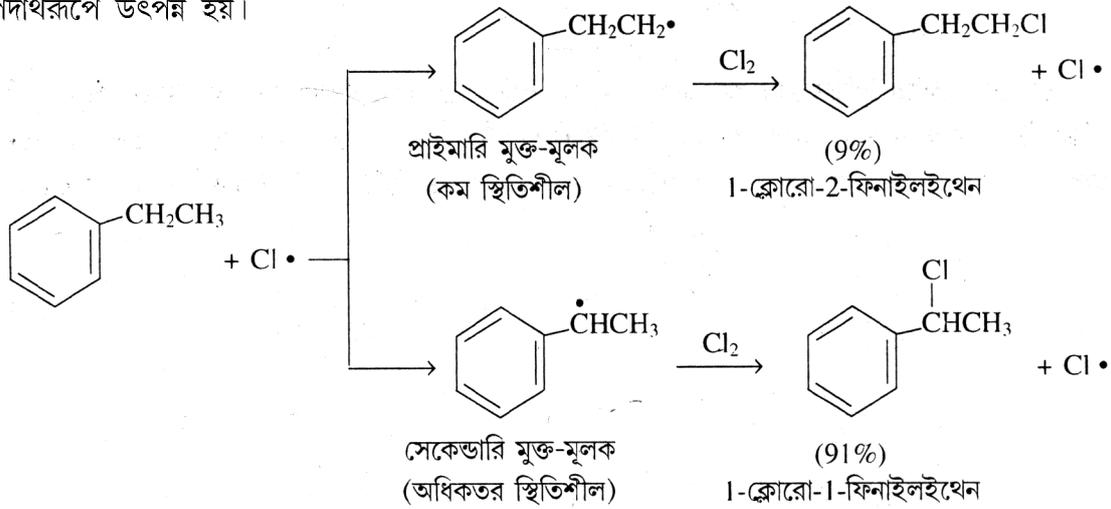
টলুইনের ক্ষেত্রে বিক্রয়ের ধর্ম এবং বিক্রিয়ার শর্তের উপর প্রতিস্থাপনের ক্ষেত্র নির্ভর করে। যদি বিক্রিয়াটি ফুটন্ত টলুইন অথবা আলোর উপস্থিতিতে ঘটানো হয় তবে পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপন ঘটে। আবার আলোর অনুপস্থিতিতে কিন্তু ফেরিক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইনের বলয়ে প্রতিস্থাপন ঘটে।



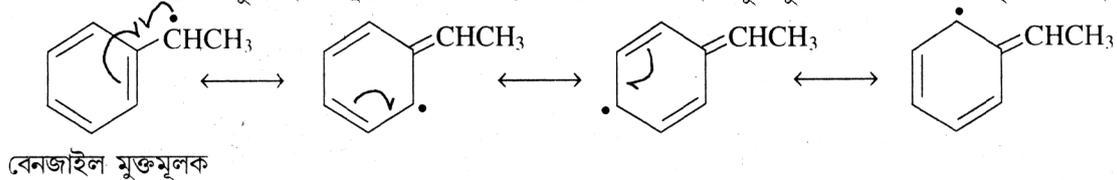
আলোর উপস্থিতিতে মিথাইলবেনজিনে ক্লোরিনেশন মুক্তমূলক ত্রিফা-কৌশলের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।



অ্যালকিলবেনজিনের পার্শ্বশৃঙ্খলে মিথাইল মূলক অপেক্ষা বড় আকারের অ্যালকিল মূলক থাকলে আশা করা যায় পার্শ্বশৃঙ্খলের যে কোন কঠিন পরমাণুতে মুক্তমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটতে পারে। যেমন, ইথাইলবেনজিনের ক্লোরিনেশনে প্রাপ্ত দুটি সমাবয়বী যৌগের মধ্যে 1-ক্লোরো-1-ফিনাইলইথেন মুখ পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।



বেনজিন বলয়ে অযুগ্ম ইলেকট্রনের পরিব্যাপ্তির ফলে বেনজাইল মুক্তমূলকটি অধিকতর স্থিতিশীল হয়।

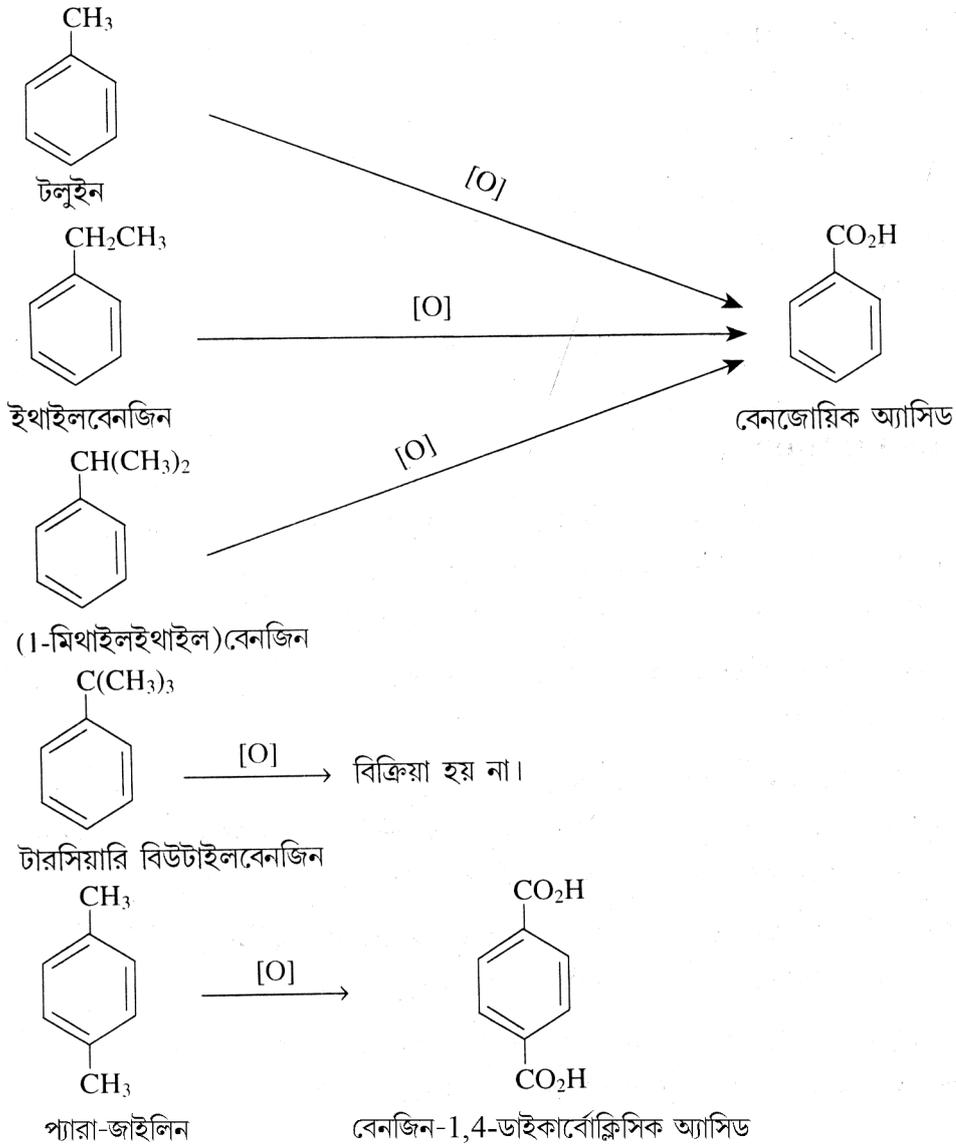


যেহেতু অধিকতর স্থিতিশীল মুক্তমূলক গঠনের মধ্য দিয়ে সম্পন্ন বিক্রিয়ার হার বেশি হয়, তাই এক্ষেত্রে 1-ক্লোরো-1-ফিনাইলইথেন মুখ্য পদার্থ হিসাবে উৎপন্ন হবে।

6.11.2 পার্শ্বশৃঙ্খলের জারণ (Oxidation of side chain) :

যদিও সাধারণ জারক দ্রব্য, KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ইত্যাদি দ্বারা বেনজিন বলয় এবং অ্যালকেনসমূহ নিস্ক্রিয় থাকে তবুও অ্যালকিলবেনজিনের অ্যালিফেটিক পার্শ্বশৃঙ্খল সহজেই জারিত হয়ে কার্বক্সিল মূলকে ($-\text{CO}_2\text{H}$) পরিণত হয়। টারসিয়ারি অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত অ্যারোমেটিক যৌগ এই বিক্রিয়া দেয় না।

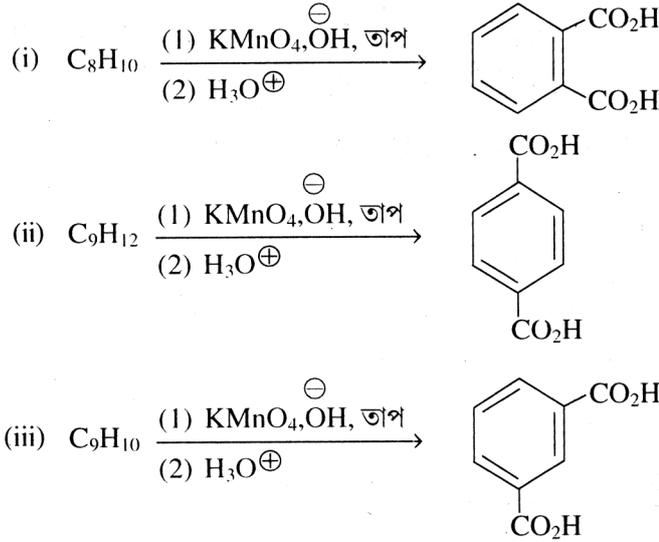
নিচের বিক্রিয়ায় জারকদ্রব্য $[\text{O}]$ বলতে (1) KMnO_4 , OH^- তাপ/ (2) H_3O^+ বুঝতে হবে।



জারণ বিক্রিয়ার সাহায্যে (1) কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ এবং (2) বেনজিন বলয়ে অ্যালকিল মূলকের অবস্থান নির্ধারণ করা যায়।

অনুশীলনী-5

নিচের বিক্রিয়াগুলি দেখে আণবিক সংকেত সম্পন্ন যৌগটির গঠনসংগেত লিখুন :



6.12 সারাংশ (Summary)

- অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বেনজিন এবং বেনজিনের সমগণের প্রধান উৎস হল আলকাতরা। অধুনা পেট্রোলিয়াম থেকে প্রাপ্ত অ্যারোমেটিক নয় এমন সব যৌগ থেকে হাইড্রোফরমিং অথবা প্রভাবক সংস্কার পদ্ধতির সাহায্যে বেনজিন এবং বেনজিনের সমগণ তৈরি করা হয়।
- বেনজিন একটি অতিরিক্ত স্থিতিশীল যৌগ। বেনজিনের স্থিতিশীলতার এই ধর্মই অ্যারোমেটিক ধর্ম বা অ্যারোমেটিসিটি নামে স্বীকৃত।
- সাধারণভাবে অ্যালকিনের মত বেনজিন ইলেকট্রোফিলীয় যুত-যৌগ গঠন করে না। অপরপক্ষে, বেনজিন ইলেকট্রোফাইলের দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া যেমন নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন, সালফোনেশন, ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন ও অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া ঘটায়।
- বিক্রিয়ার বিশেষ শর্তে বেনজিন যুত-বিক্রিয়া দেয়। যেমন তীব্র সুর্যালোকে ক্লোরিন ও ব্রোমিনের সাথে বিক্রিয়ায় ইহা বেনজিনহেক্সাক্লোরাইড ও বেনজিনহেক্সাব্রোমাইড উৎপন্ন করে।
- বেনজিন বলয়ে যুক্ত মূলক বেনজিন বলয়ের ত্রিাশীলতার উপর প্রভাব ফেলে। যেমন, বলয়ে যুক্ত মিথাইল মূলক ইলেকট্রোফাইলের প্রতি অর্থো-ও প্যারা অবস্থান নির্দেশ করে।

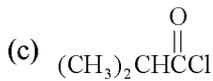
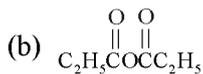
- বেনজিন সমগণের সংশ্লেষণ উর্জ-ফিটিং বিক্রিয়া, গ্রিগনার্ড বিকারক, ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন এবং যৌথভাবে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন এবং ক্লিনমেনসেন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে করা হয়।
- বিক্রিয়ার পরিবেশ অনুযায়ী হ্যালোজেন অ্যালকিলবেনজিনের বলয়ে বা পার্শ্বশৃঙ্খলে বিক্রিয়া ঘটায়। আলোর উপস্থিতিতে পার্শ্বশৃঙ্খলে এবং অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বলয়ে যুক্ত হয়।

6.13 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

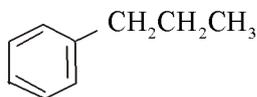
- (1) হুকেল (Hückel) সংখ্যা অনুযায়ী [14] অ্যানুলিন কি অ্যারোমেটিক যৌগ? ব্যাখ্যা করুন।
- (2) নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি লিখুন :



- (3) n-প্রোপাইলবেনজিন তৈরি করতে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন বিক্রিয়ার সাহায্য না নিয়ে অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয় কেন? ব্যাখ্যা করুন।
- (4) সংক্ষিপ্ত উত্তর লিখুন :
 - (a) যুত-বিক্রিয়া ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিনের ক্ষেত্রে কোনটির প্রাধান্য দেখা যায়? কেন?
 - (b) বেনজিন সাধারণত নিউক্লিওফিলীয় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না কেন?
- (5) অনার্দ্র AlCl₃-এর উপস্থিতিতে বেনজিনের সাথে নিচের যৌগগুলির বিক্রিয়ায় যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তার গঠনসংকেত লিখুন।



- (6) আলোর উপস্থিতিতে বেনজিন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মুখ্য পদার্থটি কী? সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করুন।



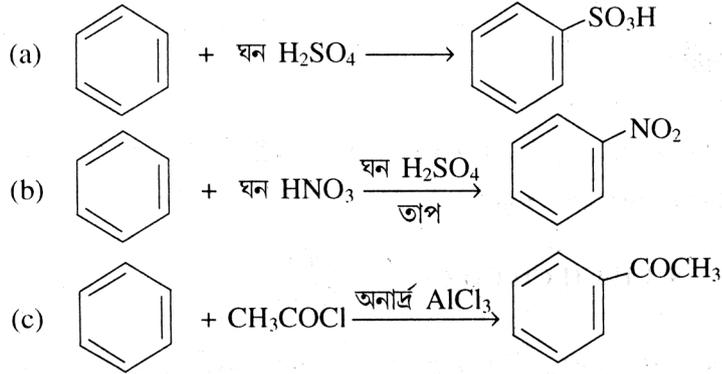
- (7) নিচের যৌগগুলিকে জলীয় KMnO₄ দ্রবণসহ উত্তপ্ত করা হলে কী হবে? সমীকরণসহ লিখুন :
 - (a) n-বিউটাইলবেনজিন
 - (b) 1,1-ডাইমিথাইলইথাইলবেনজিন
 - (c) 1,3,5-ট্রাইমিথাইলবেনজিন

(8) কীভাবে রূপান্তরিত করবেন? সমীকরণসহ লিখুন :

(a) বেনজিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড

(b) বেনজিন থেকে ব্রোমобенজিন

(9) নিচের বিক্রিয়াগুলির ক্রিয়া-কৌশল আলোচনা করুন :



6.14 উত্তরমালা

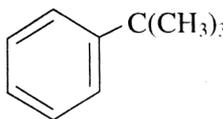
অনুশীলনী-1

- (i) π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 8; হকের নীতি মেনে চলে না। অধিকন্তু, ইক্লিপ্সড হাইড্রোজেনগুলির মধ্যে ব্যবর্তন পীড়নহেতু যৌগটি সমতলীয় নয়। অতএব, যৌগটি নন-অ্যারোমেটিক।
- (ii) π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 6; হকের নীতি মেনে চলে। যৌগটি সমতলীয়। π -ইলেকট্রনগুলি সম্পূর্ণ অনুবদ্ধ অবস্থায় থাকতে পারে। অতএব, অ্যারোমেটিক।
- (iii) π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 2; হকের নীতি মেনে চলে। যৌগটি সমতলীয়। অতএব, অ্যারোমেটিক।
- (iv) π -ইলেকট্রন সংখ্যা = 8; হকের নীতি মেনে চলে না। সমতলীয়। অতএব, অ্যারোমেটিক-বিমুখ।

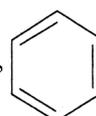
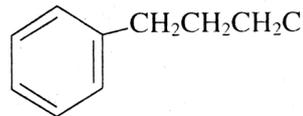
অনুশীলনী-2

(i) বিক্রিয়া হয় না।

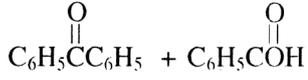
(ii) বিক্রিয়া হয় না।

(iii) 

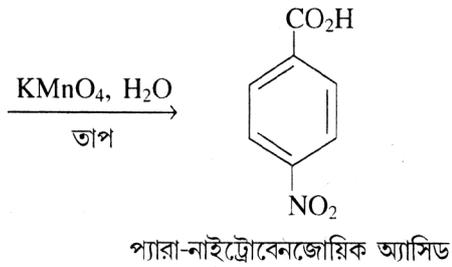
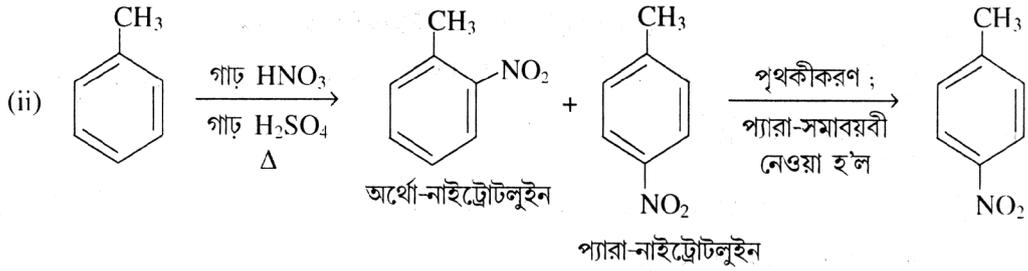
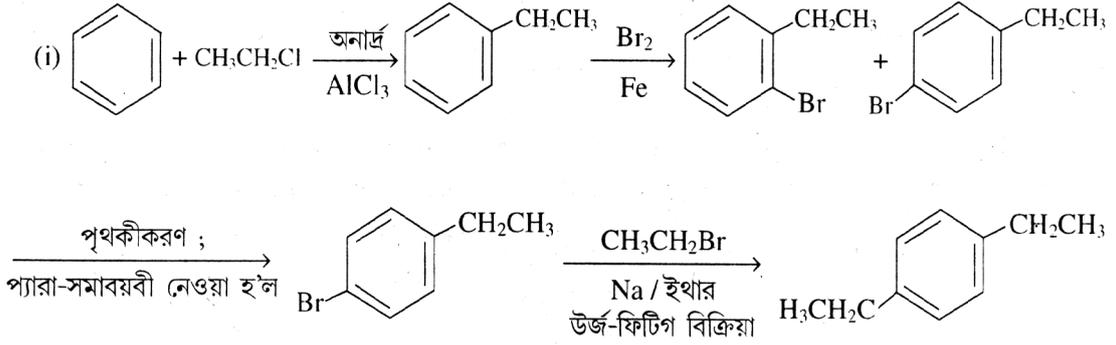
(iv) বিক্রিয়া হয় না।

(v) Cl অপেক্ষা F বেশি সক্রিয় তাই,  + FCH₂CH₂CH₂Cl $\xrightarrow{\text{BF}_3}$ 

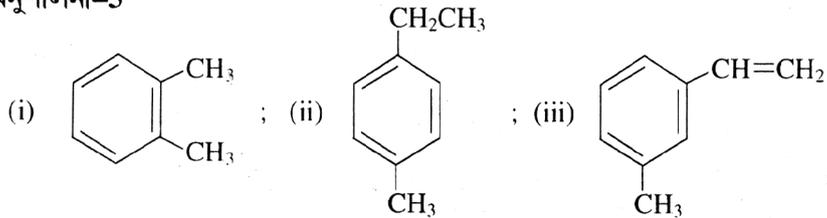
অনুশীলনী-3



অনুশীলনী-4

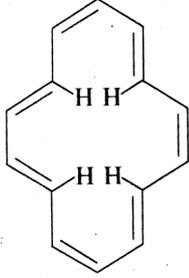


অনুশীলনী-5



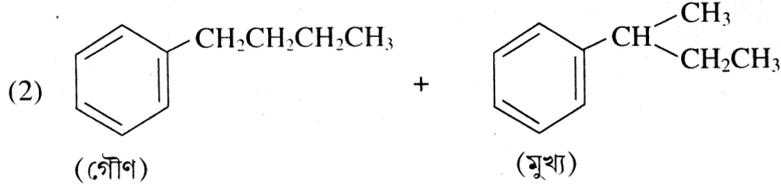
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1) না; (14) অ্যানুলিনের গঠন সংকেত নিম্নরূপ :

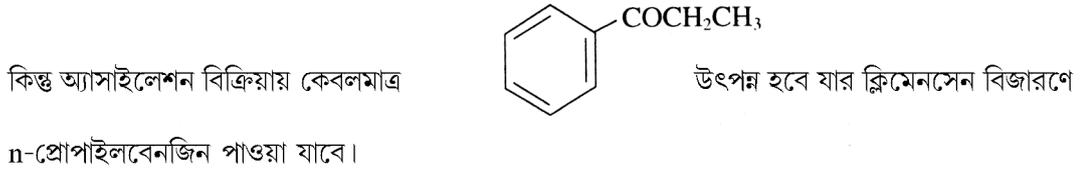


হকের নীতি অনুযায়ী অ্যানুলিনটিতে $(4 \times 3 + 2)\pi = 14\pi$ ইলেকট্রন আছে। এটিই হকের সংখ্যা। এক্স-রে বিশ্লেষণে দেখা যায় যে অন্তর্দেশীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির বিকর্ষণহেতু যৌগটি অসমতলীয়।

(2)

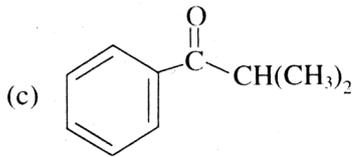
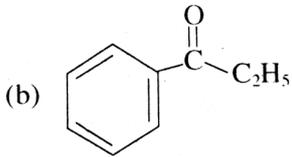
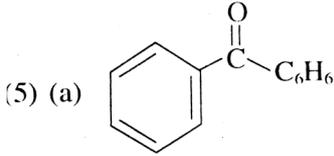


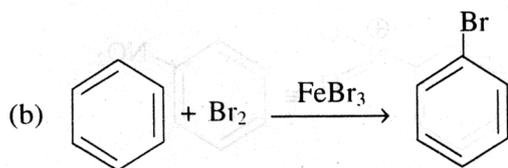
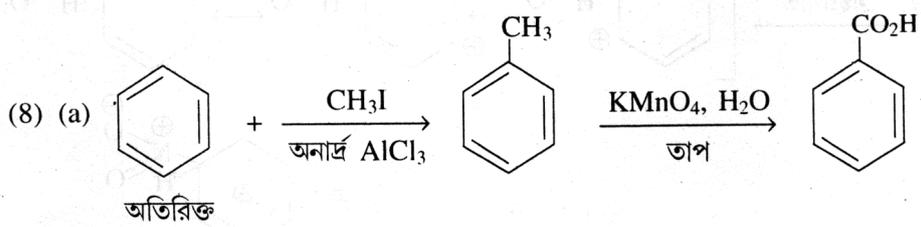
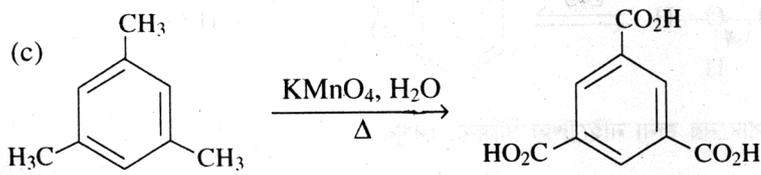
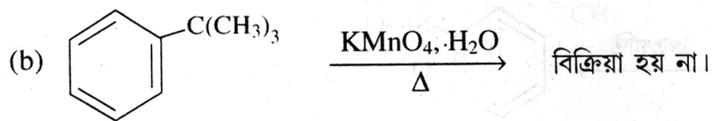
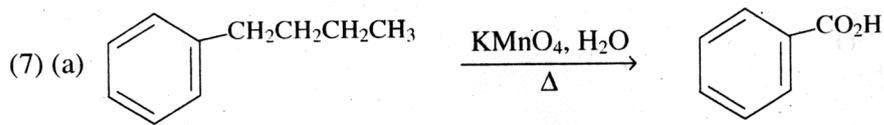
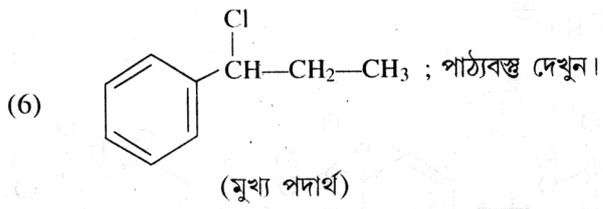
(3) অ্যালকিলেশনে n-প্রোপাইল বেনজিনের সাথে (1-মিথাইলইথাইল) বেনজিন মুখ্য পদার্থরূপে উৎপন্ন হবে।

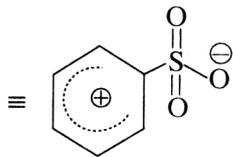
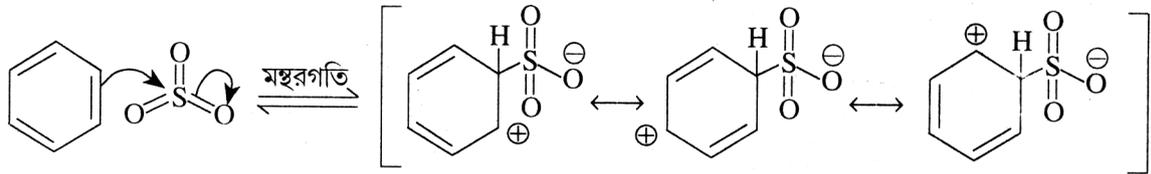
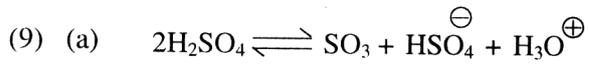


(4) (a) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : অ্যারোমেটিক স্থায়িত্ব লাভের জন্য

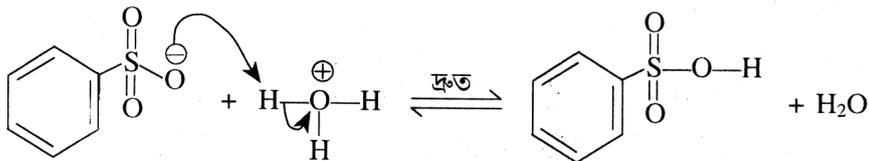
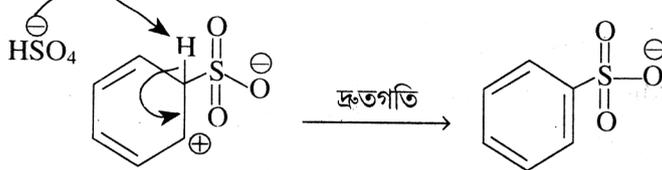
(b) বেনজিন বলয় ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বলে।



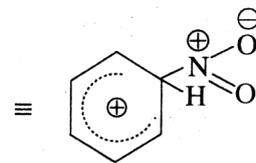
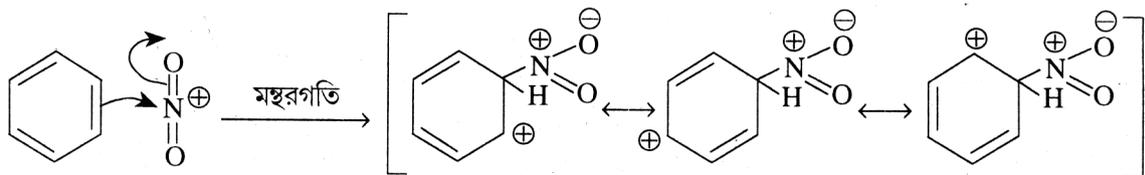




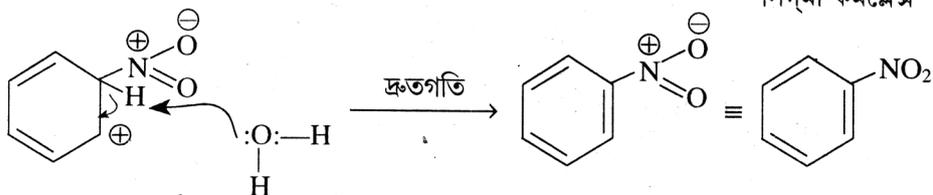
সিগ্‌মা-কমপ্লেক্স

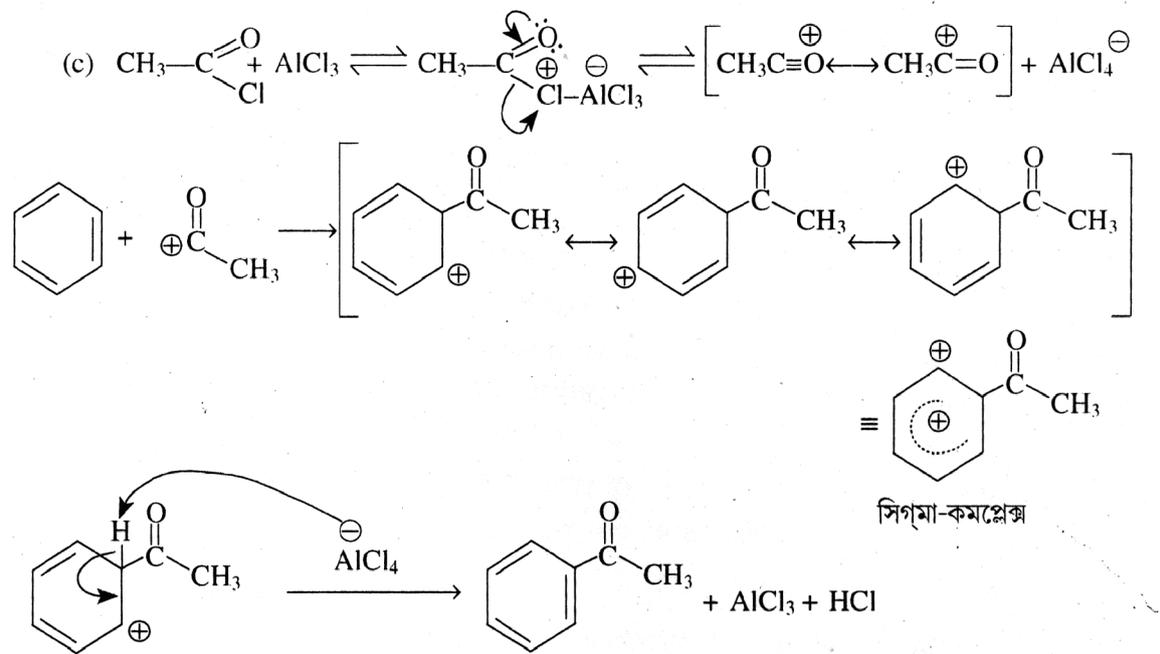


(b) $\text{O}=\text{N}=\text{O}^+$ এর উৎপাদনের জন্য নাইট্রেশন বিক্রিয়া দেখুন।



সিগ্‌মা-কমপ্লেক্স





Block-2

একক 7 □ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (2)

পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (প্রথম অংশ)

বাইফিনাইল, ডাইফিনাইলমিথেন, ট্রাইফিনাইলমিথেন,

হেক্সাফিনাইলইথেন, ন্যাপথ্যালিন ও প্রতিস্থাপিত যৌগ

গঠন

7.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য

7.2 পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের সংজ্ঞা, শ্রেণীবিভাগ ও উদাহরণ

7.3 বিচ্ছিন্ন বা আইসোলেটেড সিস্টেম

7.3.1 বাইফিনাইলের প্রস্তুতি, ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার

7.3.2 ডাইফিনাইলমিথেনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

7.3.3 ট্রাইফিনাইলমিথেনের প্রস্তুতি, ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার

7.3.4 হেক্সাফিনাইলইথেনের প্রস্তুতি ও ধর্ম

7.3.5 বাইফিনাইলজাত যৌগের আলোক সক্রিয়তা

7.4 সংহত বা কনডেন্সড সিস্টেম—ন্যাপথ্যালিন ও ন্যাপথ্যালিন থেকে উৎপন্ন যৌগ

7.4.1 আলকাতরা ও খনিজ তেল থেকে ন্যাপথ্যালিন সংগ্রহ

7.4.2 ন্যাপথ্যালিনের গঠন নির্ণয়—বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ পদ্ধতি

7.4.3 নামকরণ ও সমাবয়বতা

7.4.4 ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্স, দ্বিবন্ধনের অবস্থান ও স্থিরতা, পরমাণুকক্ষক ও অণুকক্ষক।

7.4.5 ন্যাপথ্যালিনের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

7.5 সারাংশ

7.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

7.7 উত্তরমালা

7.1 প্রস্তাবনা

প্রথম পর্যায়ের একক 6-এ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (1)—বেঞ্জিন ও তার সমগোনীয় শ্রেণীর যৌগের রসায়ন সম্বন্ধে আপনি অনেক তথ্য জানতে পেরেছেন। আপনি লক্ষ্য করেছেন যে এই যৌগগুলিতে বেঞ্জিনের একটিমাত্র বলয় আছে।

দ্বিতীয় পর্যায়ের আলোচ্য এই এককটিতে (একক 7) অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (2)-এর শিরোনামে এমন কতকগুলি যৌগ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে যাদের মধ্যে একের বেশি বেঞ্জিন বলয় রয়েছে। এই যৌগগুলিকে পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (প্রথম অংশ) বলে চিহ্নিত করা হয়েছে। এদের দুভাগে ভাগ করা হয়েছে, (1) বিচ্ছিন্ন সিস্টেম, (2) সংহত সিস্টেম। এখানে বিচ্ছিন্ন সিস্টেমের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন যেমন, বাইফিনাইল ইত্যাদি এবং সংহত সিস্টেমের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন যেমন, ন্যাপথ্যালিন বা ন্যাপথ্যালিন থেকে উৎপন্ন যৌগের রসায়ন সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে।

উদ্দেশ্য

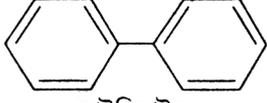
এই এককটি পাঠ করে আপনি—

- পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের সংজ্ঞা নির্দেশ করতে পারবেন এবং এদের শ্রেণীবিভাগ করতে পারবেন।
- পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের উৎস এবং উৎস থেকে এদের সংগ্রহ করার পদ্ধতি বুঝিয়ে দিতে পারবেন।
- এদের গঠন নির্ণয় করতে সক্ষম হবেন।
- সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে এদের প্রস্তুতি, বুঝিয়ে দিতে পারবেন।
- এদের ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও বিক্রিয়া কৌশল, পরীক্ষাগারে ও শিল্পে এদের ব্যবহার সম্পর্কে বিশদ আলোচনা করতে পারবেন।
- কয়েকটি প্রয়োজনীয় প্রতিস্থাপিত পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

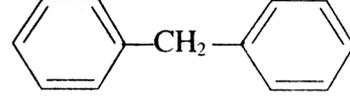
7.2 পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের সংজ্ঞা, শ্রেণীবিভাগ ও উদাহরণ

যে হাইড্রোকার্বন যৌগে দুই বা তার বেশি বেঞ্জিন বলয় যুক্ত থাকে তাদের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন বলে। এই বদ্ধ শৃঙ্খলগুলি কীভাবে যুক্ত থাকে তার উপর নির্ভর করে এদের দুভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) বিচ্ছিন্ন বা আইসোলেটেড সিস্টেম (Isolated System) : এই সিস্টেমে দুই বা ততোধিক বেঞ্জিন বলয় সরাসরি একবন্ধ দিয়ে যুক্ত অথবা এক বা একাধিক কার্বনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। যেমন—বাইফিনাইল (ডাইফিনাইল), ডাইফিনাইলমিথেন, ট্রাইফিনাইলমিথেন, হেক্সাফিনাইলইথেন ইত্যাদি।



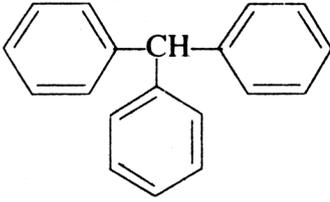
বাইফিনাইল



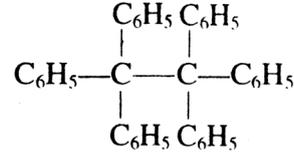
ডাইফিনাইলমিথেন



ট্রাইফিনাইল

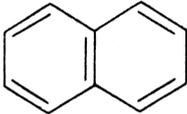


ট্রাইফিনাইলমিথেন

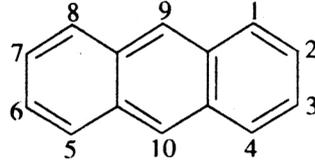


হেক্সাফিনাইলমিথেন

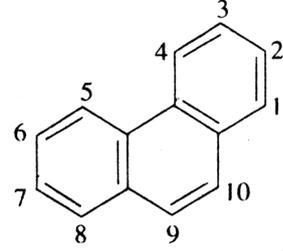
(খ) সংহত বা কনডেন্সেড সিস্টেম (Condensed System) : এই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বনে দুই বা তার বেশি বেঞ্জিন বলয় এক বা একাধিক অর্থে অবস্থানে যুক্ত থাকে। যেমন, ন্যাপথ্যালিন, অ্যানথ্রাসিন, ফিনানথ্রিন, 1,2-বেঞ্জ অ্যানথ্রাসিন, 1,2-সাইক্লোপেন্টিনোফিনানথ্রিন ইত্যাদি।



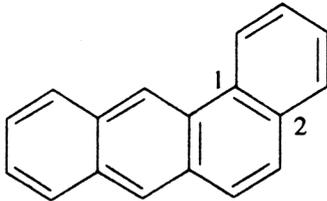
ন্যাপথ্যালিন



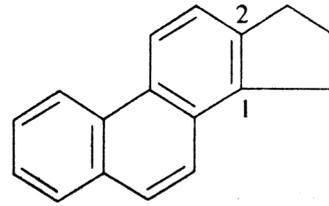
অ্যানথ্রাসিন



ফিনানথ্রিন



1,2-বেঞ্জ অ্যানথ্রাসিন



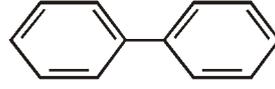
1,2-সাইক্লোপেন্টিনোফিনানথ্রিন

এই এককটিতে আমরা শুধু বাইফিনাইল, ন্যাপথ্যালিন ও এদের থেকে উৎপন্ন যৌগসমূহ সম্বন্ধে আমাদের আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখবো।

এর পরের এককটিতে (একক ৪) অ্যানথ্রাসিন, ফিনানথ্রিন, কুইনোলিন এবং ক্যানসার উৎপাদনকারী হাইড্রোকার্বন সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা করা হবে।

7.3 বাইফিনাইল ও বাইফিনাইল থেকে প্রাপ্ত যৌগসমূহ

বাইফিনাইল আলকাতরা থেকে সংগ্রহ করা যায়। এটি একটি পলিনিউক্লিয়ার অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। দুটি বেঞ্জিন বলয় কার্বন-কার্বন একবন্ধন দিয়ে যুক্ত।



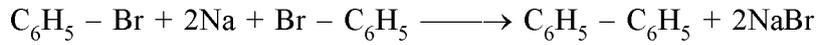
বাইফিনাইল

7.3.1 প্রস্তুতি

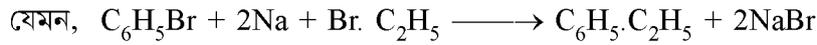
নিচের সাংশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে বাইফিনাইল প্রস্তুত করা হয়।

(ক) ফিটিং বিক্রিয়া (Fitting reaction)

এই পদ্ধতিতে ব্রোমোবেঞ্জিনকে ইথার দ্রাবকে দ্রবীভূত করে সোডিয়ামের সাহায্যে উত্তপ্ত করে বাইফিনাইল পাওয়া যায়।



এখানে মনে রাখতে হবে যে অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন প্রস্তুতিতে যেমন উর্জ (Wurtz) পদ্ধতির প্রয়োগ করা হয় তেমনি অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন প্রস্তুত করতে ফিটিং (Fittig) পদ্ধতির সাহায্য লওয়া হয়। আবার উর্জ-ফিটিং (Wurtz-Fitting) বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয়ে অ্যালকিল মূলক প্রতিস্থাপন করা যায়।



(60%)

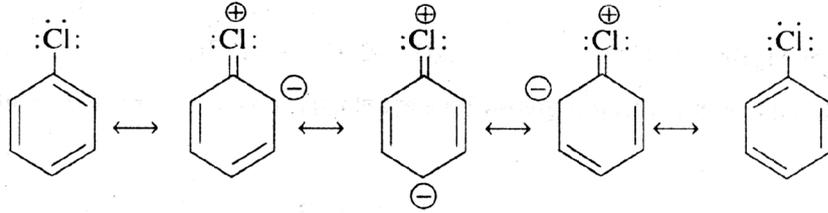
(এই বিক্রিয়ায় $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_6\text{H}_5$ এবং $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{C}_2\text{H}_5$ -ও উৎপন্ন হতে পারে।)

(খ) আলম্যান (Ullmann) পদ্ধতি :

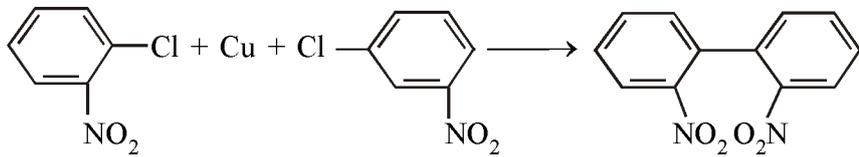
দুমুখ বন্ধ একটি কাচের নলে আয়োডোবেঞ্জিনকে কপার গুঁড়ার সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে বাইফিনাইল তৈরি করা যায়।



আয়োডোবেঞ্জিনের পরিবর্তে ক্লোরোবেঞ্জিন বা ব্রোমোবেঞ্জিন ব্যবহার করলে এই পদ্ধতিতে ভাল ফল পাওয়া যায় না। এর কারণ ক্লোরিন বা ব্রোমিন পরমাণু রেজন্যান্সের ফলে বেঞ্জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে দ্বিবন্ধনের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে যুক্ত থাকে।

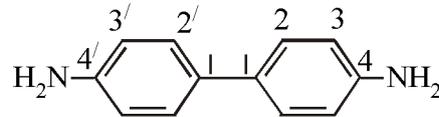


কিন্তু যদি বেঞ্জিন বলয়ের o/p অবস্থানে একটি নাইট্রোমূলক (NO_2) থাকে তাহলে বিক্রিয়াটি সহজেই ঘটে। (NO_2) মূলক থাকার ফলে ক্লোরিন পরমাণুটি অধিক সক্রিয় হয়।

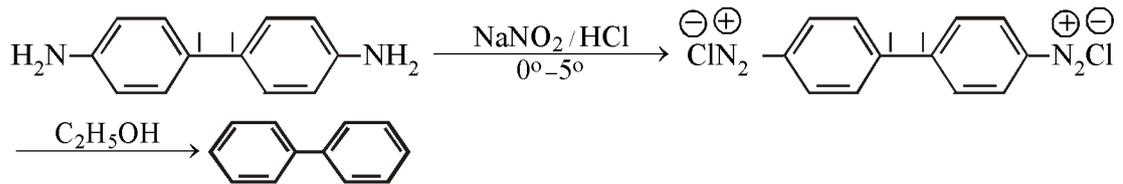


(গ) বেঞ্জিডিন থেকে প্রস্তুতি :

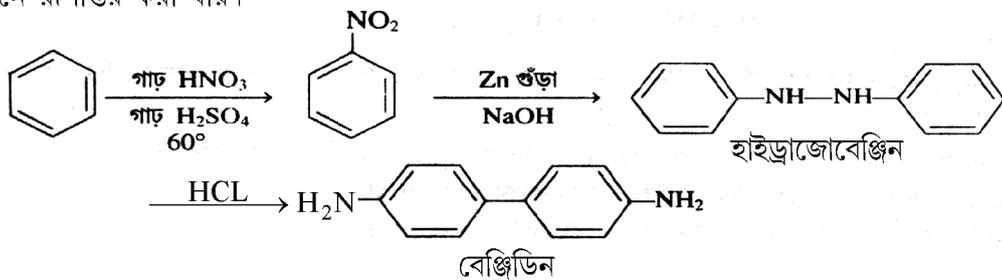
বেঞ্জিডিন হল 4,4'-ডাই-অ্যামিনো বাইফিনাইল।



বেঞ্জিডিনকে প্রথমে ডায়াজোনিয়াম যৌগে পরিণত করা হয়। পরে ইথাইল অ্যালকোহল দিয়ে বিজারিত করে বাইফিনাইল পাওয়া যায়।

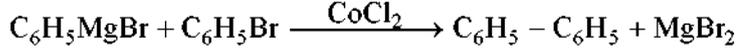


আপনি হয়ত ভাবছেন যে বেঞ্জিডিন যৌগটি কীভাবে পাওয়া যাবে। এবার দেখুন বেঞ্জিনকে কীভাবে বেঞ্জিডিনে রূপান্তর করা যায়।

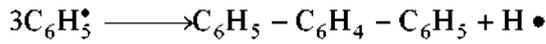


(ঘ) গ্রিগনার্ড (Grignard) বিক্রিয়া :

CoCl_2 বা NiCl_2 অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ও ব্রোমোবেঞ্জিন বিক্রিয়া করে বাইফিনাইল উৎপন্ন করে।



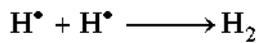
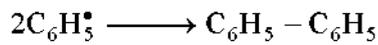
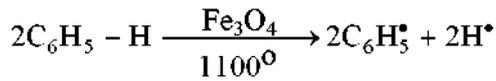
এই বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণ বেঞ্জিন ও ট্রাইফিনাইলও পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটির কৌশল মুক্তমূলদের সাহায্যে দেখান যেতে পারে।



(ঙ) শিল্প পদ্ধতি :

যেহেতু শিল্পে বাইফিনাইলের চাহিদা আছে তাই শিল্প পদ্ধতিতে যৌগটির প্রস্তুতি দেখান হল।

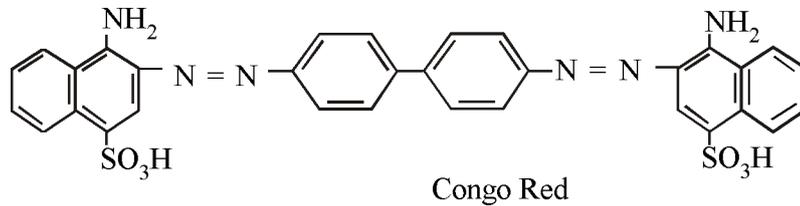
বেঞ্জিনের বাষ্প ও সুপার হিটেড স্টীমের মিশ্রণ প্রায় 1100° -তে উত্তপ্ত করে একটি স্টীলের পাত্রের ভিতর চালনা করা হয়। এই পাত্রটির ভিতর দিকে খুব পাতলা Fe_3O_4 -এর আস্তরণ থাকে। বিক্রিয়ার কৌশল মুক্ত মূলকের সাহায্যে দেখান হল।



ধর্ম : বাইফিনাইল একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 71° । জলে অদ্রব্য; কিন্তু ইথার বা অ্যালকোহলে দ্রব্য।

ব্যবহার : ডাইফিনাইল ইথারের সঙ্গে বাইফিনাইলের মিশ্রণ তাপস্থানান্তরকের ভাল মাধ্যম (Heat transfer fluid)। ক্লোরো ডাইফিনাইল ট্রান্সফরমার তেল ও প্লাস্টিসাইজার্স হিসাবে ব্যবহার করা হয়, বেঞ্জিডিন রঞ্জক শিল্পে ব্যবহৃত হয়— যেমন, কঙ্গোরেড (Congo Red) প্রস্তুত করতে।

কঙ্গোরের গঠন নিচে দেখান হল।

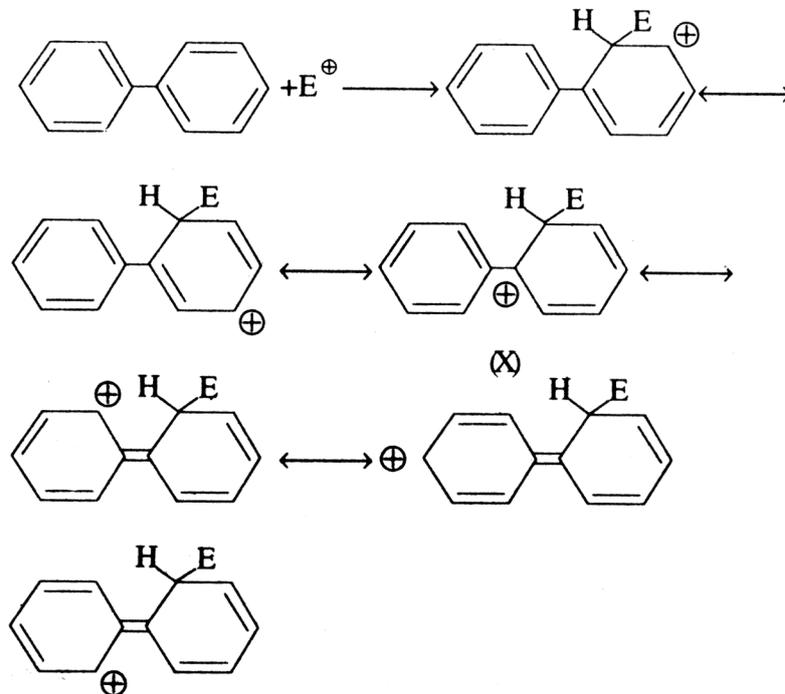


বাইফিনাইলের রাসায়নিক বিক্রিয়া (প্রতিস্থাপন ক্রিয়া) :

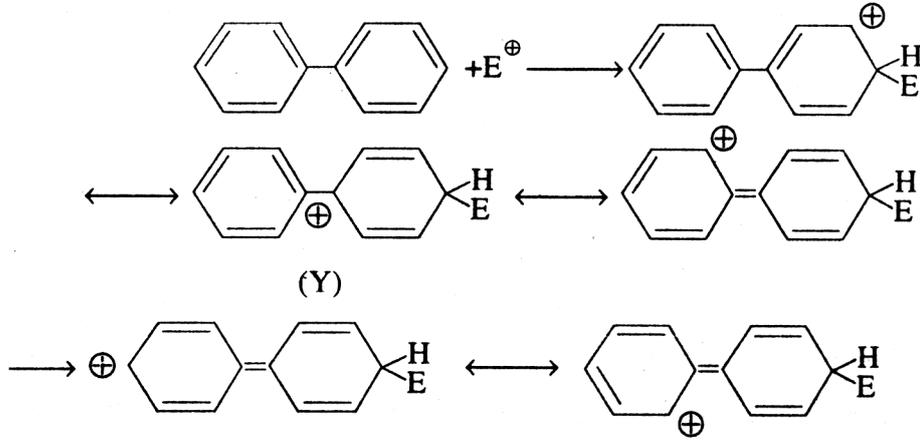
বাইফিনাইল ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। একটি ফিনাইল গ্রুপ ইলেকট্রন বর্জন করে এবং অন্য ফিনাইল গ্রুপটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এর ফলে o/p-অবস্থানে ইলেকট্রন আধিক্য ঘটে এবং ইলেকট্রোফাইলটি বাইফিনাইলের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

কেন ইলেকট্রোফাইল o/p-কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় m-কার্বনের সঙ্গে হয় না তা আমরা সহজেই বুঝতে পারবো যদি প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নের তুলনামূলক স্থায়িত্ব বিচার করে দেখি।

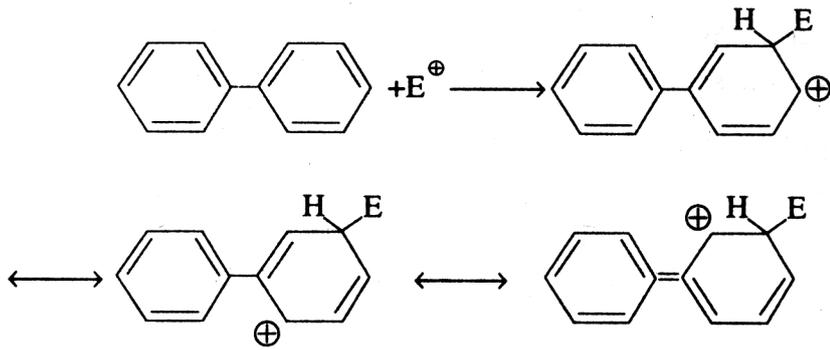
যদি ইলেকট্রোফাইল (E^{\oplus}) o-কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তবে যে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হবে তার resonating structures :



যদি ইলেকট্রোফাইল p-কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহলে resonating structures হবে।



আবার যদি ইলেকট্রোফাইল m-কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহলে resonating structures হবে।



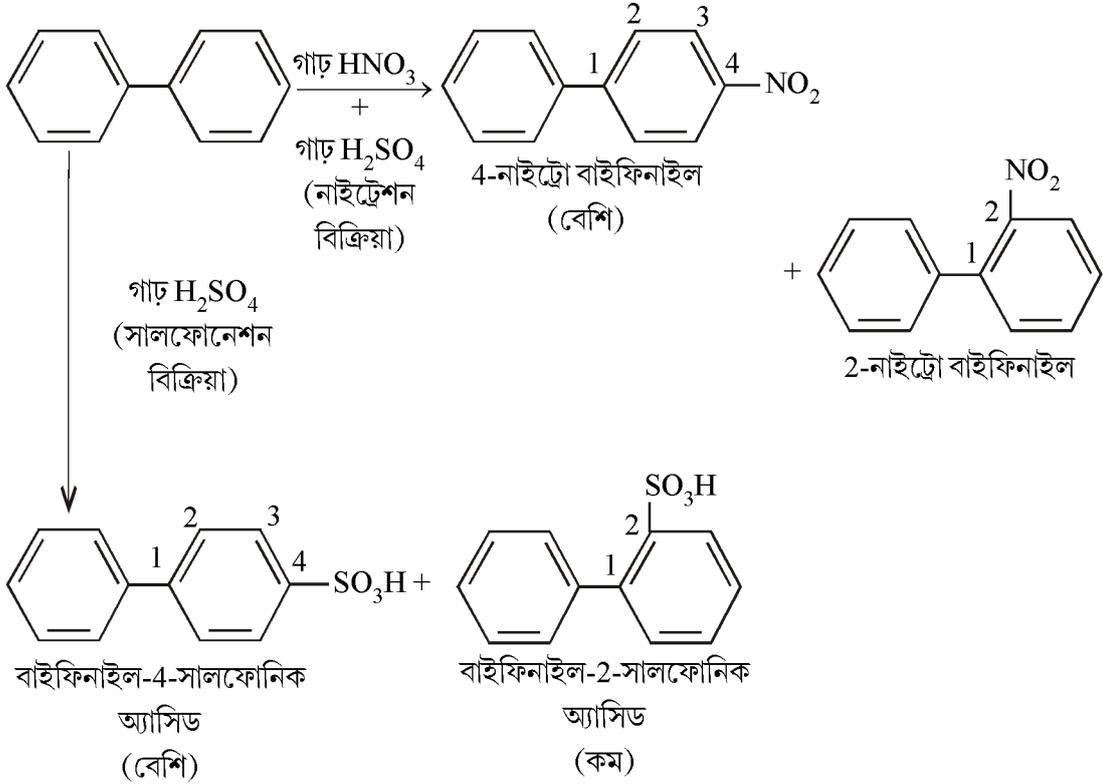
উপরের প্রথম দুটি ক্ষেত্রে (অর্থাৎ o/p) যে resonating structures-গুলি দেখান হয়েছে তাদের মধ্যে যথাক্রমে (X) ও (Y) কার্বোক্যাটায়ন দুটি অধিক স্থায়ী। এর কারণ,

- (1) এরা টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন এবং
- (2) p- Π কক্ষক দুটির সম্ভাব্য ক্রিয়া (interaction) ; কিন্তু 'm'-এর ক্ষেত্রে তা নয়।

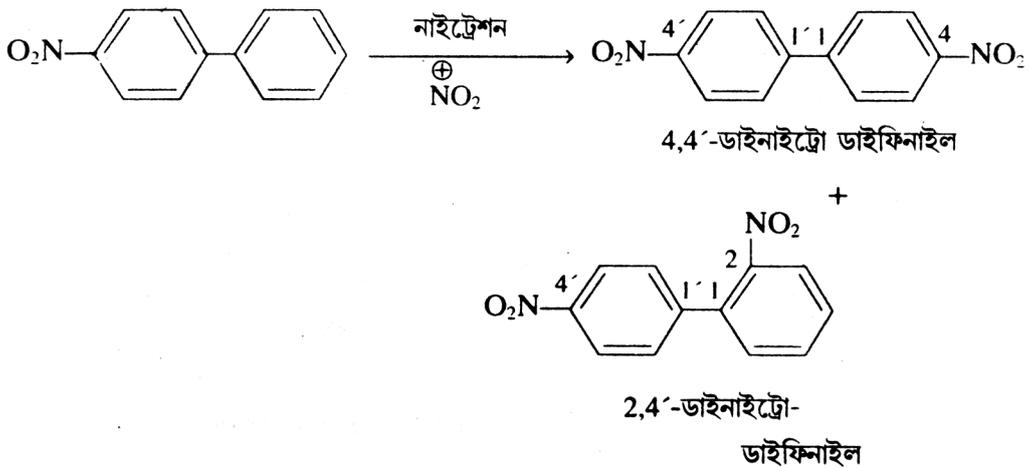
বাইফিনাইল যখন গাঢ় HNO_3 / গাঢ় H_2SO_4 -এর সঙ্গে নাইট্রেশন বিক্রিয়া করে প্রতিস্থাপিত মনোনাইট্রো যৌগ উৎপন্ন করে তখন নাইট্রো ($-\overset{\oplus}{\text{N}}\text{O}_2$) মূলকটি p অবস্থানে অথবা o-অবস্থানে যুক্ত হয়। p-নাইট্রো বাইফিনাইল যৌগটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়। o-নাইট্রো যৌগটি খুব অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়।

আবার যখন বাইফিনাইল গাঢ় H_2SO_4 -এর সঙ্গে সালফোনেশন বিক্রিয়া করে তখনও

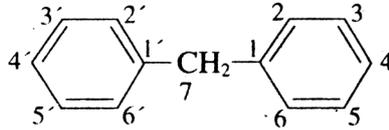
বাইফিনাইল-4—সালফোনিক অ্যাসিড ও বাইফিনাইল-2—সালফোনিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণেও বাইফিনাইল—4-সালফোনিক অ্যাসিডের পরিমাণ বেশি থাকে।



বাইফিনাইল যৌগের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর কোন মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হবার পর যদি আরও একটি হাইড্রোজেন পরমাণু কোন মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তাহলে দ্বিতীয় মূলকটিও p-বা o-অবস্থানে যুক্ত হয়। যেমন—



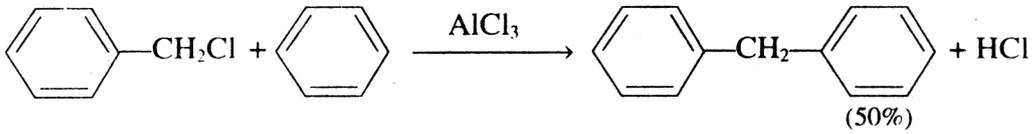
7.3.2 ডাইফিনাইল মিথেন



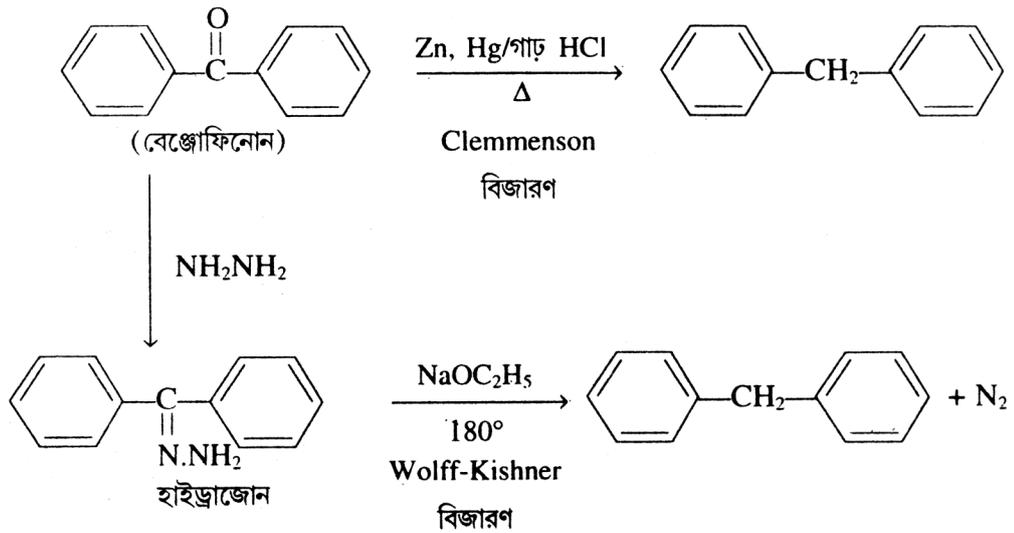
ডাইফিনাইল মিথেন নিচের সাংশ্লেষিক পদ্ধতির সাহায্যে তৈরি করা যায়।

(ক) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস (Friedel-Crafts) বিক্রিয়া :

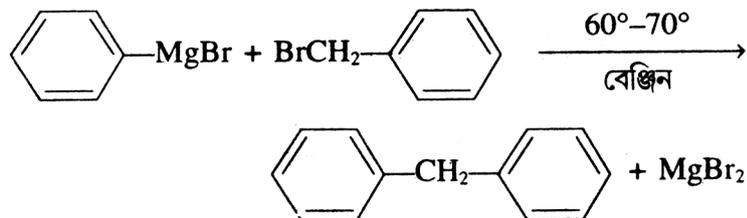
AlCl_3 -এর উপস্থিতিতে বেঞ্জাইল ক্লোরাইড, বেঞ্জিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ডাইফিনাইল মিথেন উৎপন্ন করে।



(খ) ক্লেমেনশেন বা ভল্ফ কিসনার (Clemmensen or Wolff-Kishner) পদ্ধতির প্রয়োগ করে :

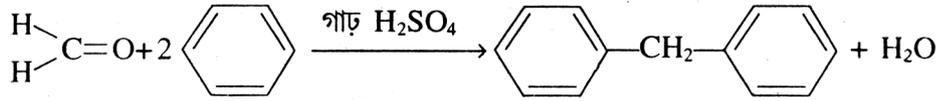


(গ) গ্রিগনার্ড (Grignard) বিক্রিয়া :

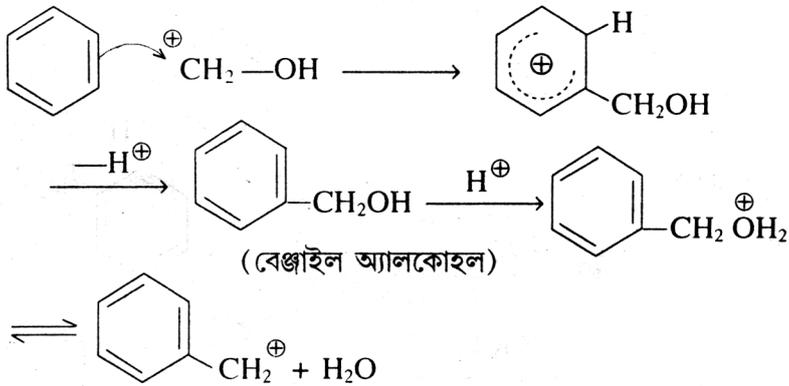
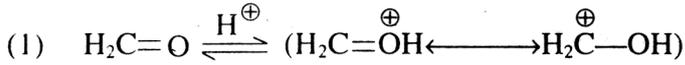


(ঘ) বেঞ্জিন ও ফরম্যালাডিহাইডের বিক্রিয়া :

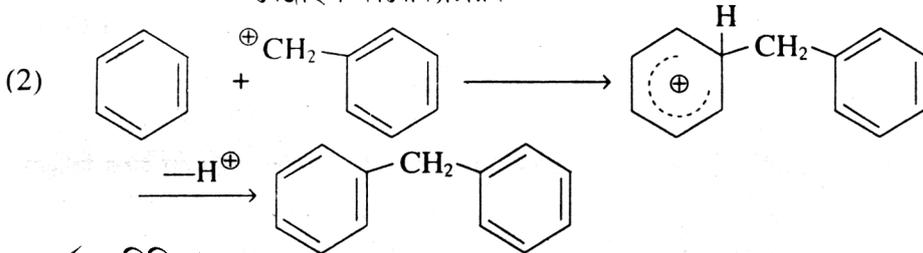
ঘন H_2SO_4 -এর উপস্থিতিতে বেঞ্জিন ও ফরম্যালাডিহাইড মিশ্রণের বিক্রিয়ায় ডাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করা যায়।



বিক্রিয়ার কৌশল দেখান হল—

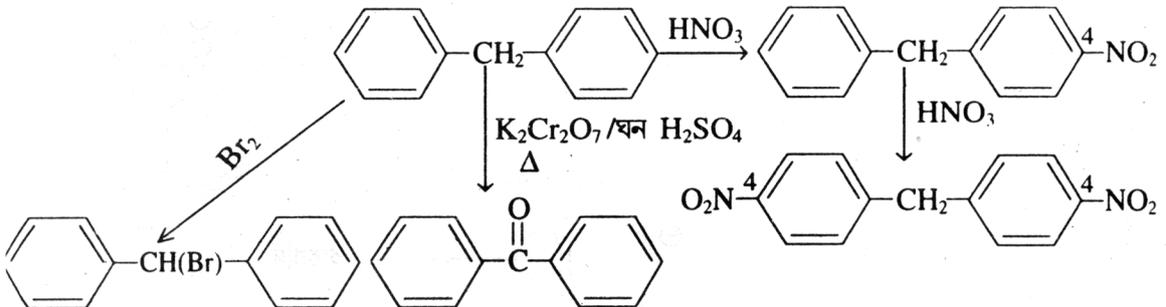


বেঞ্জাইল কার্বোক্যাটায়ন

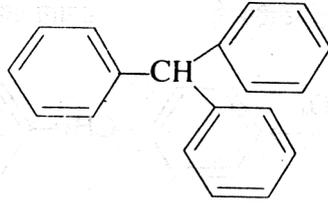


ধর্ম ও বিক্রিয়া :

ডাইফিনাইল মিথেন একটি বর্ণহীন, কঠিন কেলাসিত যৌগ। গলনাঙ্ক 26° । বাইফিনাইলের মত প্রতিস্থাপনক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। মিথিলিন মূলকের হাইড্রোজেন দুটি আঙ্গিক ও সক্রিয়।

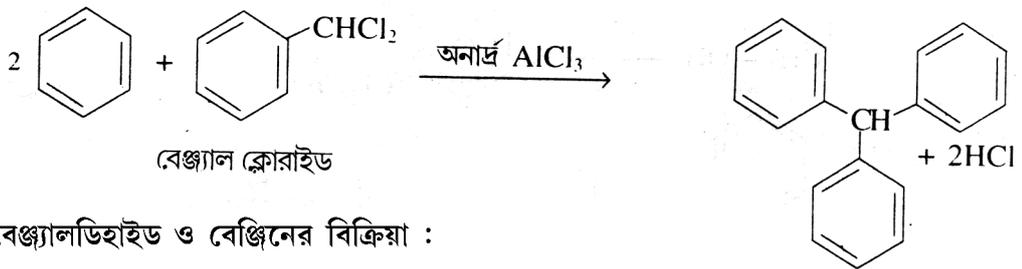


7.3.3. ট্রাই-ফিনাইল মিথেন

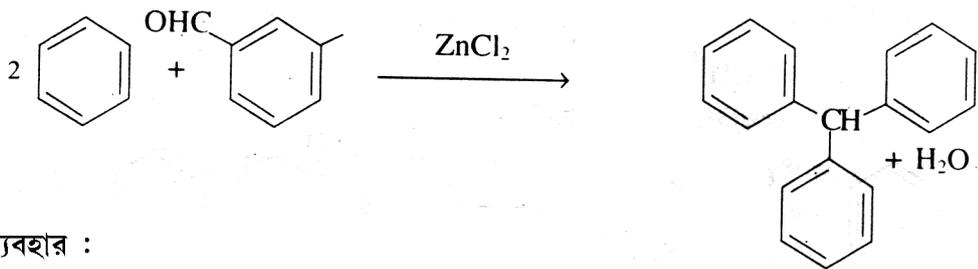


প্রস্তুতি :

(ক) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ (Friedel-Crafts) বিক্রিয়া

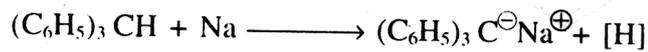


(খ) বেঞ্জালডিহাইড ও বেঞ্জিনের বিক্রিয়া :

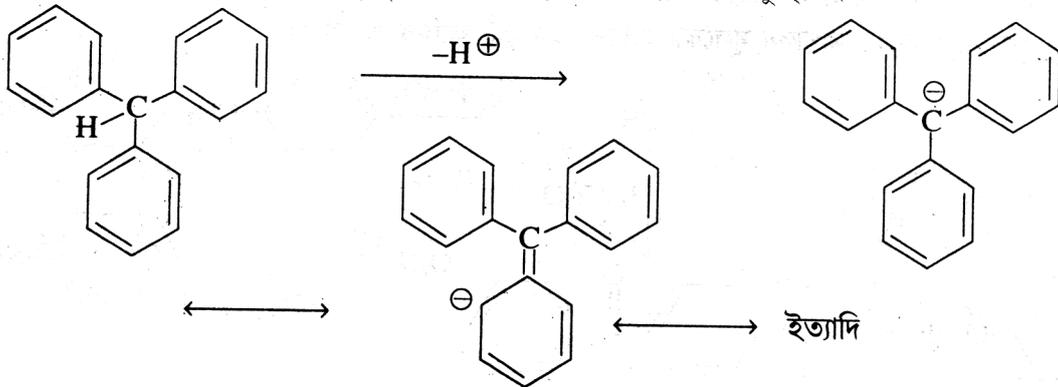


ধর্ম ও ব্যবহার :

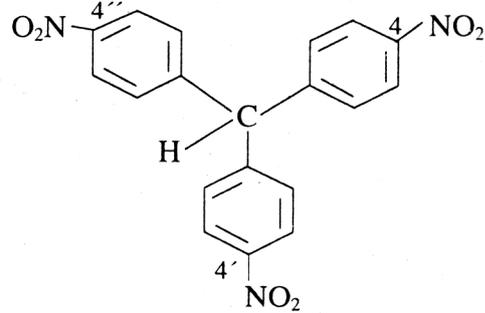
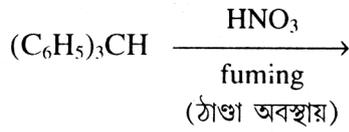
এটি একটি বর্ণহীন কঠিন কেলাসিত যৌগ। এর গলনাঙ্ক 94°। যৌগটি আম্লিক। Na-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে সহজেই হাইড্রোজেন মুক্ত করে।



এর কারণ যে কার্বানায়নটি উৎপন্ন হয় সেটি রেজন্যান্সের জন্য অধিক সুস্থির হয়।

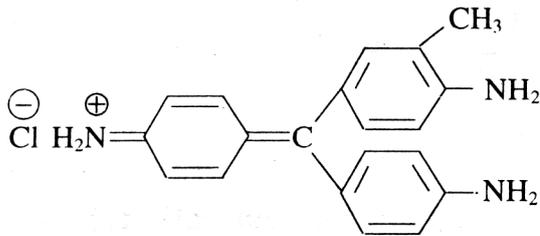


ট্রাই-ফিনাইল মিথেন প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যেমন,



4, 4', 4''-ট্রাই-নাইট্রো-
ট্রাই-ফিনাইল মিথেন

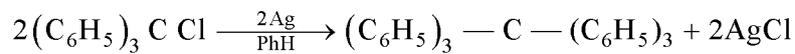
এই ট্রাই-নাইট্রো যৌগটি রোজানিলিন নামে পরিচিত রঞ্জক পদার্থের প্রস্তুতিতে মধ্যস্থ (intermediate) হিসাবে পাওয়া যায়।



রোজানিলিন

7.3.4 হেক্সাফিনাইল ইথেন—প্রস্তুতি ও ধর্ম

প্রস্তুতি : ট্রাইফিনাইলমিথাইল ক্লোরাইড (ট্রাইটাইল ক্লোরাইড) বেঞ্জিনে দ্রবীভূত করে বায়ুর অনুপস্থিতিতে Ag, Zn অথবা Hg-এর সাহায্যে বিক্রিয়া ঘটালে হেক্সাফিনাইল ইথেন পাওয়া যায়।



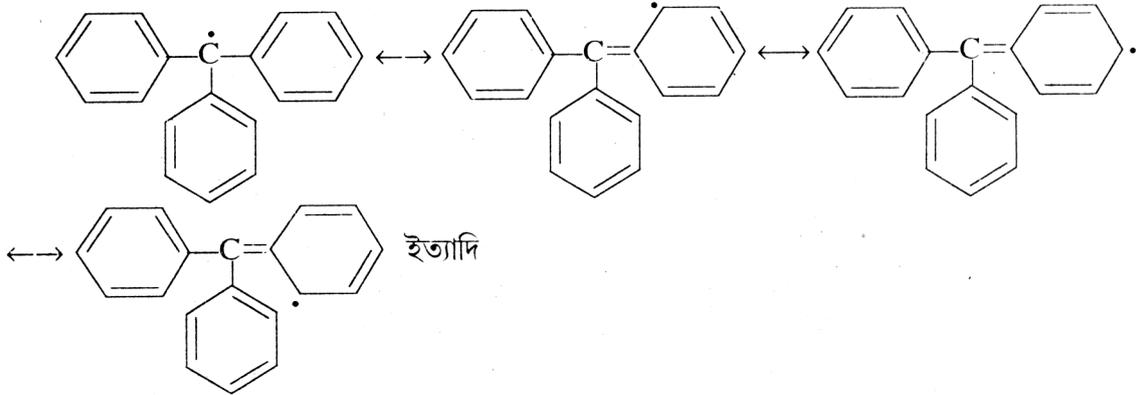
ধর্ম : হেক্সাফিনাইল ইথেন বর্ণহীন কেলাসিত যৌগ। গলনাঙ্ক 145° – 147°। বেঞ্জিন বা সাইক্লোহেক্সেনে দ্রবীভূত করলে হলুদবর্ণের দ্রবণ পাওয়া যায়। মুক্ত মূলকের উপস্থিতির জন্যই ইহা সম্ভব।



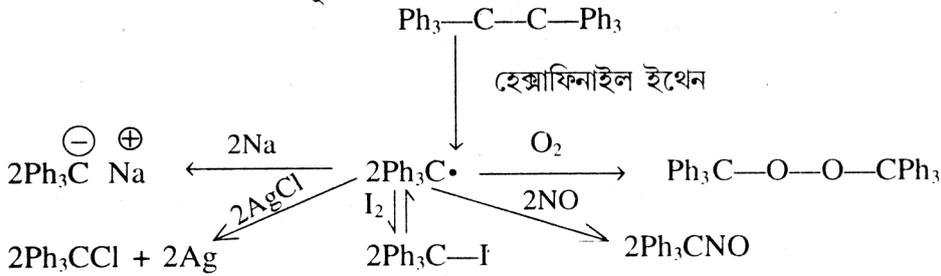
ট্রাইফিনাইল মিথাইল

মুক্ত মূলক

এই মুক্ত মূলকটি রেজন্যান্স-এর জন্য সুস্থির হয়।

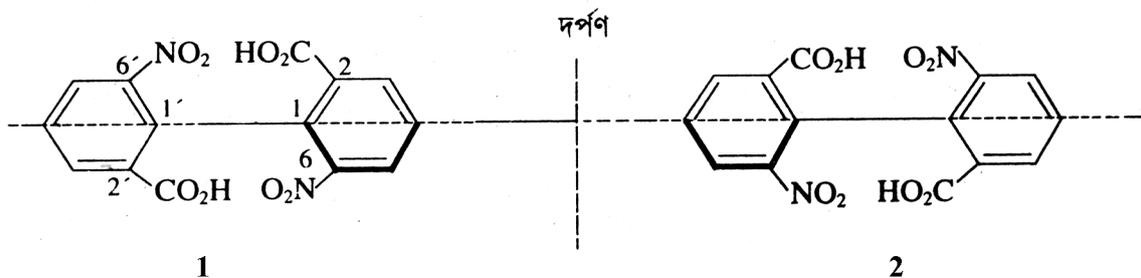


বিভিন্ন বিকারকের সঙ্গে মূলকটির বিক্রিয়া দেখান হল।

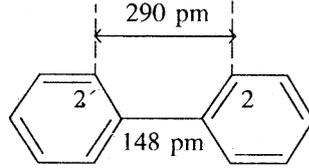


7.3.5 বাইফিনাইলজাত যৌগের—আলোকসক্রিয়তা (Optical activity)

বাইফিনাইলের দুটি বেঞ্জিনবলয় একই সমতলে অবস্থিত। কার্বন-কার্বন একবন্ধনের সাপেক্ষে বেঞ্জিন বলয় দুটির ঘূর্ণন (rotation) সম্ভব। বাইফিনাইল নিজে আলোকসক্রিয় নয়। কিন্তু অর্থাৎ অবস্থানে যদি বড় আয়তনবিশিষ্ট কোন মূলক থাকে তবে সেই ঘূর্ণন বাধাপ্রাপ্ত হয় (Steric hindrance)। এর ফলে বলয় দুটি পরস্পর প্রায় লম্ব অবস্থায় থাকে। তখন প্রতিস্থাপিত বাইফিনাইলের দুটি সুস্থিত কনফরমেশনস্ (Conformations) সম্ভব হয় এবং যৌগটি আলোকসক্রিয় হয়। যেমন, 6, 6'-ডাইনাইট্রোডাইফেনিক অ্যাসিড (1) আলোকসক্রিয়। মূল যৌগ (1)-কে দর্পণে তার প্রতিবিম্ব (2)-এর উপর স্থাপিত করা যায় না (Non-superimposable)। যৌগ (1)-এ কোনও কাইরাল (Chiral) কার্বন নেই। এটি সামগ্রিকভাবে অ্যাসিমেট্রিক (Asymmetric)।



সাধারণত কার্বন-কার্বন একবন্ধনের সাপেক্ষে ঘূর্ণনের ফলে যে কনফরমার (Conformer) মিশ্রণ পাওয়া যায় সেই মিশ্রণ থেকে কনফরমারদের পৃথক করা যায় না (শক্তির পার্থক্য কম)। কিন্তু এক্ষেত্রে যৌগ (1) ও দর্পণে এর প্রতিবিন্দু (2)-কে পৃথক করা যায়। তাই এদের কনফরমার না বলে কনফিগারেশন্যাল আইসোমারস্ (Configurational isomers) বলে চিহ্নিত করা হয়। এ ধরনের সমাবয়বদেরই বলা হয় অ্যাট্রিপআইসোমারস্ (Atropisomers) এবং যৌগের এই বিশেষ ধর্মকে অ্যাট্রিপআইসোমেরিজম্ (Atropisomerism) বলে।



উপরের চিত্রটিতে বাইফিনাইল যৌগের বেঞ্জিন বলয় দুটির অর্ধোঅবস্থানের দূরত্ব ($C_2 - C_2$) 290 pm এবং C - C একবন্ধের দূরত্ব 148 pm দেখান হয়েছে। দুটি মূলক যদি 2 — ও 2' — কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং এদের van der Waals ব্যাসার্ধের সমষ্টি যদি 290 pm বা তার বেশি হয় তবে ঘর্ষণ বাধাপ্রাপ্ত হবে, যৌগটি আলোকসক্রিয় হবে এবং Atropisomers পাওয়া যাবে।

অনুশীলনী 1

(i) বাইফিনাইল/ডাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করার জন্য নিচে কিছু বিকারকের নাম প্রথম স্তম্ভে ও কয়েকটি পদ্ধতির নাম দ্বিতীয় স্তম্ভে দেওয়া হল। কোন পদ্ধতির সঙ্গে কোন বিকারক মেলে তা সনাক্ত করুন। এই বিক্রিয়াগুলির মধ্যে কোনগুলি বাইফিনাইল ও কোনগুলি ডাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করতে ব্যবহার করা হয় তাও লিখুন।

প্রথম স্তম্ভ	দ্বিতীয় স্তম্ভ
(1) ক্লোরোবেঞ্জিন + সোডিয়াম	(1) গ্রিগনার্ড বিক্রিয়া
(2) ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইড + বেঞ্জাইল ব্রোমাইড	(2) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ বিক্রিয়া
(3) বেঞ্জিডিন + $NaNO_2/HCl + H_3PO_2$	(3) ডায়াজো বিক্রিয়া
(4) বেঞ্জাইল ক্লোরাইড + বেঞ্জিন + অনার্দ্র $AlCl_3$	(4) ফিটিং বিক্রিয়া
(ii) (1) ফিটিং বিক্রিয়া ও উর্জ-ফিটিং বিক্রিয়ার পার্থক্য উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।	
(2) শিল্পে বাইফিনাইল ও বাইফিনাইল জাত যৌগের দুটি ব্যবহার উল্লেখ করুন।	
(3) একটি আলোকসক্রিয় ডাইফিনাইল যৌগের নাম ও গঠন লিখুন।	
(4) ট্রাইফিনাইল মিথেনে একটি আল্লিক হাইড্রোজেন আছে। কারণ উল্লেখ করুন।	

7.4 সংহত বা কনডেন্সড সিস্টেম

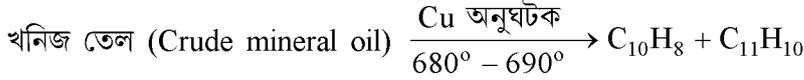
ন্যাপথ্যালিন ও ন্যাপথ্যালিনজাত যৌগসমূহ।

7.4.1 আলকাতরা ও খনিজ তেল থেকে ন্যাপথ্যালিন সংগ্রহ

(1) আলকাতরা ও খনিজ তেল থেকে ন্যাপথ্যালিন সংগ্রহ : আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে 170°–230° তাপমাত্রায় পাতিত মধ্যম তেল ও 230° – 270° তাপমাত্রায় পাতিত ভারি তেল থেকে ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে তেল শীতল করা হয়। এরপর চাপ প্রয়োগ করে ন্যাপথ্যালিনের কেলাস তেলমুক্ত করা হয়। এই ন্যাপথ্যালিন শুদ্ধ নয়। এতে ক্ষারীয় ও আক্সিক অশুদ্ধি থাকে। অশুদ্ধ ন্যাপথ্যালিন যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিড (H₂SO₄), কস্টিক সোডা (NaOH) ও জল দিয়ে ধুয়ে নিলে ক্ষার ও অম্ল অপসারিত হয়। পরে শঙ্ক করে উর্ধ্বপাতনের সাহায্যে ন্যাপথ্যালিন সংগ্রহ করা হয়।

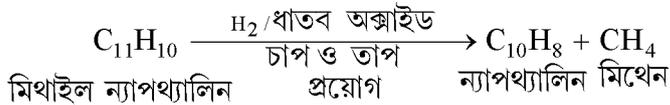
আলকাতরায় ন্যাপথ্যালিনের পরিমাণ শতকরা প্রায় 9 ভাগ।

(2) পেট্রোলিয়াম থেকে ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুতি : খনিজ তেলকে (Crude mineral oil) প্রায় 200° তাপমাত্রায় পাতিত করে যে অংশ পাওয়া যায় তাকে হালকা ন্যাপথ্যা (Light naphtha) ও ভারি ন্যাপথ্যা (Heavy naphtha) বলে। এই অংশকে 680° – 690° তাপমাত্রায় কপার (Cu) অনুঘটকের উপস্থিতিতে চালনা করলে ন্যাপথ্যালিন ও মিথাইল ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায়।



ন্যাপথ্যালিন মিথাইল ন্যাপথ্যালিন

ন্যাপথ্যালিন ও মিথাইল ন্যাপথ্যালিন মিশ্রণ থেকে মিথাইল ন্যাপথ্যালিনকে পৃথক করা হয়। তারপর মিথাইল ন্যাপথ্যালিনকে হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিশিয়ে চাপ প্রয়োগ করে ধাতব অক্সাইডের উপস্থিতিতে যদি উত্তপ্ত করা হয় তবে মিথাইল ন্যাপথ্যালিন, ন্যাপথ্যালিন ও মিথেনে রূপান্তরিত হবে। এই পদ্ধতিকে হাইড্রোডিঅ্যালকিলেশন (Hydrodealkylation) বলে।



(হাইড্রোডিঅ্যালকিলেশন)

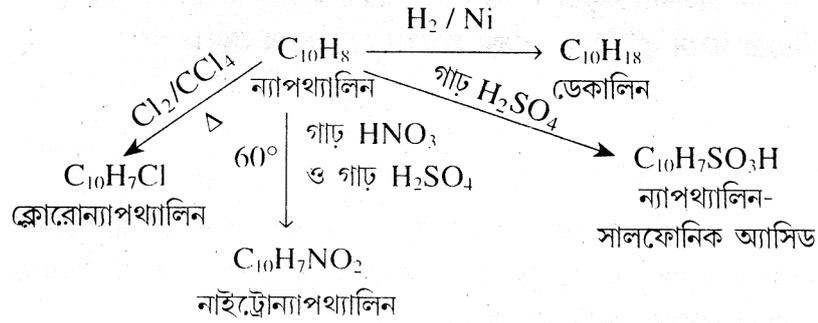
1960 সালের আগে আলকাতরা থেকেই ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুত করা হত। কিন্তু এখন প্রায় অর্ধেক ন্যাপথ্যালিন পেট্রোলিয়ামজাত।

7.4.2 ন্যাপথ্যালিনের গঠন নির্ণয় : বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ পদ্ধতি

এখানে আমরা ন্যাপথ্যালিনের গঠন কীভাবে নির্ণয় করা যায় সে সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা করবো।

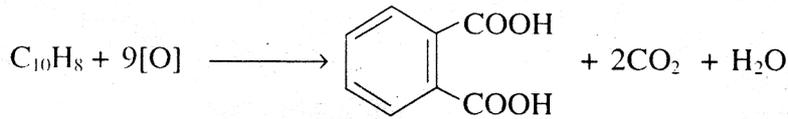
(1) বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করে দেখা যায় যে ন্যাপথ্যালিনের আণবিক সংকেত $C_{10}H_8$.

(2) ন্যাপথ্যালিন, অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত যৌগ গঠন করে। আবার নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন, সালফোনেশন ইত্যাদি প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায়ও অংশগ্রহণ করে। যেমন—



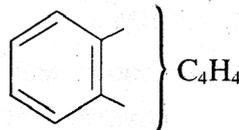
উপরের বিক্রিয়াগুলি থেকে আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে ন্যাপথ্যালিন অণুতে পাঁচটি দ্বিবন্ধন আছে; কিন্তু এই দ্বিবন্ধনগুলি ইথেনের দ্বিবন্ধন থেকে একটু আলাদা। কারণ অসম্পৃক্ততা থাকা সত্ত্বেও ন্যাপথ্যালিন সহজেই প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(3) পারদের উপস্থিতিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ন্যাপথ্যালিন জারিত হয়ে থ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

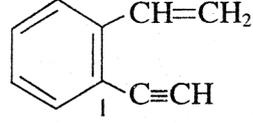


থ্যালিক অ্যাসিড

থ্যালিক অ্যাসিড উৎপন্ন হওয়ায় আমরা বুঝতে পারি যে ন্যাপথ্যালিন অণুতে অন্ততপক্ষে একটি বেঞ্জিন বলয় আছে। এই বলয়ে দুটি প্রতিস্থাপক পরস্পর অর্থো অবস্থানে (Ortho position) যুক্ত। সুতরাং ন্যাপথ্যালিনের আংশিক গঠন এরকম হতে পারে।

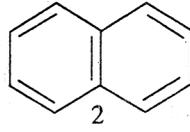


(4) বেঞ্জিন বলয়ে পার্শ্বশৃঙ্খল দুটি যদি এভাবে লেখা যায় তাহলে ন্যাপথ্যালিনের গঠন দ্বারায় (1) কিন্তু

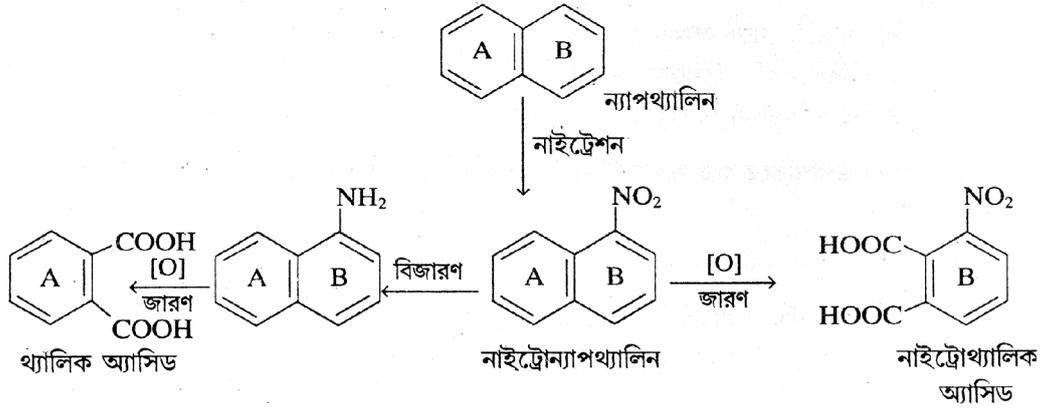


ন্যাপথ্যালিন সুস্থিত। উপরের কাঠামোটি কিন্তু সুস্থিত হবে না। তাছাড়া ডেকালিন পাওয়া সম্ভব নয়।

(5) বেঞ্জিনের গঠন সম্বন্ধে জার্মান বিজ্ঞানী কেকুলের (Kekule) ধারণা অবলম্বন করে আরলেনমায়ার (Erlenmeyer) প্রথমে ন্যাপথ্যালিনের গঠনে দুটি সুষম বেঞ্জিন বলয়ের (2) প্রস্তাব দেন।



(6) 1869 খ্রিস্টাব্দে গ্রেবে (Graebe) বিভিন্ন সংশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করে প্রমাণ করেন যে ন্যাপথ্যালিন অণুতে দুটি সুষম বেঞ্জিন বলয় অর্থাৎ অবস্থানে পরস্পর যুক্ত আছে। অর্থাৎ ন্যাপথ্যালিন অণুর গঠন সম্বন্ধে আরলেনমায়ারের ধারণাই ঠিক। গ্রেবের পরীক্ষা পদ্ধতি এরকম।



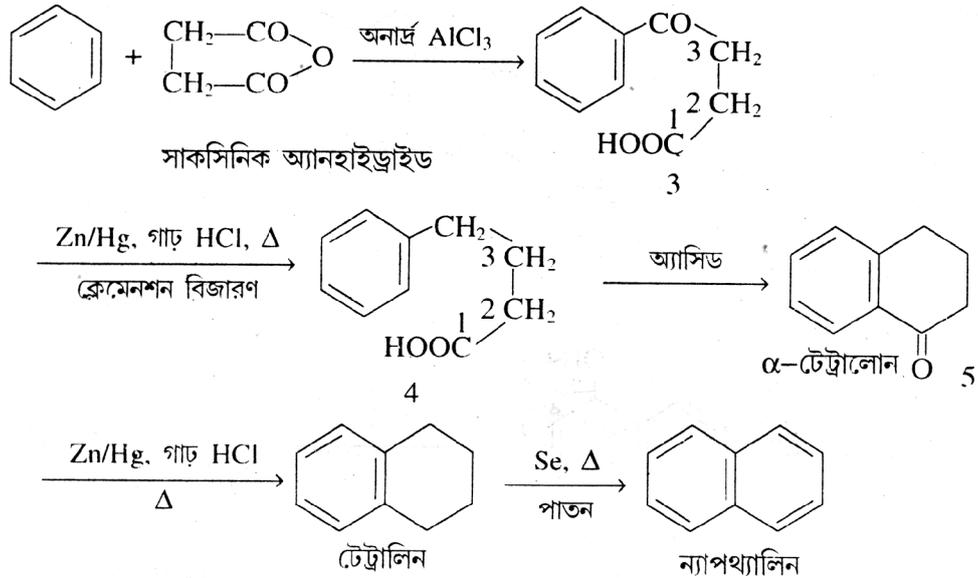
B-বলয়ে নাইট্রোমূলক ($-\text{NO}_2$) থাকায় এটি A-বলয়ের তুলনায় সুস্থিত। তাই এটি জারিত হয়নি। কিন্তু নাইট্রোমূলককে অ্যামিনোমূলকে ($-\text{NH}_2$) বিজারিত করলে B-বলয়টি A-বলয়ের তুলনায় বেশি সক্রিয় হয়। তাই B-বলয়টি জারিত হয়ে থ্যালিক অ্যাসিড উৎপন্ন করেছে।

ন্যাপথ্যালিনের এই গঠন-কাঠামোটি যে ঠিক তা বিভিন্ন সংশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুত করে প্রমাণ করা হয়েছে।

(7) সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুতি :

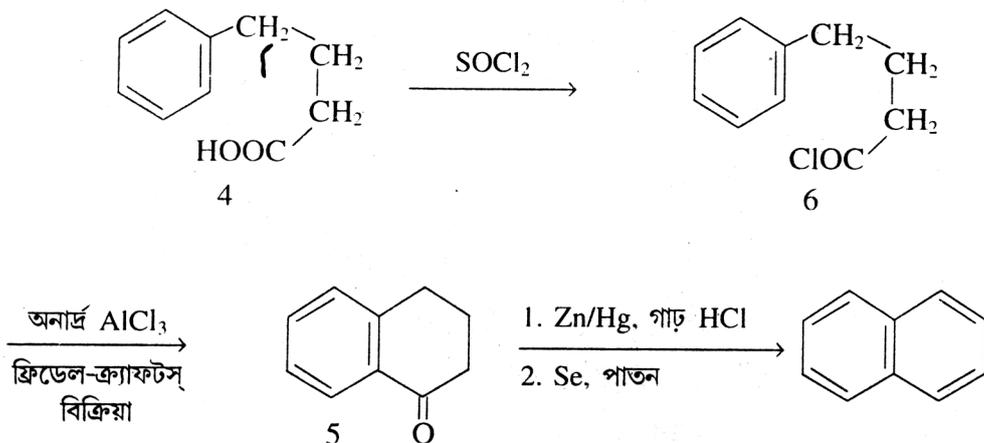
(i) হাওয়ার্থের পদ্ধতি (Haworth method) : অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন, সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইডের (Succinic anhydride) সঙ্গে বিক্রিয়া করে 3-বেঞ্জাইল প্রপানোয়িক অ্যাসিড

(3) উৎপন্ন করে। ক্লেমেন্সেন (Clemmensen) পদ্ধতিতে বিজারণ করার পর 4-ফিনাইল বিউটানোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (4)-কে অ্যাসিড অনুঘটকের সাহায্যে বিক্রিয়া করলে α -টেট্রালোন (5) উৎপন্ন হবে। α -টেট্রালোনকে আবার ক্লেমেন্সেন পদ্ধতির সাহায্যে বিজারিত করে Se-এর উপস্থিতিতে পাতিত করলে ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যাবে। বিক্রিয়াটি নিচে দেখান হল।

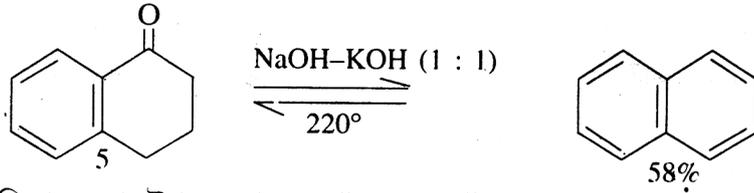


4 থেকে 5-এ রূপান্তর ঘটাতে যে অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় সেগুলি হল— গাঢ় H_2SO_4 , H_3PO_4 , HF, পলিফস্ফরিক অ্যাসিড (PPA)। এই অ্যাসিডগুলির যে কোন একটিকে বেছে নেওয়া যেতে পারে।

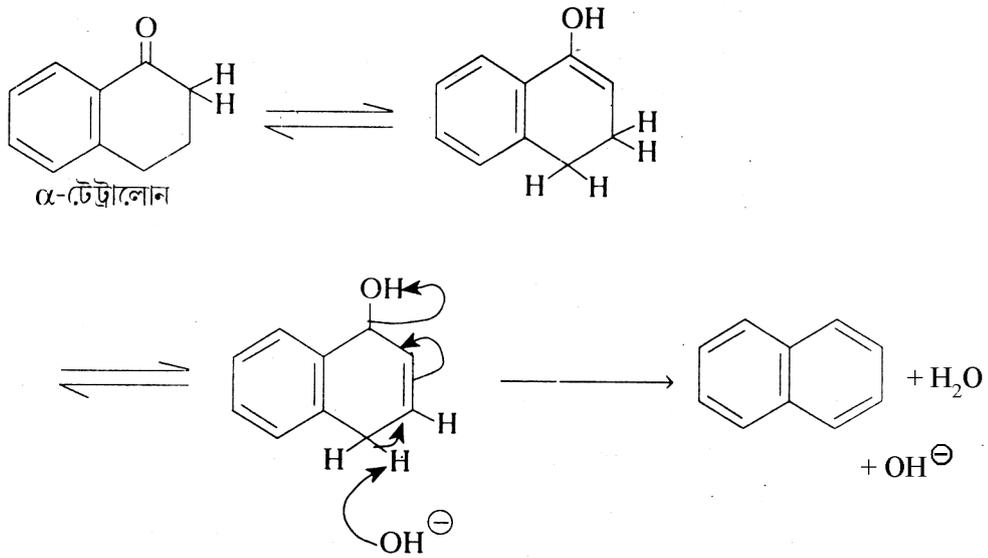
(ii) 4-ফিনাইল বিউটানোয়িক অ্যাসিড (4) থেকে α -টেট্রালোন (5) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ (Friedel-Crafts) বিক্রিয়ার সাহায্যেও করা যেতে পারে—



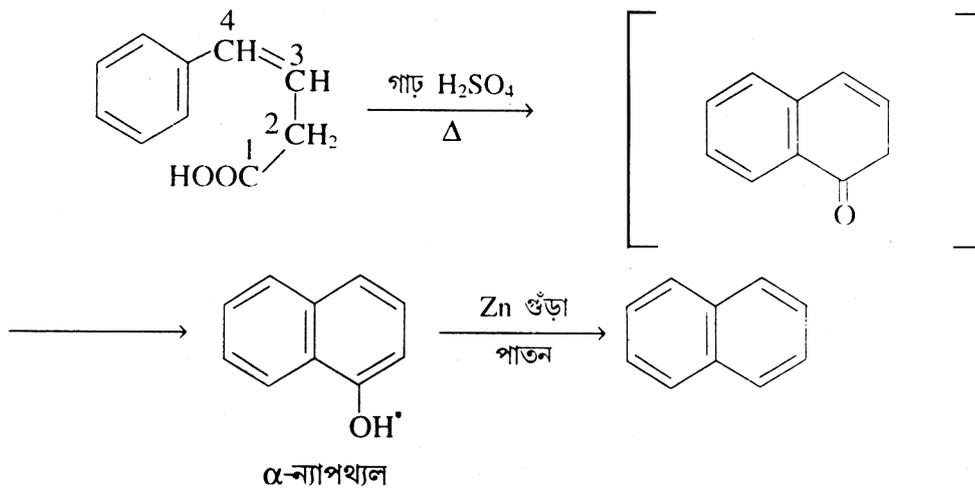
(iii) বার্চ ও তাঁর সহকর্মীরা (Birch et al) 1946 সালে α -টেট্রালোন (5) কে একটি নতুন পদ্ধতিতে ন্যাপথ্যালিনে রূপান্তর ঘটান।



বার্চ বিক্রিয়ার কলাকৌশল এভাবে দেখান যেতে পারে



(iv) 4-ফিনাইল বিউট 3-ইনোয়িক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে α -ন্যাপথ্যাল পাওয়া যায়। α -ন্যাপথ্যালকে Zn গুঁড়ার উপস্থিতিতে পাতিত করলে ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয়।



ন্যাপথ্যালিন সম্বন্ধে আরও কিছু নতুন তথ্য জানার আগে আসুন আমরা নিচের অনুশীলনীটি সমাধানের চেষ্টা করি।

অনুশীলনী 2

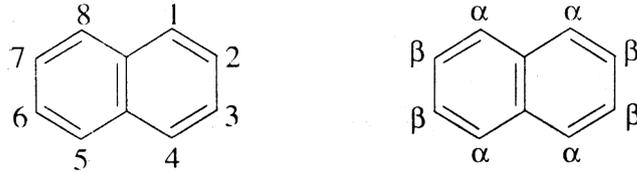
(i) আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে $170^\circ - 230^\circ$ তাপমাত্রায় প্রাপ্ত মধ্যম তেল থেকে যে ন্যাপথ্যালিন সংগ্রহ করা হয় তাতে কি কি ধরনের অশুদ্ধি থাকে? এগুলি কীভাবে অপসারণ করা হয়?

(ii) α ন্যাপথ্যালকে ন্যাপথ্যালিনে কীভাবে রূপান্তর করবেন? বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন।

(iii) মিথাইল ন্যাপথ্যালিনকে কীভাবে ন্যাপথ্যালিনে রূপান্তর করবেন? পদ্ধতিটির নাম ও বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন।

7.4.3 নামকরণ ও সমাবয়বতা

ন্যাপথ্যালিনের কার্বনের বিভিন্ন অবস্থান সংখ্যা বা গ্রীক অক্ষর দিয়ে নির্দেশ করা হয়। যেমন, এখানে 1,4,



5 ও 8 অবস্থানগুলি সমতুল (equivalent) ; তেমনি 2, 3, 6 ও 7 অবস্থানগুলিও সমতুল।

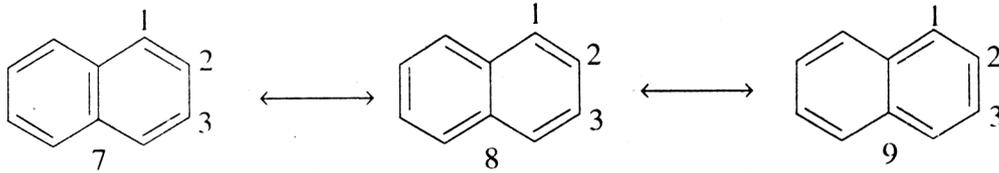
ন্যাপথ্যালিনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন অন্য কোন পরমাণু বা মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে সমাবয়বের সংখ্যা কত হতে পারে তার কিছু ধারণা দেওয়া হল—

ন্যাপথ্যালিনে প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের সংখ্যা	প্রতিস্থাপিত যৌগটির সংকেত	সমাবয়বের সংখ্যা
এক (1)	$C_{10}H_7Y$	2
দুই (2)	$C_{10}H_6Y_2$	10
তিন (3)	$C_{10}H_5XY$	14
চার (4)	$C_{10}H_4Y_4$	22
আট (8)	$C_{10}Y_8$	1

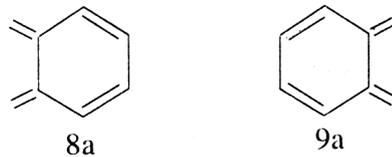
7.4.4 ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্স (Resonance)

ন্যাপথ্যালিনের সমস্ত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম কেবলমাত্র একটি গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায় না। দ্বিবন্ধনের স্থান পরিবর্তন করে এর তিনটি গঠন আঁকা যায় (7-9)। এই তিনটিকে রেজন্যান্সিং গঠন কাঠামো (Resonating

struture) বলে। এদের সাহায্যে ন্যাপথ্যালিনের সমস্ত ধর্মের ব্যাখ্যা দেয়া যায়। অতএব ন্যাপথ্যালিন অণু একটি রেজন্যান্স হাইব্রিড (Resonance hybrid)।



উপরের তিনটি গঠন (7-9) কাঠামোর মধ্যে প্রথমটি অর্থাৎ (7)-এর অবদান অন্য দুটির (8 এবং 9) তুলনায় বেশি। কারণ (7)-এ দুটি বলয়ই বেঞ্জিনয়েড। কিন্তু (8) ও (9) প্রত্যেকেই অর্থোকুইনোনয়েড (8a এবং 9a)।



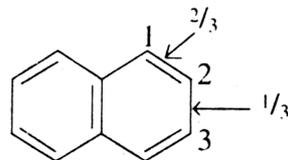
ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্স শক্তি (Resonance energy) :

ন্যাপথ্যালিন অণুতে দুটি বেঞ্জিন বলয় আছে। বেঞ্জিনের রেজন্যান্স শক্তি 150 KJ mol^{-1} (প্রায়)। অতএব ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্স শক্তি হওয়া উচিত $2 \times 150 \text{ KJ mol}^{-1}$ বা 300 KJ mol^{-1} । কিন্তু বিভিন্ন পদ্ধতিতে ন্যাপথ্যালিনের যে রেজন্যান্স শক্তি পাওয়া যায় তার মান 252 KJ mol^{-1} অর্থাৎ পরীক্ষালব্ধ মান (Experimental value) গণনালব্ধ মান (Calculated value) অপেক্ষা কম। এর থেকে প্রমাণ হয় যে বেঞ্জিনের তুলনায় ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্স চরিত্র (Aromatic character) কম। তাই বেঞ্জিনের তুলনায় ন্যাপথ্যালিন বেশি সক্রিয়।

ন্যাপথ্যালিনে দ্বিবন্ধনের অবস্থান ও স্থিরতা :

ন্যাপথ্যালিনের রেজন্যান্সিং গঠন-কাঠামোগুলি (Resonating structures) (7-9) পরীক্ষা করলে দেখা যায় যে দুটি রেজন্যান্সিং গঠন-কাঠামোর প্রত্যেকটিতে (7 ও 8) 1, 2 কার্বন দুটির মধ্যে দ্বিবন্ধন আছে। কিন্তু একটিতে (9) 2, 3-কার্বন দুটির মধ্যে একটি দ্বিবন্ধন আছে।

X-রশ্মি ও ইলেকট্রন ডিফ্রাকশন পরীক্ষা থেকেও দেখা যায় যে $C_1 - C_2$ -এর মধ্যে বন্ধন দূরত্ব, $C_2 - C_3$ -এর মধ্যে বন্ধন দূরত্ব অপেক্ষা কম। $C_1 - C_2$ বন্ধনের $2/3$ অংশ দ্বিবন্ধন চরিত্রবিশিষ্ট এবং $C_2 - C_3$ বন্ধনের $1/3$ অংশ দ্বিবন্ধন চরিত্রবিশিষ্ট।



ন্যাপথ্যালিন অণুতে $C_1 - C_2$ বন্ধন-দৈর্ঘ্য 136 pm এবং $C_2 - C_3$ বন্ধন-দৈর্ঘ্য 142 pm ।

ন্যাপথ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ—কারণ

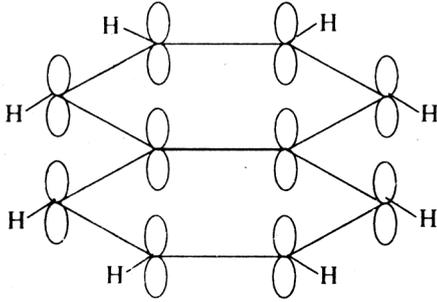
(1) যৌগটি সামতলিক

(2) হুকেল নিয়ম (Hückel Rule) অনুযায়ী এতে $(4n + 2) \pi$ সংখ্যক ইলেকট্রন আছে। এখানে $n = 2$ অর্থাৎ 10টি π ইলেকট্রন আছে।

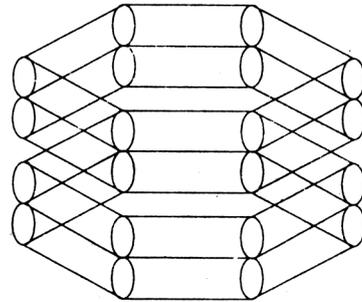
(3) যৌগটিতে পাঁচটি দ্বিবন্ধন আছে। এর ফলে ন্যাপথ্যালিন যুত যৌগ গঠন করে। তা সত্ত্বেও ইহা খুব সহজেই ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (Electrophilic substitution) ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

ন্যাপথ্যালিনের পরমাণুকক্ষক ও অণুকক্ষক (Atomic and Molecular orbitals of naphthalene) :

এবার আমরা ন্যাপথ্যালিনের পরমাণুকক্ষক (Atomic orbital—10নং চিত্র) ও অণুকক্ষক (Molecular orbital—1নং চিত্র) সম্বন্ধে আলোচনা করবো।



চিত্র নং 10
 P_z -পরমাণুকক্ষক



চিত্র নং 11
 π -অণুকক্ষক

ন্যাপথ্যালিনের প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণু Sp^2 অভিলেপিত (hybridised) এবং প্রত্যেকটি কার্বনেই একটি করে বিশুদ্ধ P_z -কক্ষক আছে (10নং চিত্র)। এই P_z -কক্ষকগুলি প্রত্যেকটি সামতলিক বেঞ্জিন বলয়ের উপরে ও নিচে লম্বভাবে অবস্থান করছে। P_z -পরমাণু কক্ষকগুলির পার্শ্ব-অভিলেপনের ফলে π -অণুকক্ষক তৈরি হয়েছে। (11নং চিত্র)। এই π অণুকক্ষকের অর্ধেক অংশ ন্যাপথ্যালিন সামতলিকের উপর ও বাকি অর্ধেক অংশ সামতলিকের নিচে অবস্থিত। π -অণুকক্ষক ন্যাপথ্যালিনের দশটি কার্বনকেই উপর ও নিচ থেকে ঘিরে রেখেছে। যেহেতু π -অণুকক্ষক অপরাতড়িত বহন করে তাই ন্যাপথ্যালিনের ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (Electrophilic substitution) ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করার প্রবণতা বেশি।

7.4.5 ন্যাপথ্যালিনের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া

(1) ভৌত ধর্ম : ন্যাপথ্যালিন বর্ণহীন বিশেষ গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 82° এবং স্ফুটনাঙ্ক 218° । হলে অদ্রব্য হলেও ইথার ও বেঞ্জিনে সহজেই দ্রব্য। ইহা তরল না হয়ে সাধারণ তাপমাত্রায় সহজেই কঠিন অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।

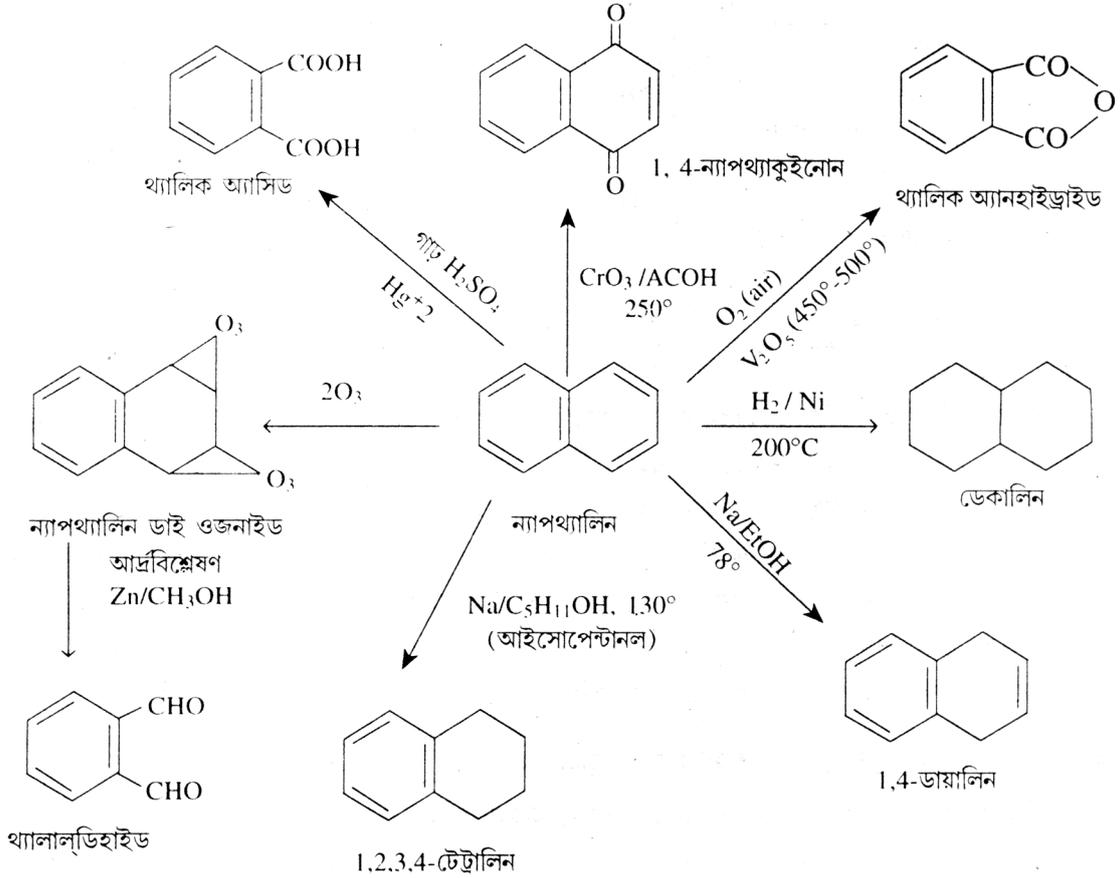
(2) রাসায়নিক বিক্রিয়া : আগেই বলা হয়েছে ন্যাপথ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ। ইহা যেমন যুত

যৌগ গঠন করে তেমনি আবার সহজেই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াতেও অংশগ্রহণ করে। এবার আমরা এই বিক্রিয়াগুলি সম্বন্ধে আলোচনা করব।

(i) বিজারণ ক্রিয়া : বিভিন্ন বিজারকের সাহায্যে ন্যাপথ্যালিন বিজারিত হয়ে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে। সোডিয়াম ও ইথানলকে বিজারক হিসাবে ব্যবহার করলে ক্ষণস্থায়ী 1 : 4—ডাই-হাইড্রোন্যাপথ্যালিন বা 1 : 4 ডায়ালিন; আবার যদি সোডিয়াম ও আইসোপেন্টানলের সাহায্যে বিজারিত করা হয় তাহলে 1 : 2 : 3 : 4—টেট্রাহাইড্রোন্যাপথ্যালিন বা টেট্রালিনে পরিণত হয়। নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ন্যাপথ্যালিনকে সম্পূর্ণরূপে বিজারিত করে ডেকাহাইড্রোন্যাপথ্যালিন বা ডেকালিনে রূপান্তরিত করে।

(ii) জারণ ক্রিয়া : O_3 ; $K_2Cr_2O_7$ / গাঢ় H_2SO_4 ; CrO_3 / গ্ল্যাসিয়েল $ACOH$; গাঢ় $H_2SO_4/HgSO_4$ বা O_2 (বায়ু) / V_2O_5 ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে।

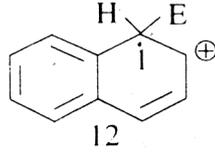
উপরের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলি নিচে সমীকরণের সাহায্যে দেখান হল।



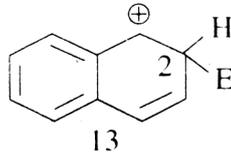
(ii) প্রতিস্থাপন ক্রিয়া (Substitution reactions) : আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে ন্যাপথ্যালিন ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। সাধারণত প্রথম প্রতিস্থাপকটি C – 1 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত

হয়। ইলেকট্রোফাইলটি (E^{\oplus}) C-2 কার্বনের তুলনায় কেন C-1 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তা আমরা সহজেই ব্যাখ্যা করতে পারি। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নের (Carbocation) স্থিতিরতাই এই বিক্রিয়ার পথনির্দেশ করে। এবার আমরা দেখি কোন কার্বোক্যাটায়নটি বেশি স্থিতির।

যখন ইলেকট্রোফাইলটি (E^{\oplus}) C-1 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তখন কার্বোক্যাটায়ন হবে।

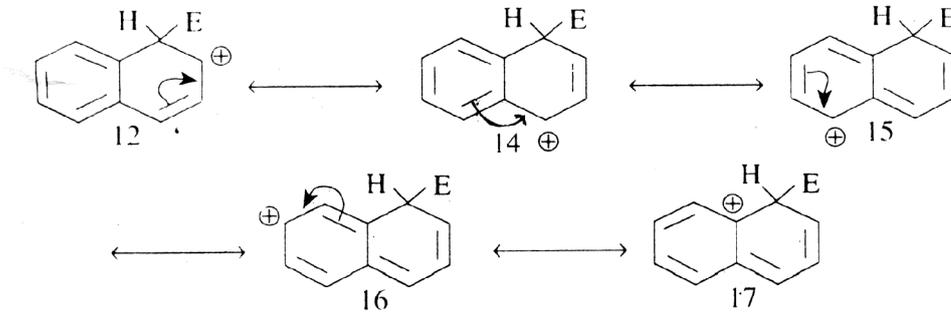


আবার যখন ইলেকট্রোফাইলটি (E^{\oplus}) C-2 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় তখন কার্বোক্যাটায়ন হবে।

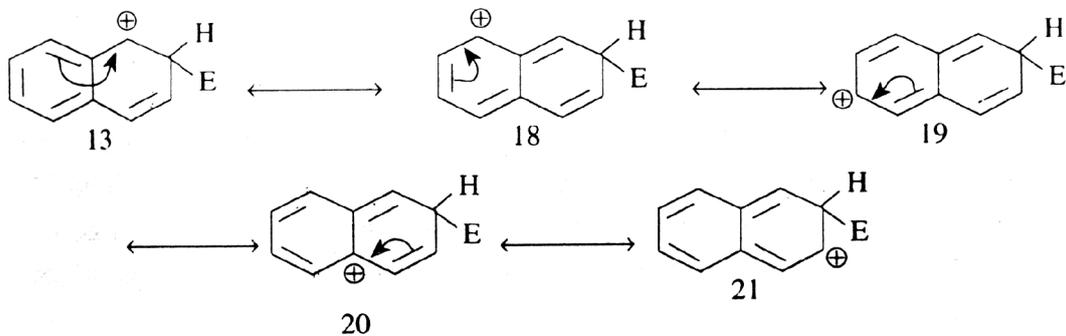


কার্বোক্যাটায়ন (12) ও কার্বোক্যাটায়ন (13)-এর Resonating structures-গুলি নিচে দেখান হল।

কার্বোক্যাটায়ন (12)-এর Resonating structures :

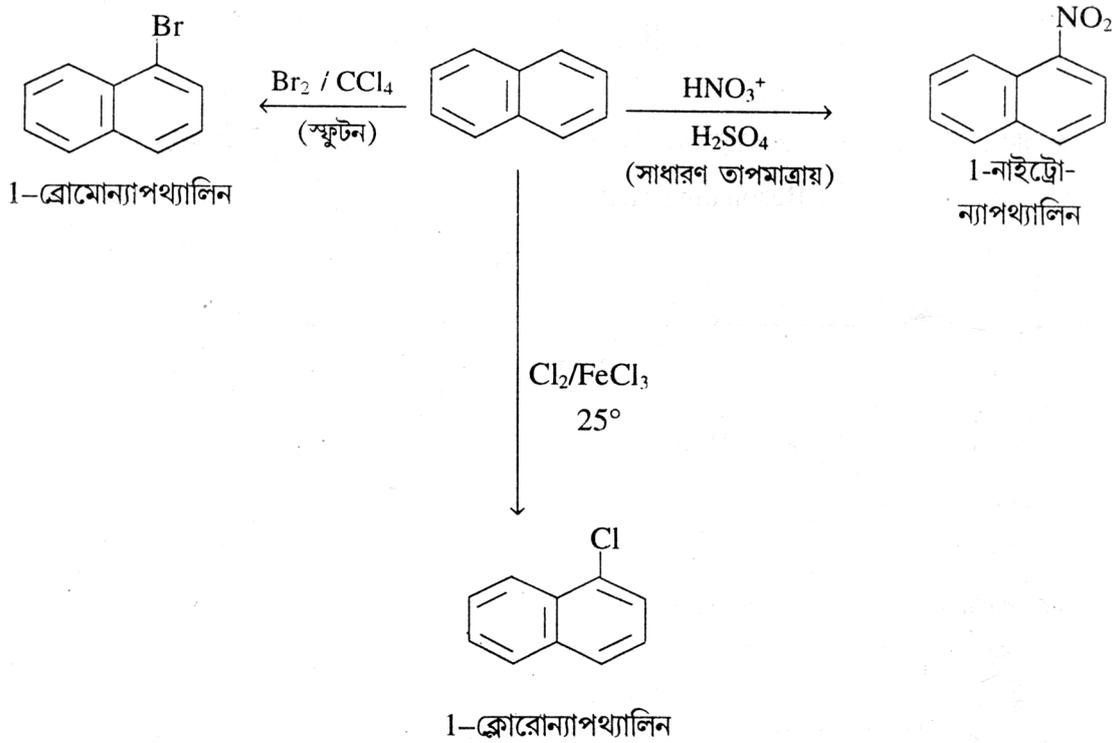


কার্বোক্যাটায়ন (13)-এর Resonating structures :

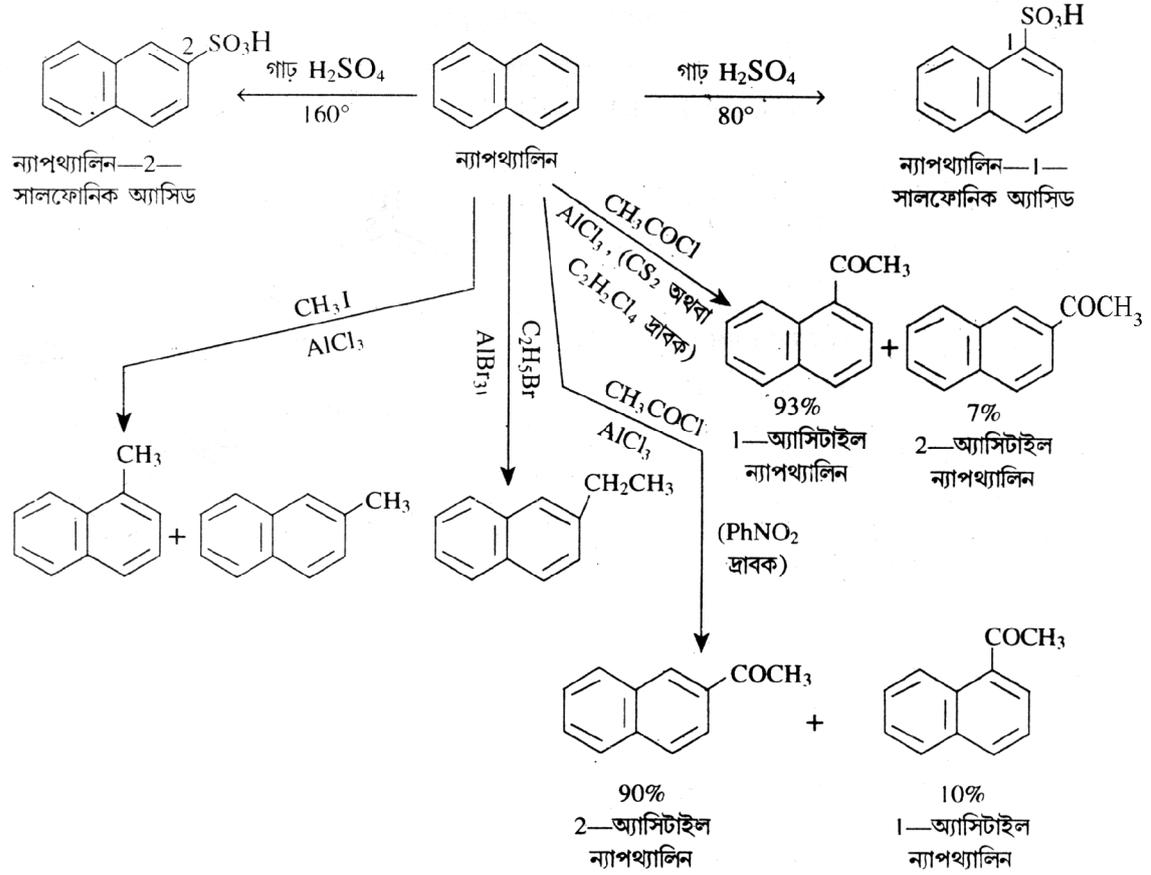


প্রত্যেক ক্ষেত্রেই পাঁচটি করে Resonating Structures সম্ভব। কিন্তু প্রথম ক্ষেত্রে (কার্বোক্যাটায়ন 12) দুটি Resonating structure (12 ও 14)-এর প্রত্যেকটিতে একটি করে বেঞ্জিন বলয় আছে। দ্বিতীয়ক্ষেত্রে (কার্বোক্যাটায়ন 13) মাত্র একটি Resonating structure (13)-এ বেঞ্জিন বলয় আছে। তাই কার্বোক্যাটায়ন (12)-এর ক্ষেত্রে 12 ও 14, বাকি তিনটি কার্বোক্যাটায়নের (15,16 ও 17) তুলনায় বেশি সুস্থিত। আর কার্বোক্যাটায়ন (13)-এর ক্ষেত্রে একমাত্র 13 বাকি চারটির তুলনায় (18, 19, 20 ও 21) বেশি সুস্থিত।

উপরের আলোচনা থেকে আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে কার্বোক্যাটায়ন (12), কার্বোক্যাটায়ন (13) এর তুলনায় বেশি সুস্থিত। তাই E^{\oplus} ইলেকট্রোফাইলটি ন্যাপথ্যালিনের C_1 -কার্বনের সঙ্গে প্রথম যুক্ত হয়ে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন, নাইট্রেশন (Nitration), হ্যালোজিনেশন (Halogenation) বিক্রিয়া।



কিন্তু সালফোনেশন (Sulphonation) ও ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ (Friedel-Crafts) বিক্রিয়া দুটি এদের থেকে একটু আলাদা। প্রথমক্ষেত্রে তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য 1-অথবা 2- ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আবার দ্বিতীয় ক্ষেত্রে অ্যালকিল হ্যালাইড ($R-X$) বা অ্যাসাইল হ্যালাইড ($R-CO-X$)-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় দুটি সমাবয়বের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। অ্যালকিল হ্যালাইডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে আবার মিশ্রণ নাও হতে পারে।



AlCl_3 -এর উপস্থিতিতে ন্যাপথ্যালিনের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের (CH_3COCl) বিক্রিয়া দ্রাবকের উপর নির্ভরশীল। উপরের বিক্রিয়ায় লক্ষ্য করুন ন্যাপথ্যালিন ও CH_3COCl যখন কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) বা টেট্রাক্লোরো ইথেন ($\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$) দ্রাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করে তখন 1 - অ্যাসিটাইল ন্যাপথ্যালিন 93% ও 2-অ্যাসিটাইল ন্যাপথ্যালিন 7% উৎপন্ন হয়। আবার একই বিক্রিয়া যদি নাইট্রোবেঞ্জিন (PhNO_2) দ্রাবকের উপস্থিতিতে ঘটে তবে 2-অ্যাসিটাইল ন্যাপথ্যালিন 90% ও 1-অ্যাসিটাইল ন্যাপথ্যালিন 10% উৎপন্ন হবে।

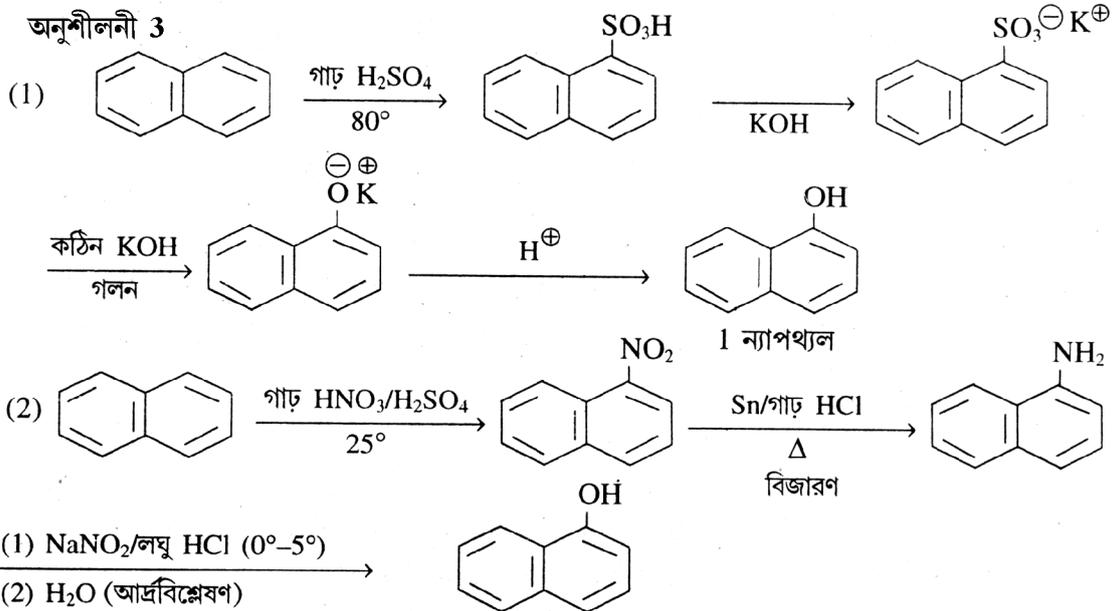
এখানে সালফোনেশন বিক্রিয়াটির জন্যও ব্যাখ্যার প্রয়োজন আছে। একটু লক্ষ্য করলে দেখবেন যে, নিম্ন তাপক্ষে (80°) অধিক পরিমাণে 1-সালফোনিক অ্যাসিড ও উচ্চ তাপক্ষে (160°) অধিক পরিমাণে 2-সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আবার যদি 1-সালফোনিক অ্যাসিডকে 160° তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, তবে 1 ও 2-ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক অ্যাসিডের মিশ্রণ সাম্যাবস্থায় থাকে যার মধ্যে 2-সালফোনিক অ্যাসিডের পরিমাণই বেশি। অর্থাৎ অধিক তাপমাত্রায় 2 সালফোনিক অ্যাসিড যৌগটি বেশি সুস্থির। তাই বলা যায়, ন্যাপথ্যালিন-1 - সালফোনিক অ্যাসিড যৌগটি গতি নিয়ন্ত্রিত (Kinetically controlled) এবং ন্যাপথ্যালিন-2-সালফোনিক অ্যাসিড যৌগটি তাপগতি নিয়ন্ত্রিত (Thermodynamically controlled)

ন্যাপথ্যালিন—1-সালফোনিক অ্যাসিড, ন্যাপথ্যালিন—2-সালফোনিক অ্যাসিডের চেয়ে কম সুস্থির, কারণ C-8 কার্বনের হাইড্রোজেনের, সঙ্গে C-1 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-\text{SO}_3\text{H}$) স্থানাভাবে বাধাপ্রাপ্ত হয় (steric hindrance)। কিন্তু $-\text{SO}_3\text{H}$ মূলক যদি C-2 কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে steric hindrance-এর প্রশ্রুটি আসে না।

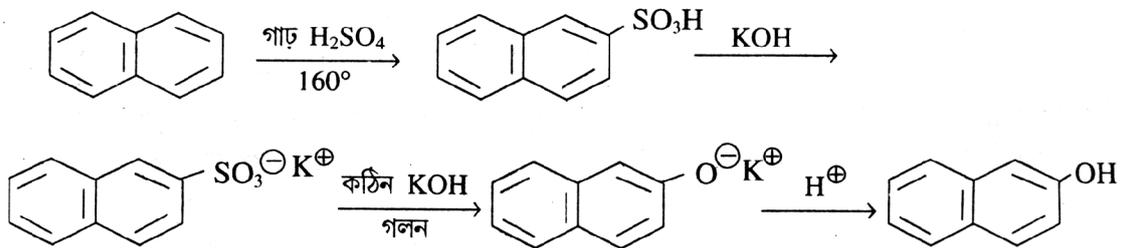


এবার ন্যাপথ্যালিন থেকে ন্যাপথ্যাল ও ন্যাপথ্যাইল অ্যামিন কীভাবে প্রস্তুত করা হয় তার আলোচনা করবো।

I-ন্যাপথ্যাল বা α -ন্যাপথ্যলের প্রস্তুতি :

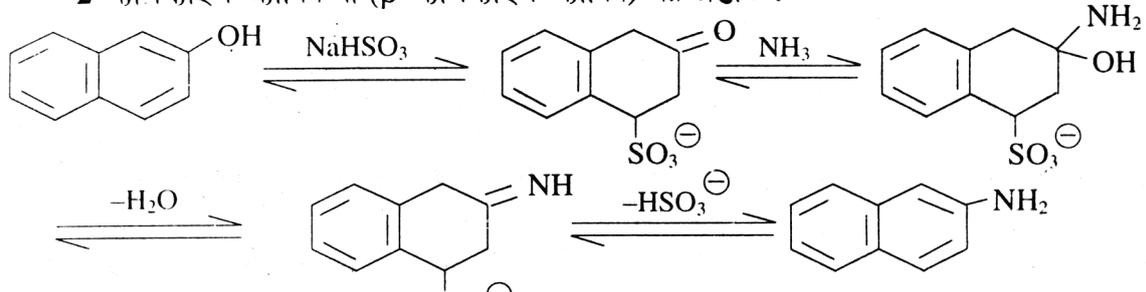


2-ন্যাপথ্যাল বা β -ন্যাপথ্যাল) প্রস্তুতি :



1-ন্যাপথ্যাইল অ্যামিন (α -ন্যাপথ্যাইল অ্যামিন)-এর প্রস্তুতি উপরে দেখান হয়েছে।

2-ন্যাপথ্যাইল অ্যামিন বা (β -ন্যাপথ্যাইল অ্যামিন)-এর প্রস্তুতি :



- বেঞ্জিন ও ন্যাপথ্যালিনের মস্কে SO_3^- কৌন্টি বেশি সক্রিয়? যুক্তি দিন।
- নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে ন্যাপথ্যালিনকে হাইড্রোজেন দিয়ে সম্পূর্ণরূপে বিজারিত করলে যে যৌগটি পাওয়া যায় সেটির নাম ও গঠন লিখুন।
- ন্যাপথ্যালিন থেকে থ্যালিক অ্যাসিড কীভাবে প্রস্তুত করবেন? বিক্রিয়া লিখুন।

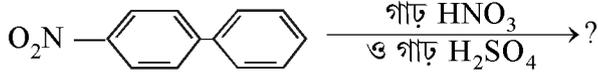
7.5 সারাংশ

- এই এককে আমরা বিচ্ছিন্ন ও সংহত সিস্টেমের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (প্রথম অংশ) সম্বন্ধে রাসায়নিক তথ্য জানতে পেরেছি।
- বিচ্ছিন্ন সিস্টেমের হাইড্রোকার্বনগুলির (যেমন বাইফিনাইল, ডাইফিনাইল মিথেন, হেক্সাফিনাইল ইথেন), ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার সম্বন্ধে জানতে পেরেছি।
- সংহত সিস্টেমের মধ্যে শুধু ন্যাপথ্যালিনই আমাদের আলোচ্য বিষয়ের মধ্যে ছিল।
- ন্যাপথ্যালিনের গঠন-কাঠামো নির্ণয়ের জন্য বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ পদ্ধতির প্রয়োগ কীভাবে করতে হয় তা দেখেছি। বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে আমরা প্রমাণ করেছি যে ন্যাপথ্যালিন অণুতে দুটি বেঞ্জিন বলয় অর্ধো-অবস্থানে যুক্ত। সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ন্যাপথ্যালিন প্রস্তুতির সময় হাওয়ার্থ, ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ ও বার্চ বিক্রিয়ার প্রয়োগ কীভাবে করা যায় তাও শিখেছি।
- হুকেলের নিয়ম (Hückel's rule) মেনে চলায় ন্যাপথ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ। এর রেজন্স্যান্স শক্তি (Resonance energy) 252 K.J mol^{-1}
- ন্যাপথ্যালিন অণুর $\text{C}_1 - \text{C}_2$ বন্ধন দূরত্ব 136 pm ও $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধন দূরত্ব 142 pm , অর্থাৎ $\text{C}_1 - \text{C}_2$ বন্ধনের দ্বিবন্ধন চরিত্র $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধনের দ্বিবন্ধন চরিত্র অপেক্ষা বেশি।

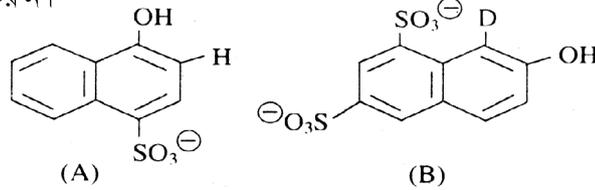
7.6 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- আলম্যান (Ullmann) পদ্ধতিতে বাইফিনাইল প্রস্তুত করতে ক্লোরো / ব্রোমো বেঞ্জিনকে কপার গুঁড়ার (Copper powder) সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে ভাল ফল পাওয়া যায় না। কিন্তু যদি ক্লোরো/ব্রোমো বেঞ্জিনের o/p অবস্থানে নাইট্রো মূলক ($-\text{NO}_2$) থাকে তবে সহজেই বিক্রিয়াটি ঘটে। কারণ উল্লেখ করুন।

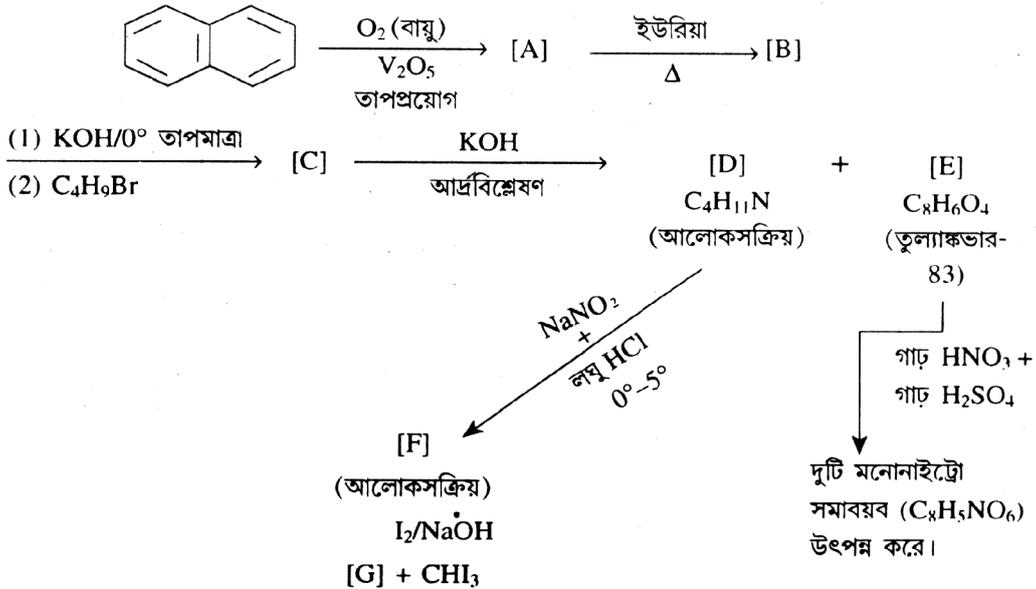
- অম্লের মাধ্যমে হাইড্রাজোবেঞ্জিনের বেঞ্জিডিনে রূপান্তরের সম্ভাব্য বিক্রিয়া কৌশল আলোচনা করুন।
- কি ঘটে কারণ উল্লেখ করে উত্তর দিন।



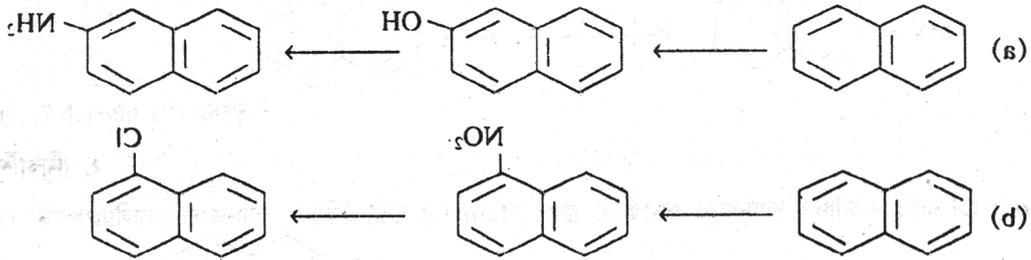
- ন্যাপথ্যালিনের গঠনমূলক সংকেতে দুটি বেঞ্জিন বলয় অর্থোঅবস্থানে যুক্ত আছে। বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করে ইহার সত্যতা প্রমাণ করুন।
- একটি ইলেকট্রোফাইল A^\oplus ন্যাপথ্যালিনের C_1 বা C_2 -কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে দুটি পৃথক কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন করে। কোন কার্বোক্যাটায়নটি বেশি সুস্থির বলে আপনার মনে হয় এবং কেন?
- বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড যখন (A) যৌগটির সঙ্গে বিক্রিয়া করে তখন কোন সমস্থানিকের প্রভাব (Isotope effect) পড়ে না; কিন্তু (B) যৌগটির সঙ্গে বিক্রিয়া করলে সমস্থানিকের প্রভাব লক্ষ্য করা যায়। ব্যাখ্যা করুন।



- বার্চ (Birch) পদ্ধতির সাহায্যে α -টেট্রালোনকে ন্যাপথ্যালিনে রূপান্তর করা সম্ভব। বিকারকের নাম উল্লেখ করে বিক্রিয়াটির কৌশল দেখান।
- নিচের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন [A] থেকে [G] পর্যন্ত যৌগগুলি সনাক্ত করুন ও ব্যাখ্যা দিন।



ପ୍ରାକୃତିକ) । ନିମ୍ନ ଉଲ୍ଲେଖିତ ଉପାଦାନ ଉପରେ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା ପ୍ରକାରରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରାଯାଇପାରେ ।
(ଉପର ଉଲ୍ଲେଖିତ)



ପ୍ରଶ୍ନ ୧୩

୧ ନିମ୍ନଲିଖିତ

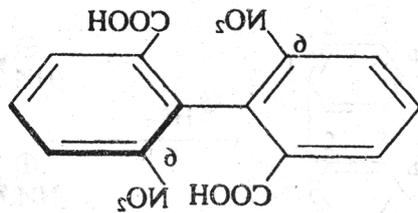
ଉପାଦାନ	ଉପାଦାନ
୩	୧
୧	୩
୩	୩
୨	୩

ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ

$$X + 2Na + 2H \rightarrow XH + 2NaH$$

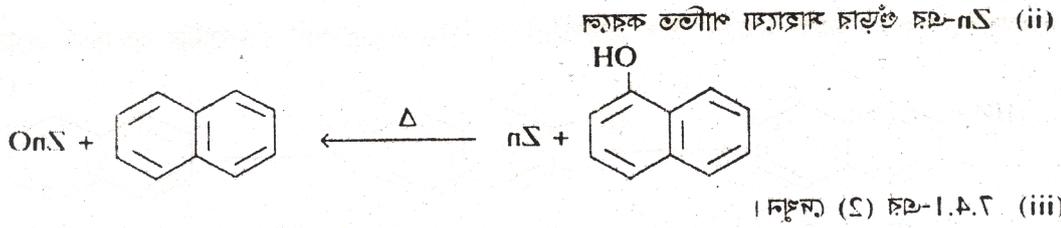
$$X + 2Na + 2R \rightarrow XR + 2NaR$$

 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ



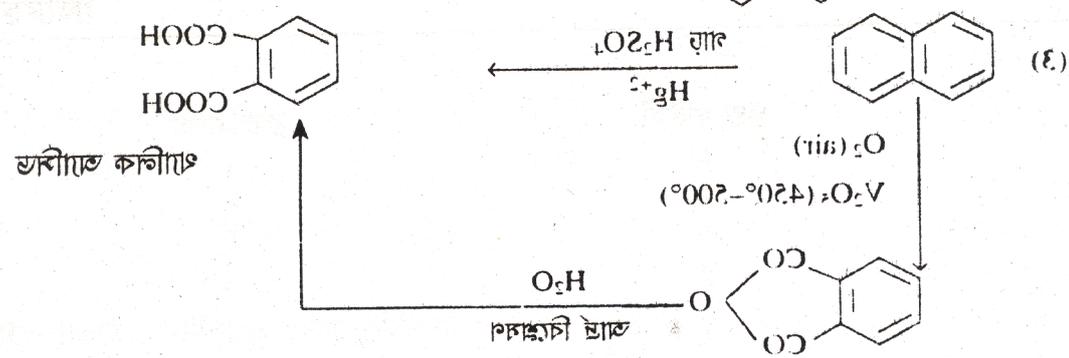
ଉପାଦାନ ୧,୨,୩,୪
 ୧ ନିମ୍ନଲିଖିତ

ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ
 ଉପାଦାନ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ ଏବଂ ଉପାଦାନ : ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଉ

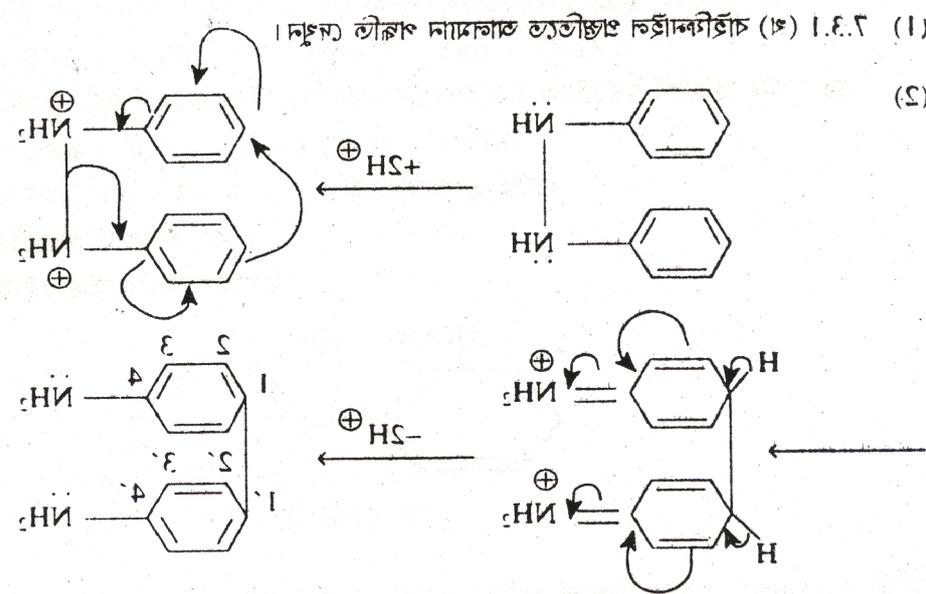


৪. বিকল্পিত

(1) $\text{C}_{10}H_8 + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{C}_{10}H_6O_2 + \text{H}_2O$ (1)
 (2) $\text{C}_{10}H_8 + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{C}_{10}H_6O_2 + \text{H}_2O$ (2)

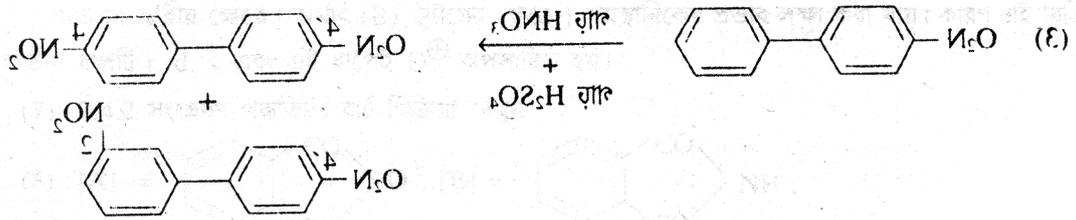


বিভিন্ন ধরনের



(1) $\text{C}_{10}H_8 + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{C}_{10}H_6O_2 + \text{H}_2O$ (1)

(2) $\text{C}_{10}H_8 + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{C}_{10}H_6O_2 + \text{H}_2O$ (2)



৪-নাইট্রোফেনল ও ৪-নাইট্রোবেনজিক অ্যাসিড দ্বারা প্রস্তুতকৃত ৪-নাইট্রো-১,১'-বিফেনিল (৪-নাইট্রোফেনাইল অ্যামিন) এর সংশ্লেষণের বিক্রিয়ায় HNO_3 ও H_2SO_4 যথাক্রমে অক্সিডেন্ট ও অ্যাসিড হিসেবে কাজ করে।

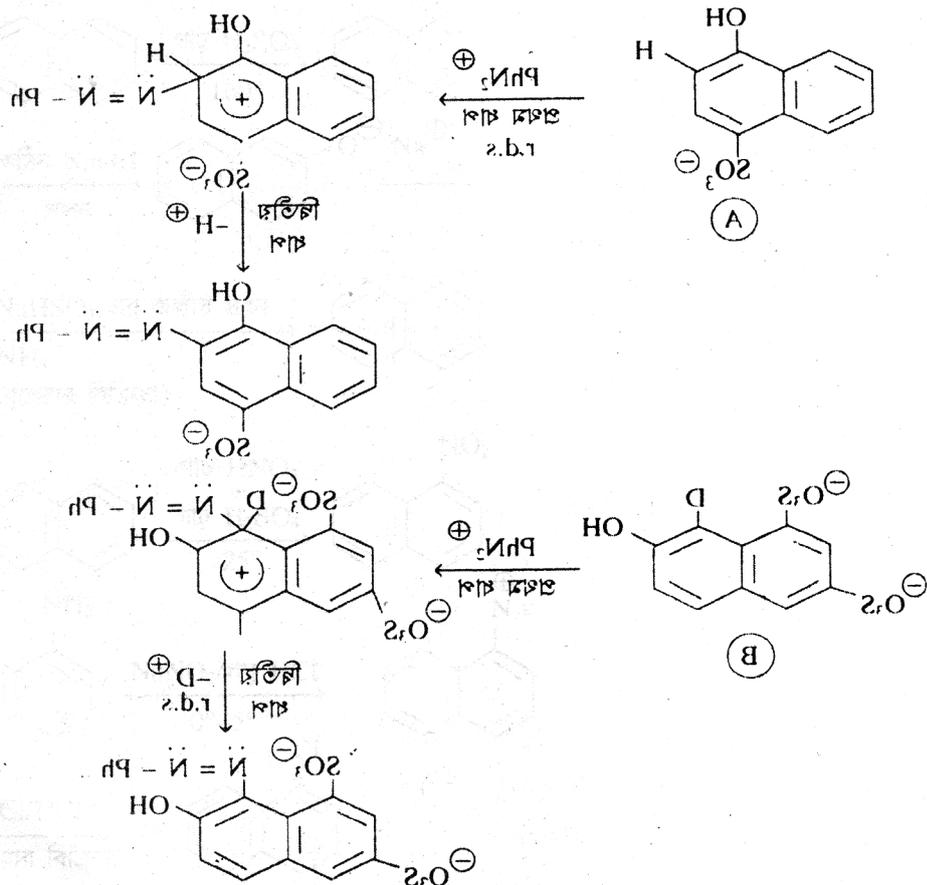
(৪) ১,১'-বিফেনিল-২,২'-ডিনাইট্রো

(৫) ১,১'-বিফেনিল-২,২'-ডিনাইট্রো

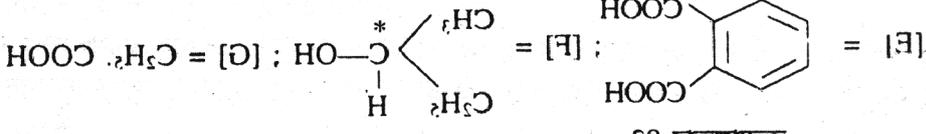
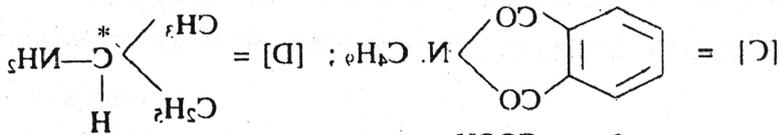
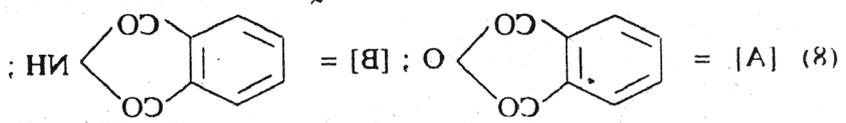
৪-নাইট্রোফেনল ও ৪-নাইট্রোবেনজিক অ্যাসিড দ্বারা প্রস্তুতকৃত ৪-নাইট্রো-১,১'-বিফেনিল (৪-নাইট্রোফেনাইল অ্যামিন) এর সংশ্লেষণের বিক্রিয়ায় HNO_3 ও H_2SO_4 যথাক্রমে অক্সিডেন্ট ও অ্যাসিড হিসেবে কাজ করে।

(ii) বিক্রিয়ায় C-H-C-D বিন্যাসের C-H বা C-D বন্ডের H বা D পরমাণুটি বিক্রিয়ায় অংশ নেয়।

(iii) A অথবা B বিন্যাসের H বা D পরমাণুটি বিক্রিয়ায় অংশ নেয়।

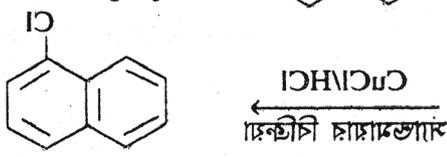
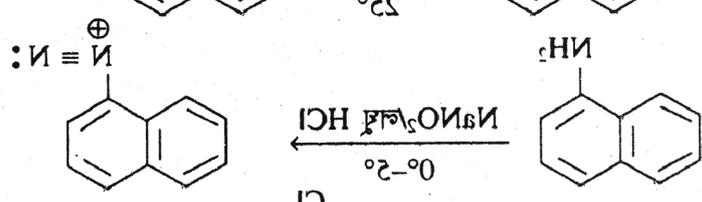
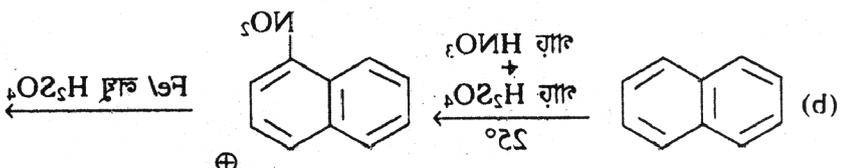
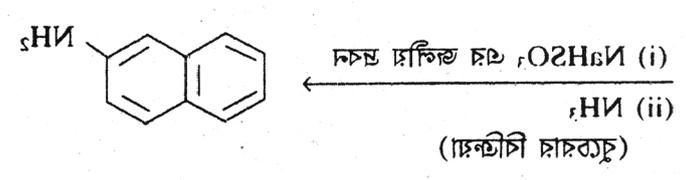
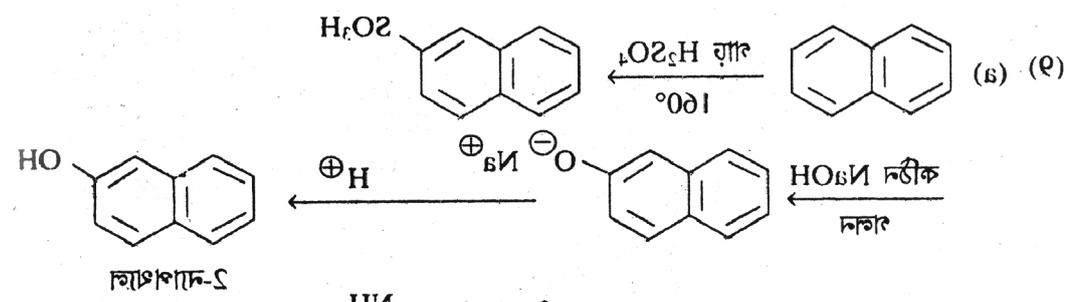


ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କର ନାମ ଲେଖନ୍ତୁ । (A) ଲାଲ ରଙ୍ଗର ଦ୍ରବଣ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥ । (B) ଲାଲ ରଙ୍ଗର ଦ୍ରବଣ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥ । (C) ଲାଲ ରଙ୍ଗର ଦ୍ରବଣ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥ । (D) ଲାଲ ରଙ୍ଗର ଦ୍ରବଣ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥ ।



ଅଣୁଗଣନା-୪୮

(E) ଲାଲ ରଙ୍ଗର ଦ୍ରବଣ ଦେଖାଇବା ପାଇଁ ଦିଆଯାଇଥିବା ପଦାର୍ଥ ।



(୧) ନିତକାଧ୍ୟାୟିତ୍ର କବିତାସାହସାୟତ □ ୫ କକତ୍ର

(୩୭ତ ହତ୍ତିତ୍ତି) ନିତକାଧ୍ୟାୟିତ୍ର ହାତ୍ତିକ୍ତିତ୍ତିନିତ୍ତିତ୍ତି

ହାତ୍ତିତ୍ତିନିତକାଧ୍ୟାୟିତ୍ର କନିତ୍ତିତ୍ତିନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ଓ ନାତ୍ତିତ୍ତିକ୍ତି ନିତ୍ତିନାତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି

	ନିତ୍ତିତ୍ତି
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫
ହାତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି କାତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି-ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି-ନିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ଓ ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତି-ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି : ନିତ୍ତିତ୍ତି କବିତାସାହସାୟତ ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
	ହାତ୍ତିତ୍ତି
କକ୍ତିକ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ଓ କକ୍ତିକ୍ତି-ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି କନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ଓ ନିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
ହାତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିନାତ୍ତିତ୍ତି କାତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ନିତ୍ତିନାତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତି (Pachori) ନିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତି (Haworth) ନିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତି (Barbhan-Dengupta) ନିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତି (Robert-Cook) କକ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତି (Stobbe) ନିତ୍ତି	
ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି ଓ ନିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତିତ୍ତି	୧.୫.୫

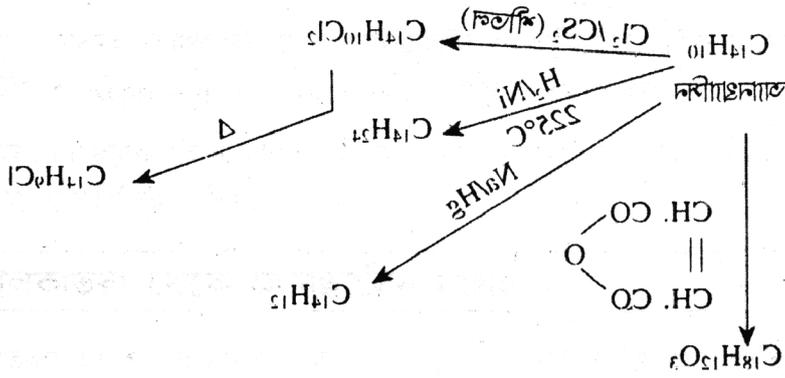
ক্যান্সিয়ারিনামের রূপ রাসায়নিক তত্ত্বের আলোকে ক্যান্সিয়ারিনামের রাসায়নিক-নামকরণ (১) ও (১)
 ১০১১ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ। এই রাসায়নিক নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের

: তীক্ষ্ণ পদার্থের : নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের ১.১.৪

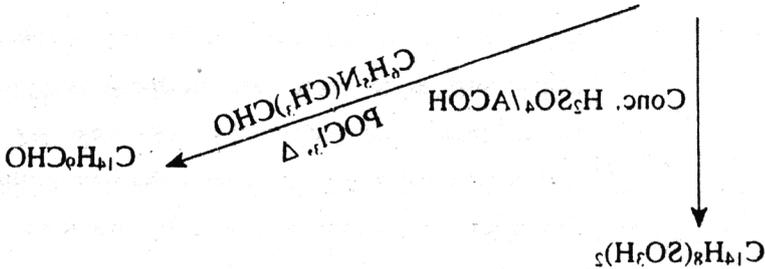
নামকরণের মানবিক নামকরণ পদ্ধতির নামকরণ $C_{14}H_{10}$ অক্সিজেন ক্যান্সিয়ারিনামের (i)
 ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ। ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের

—নামকরণ। ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের (ii)

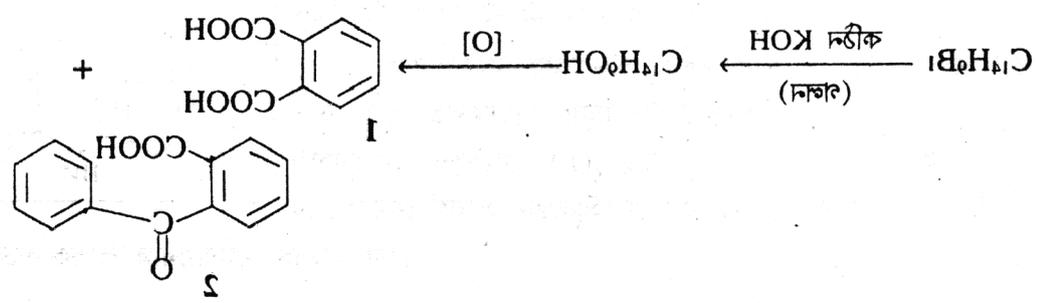
: নামকরণ তত্ত্ব



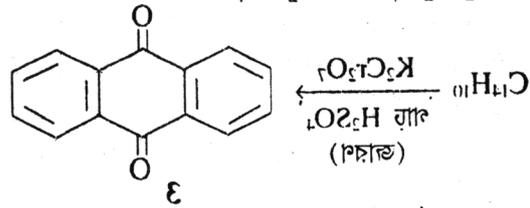
: নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের



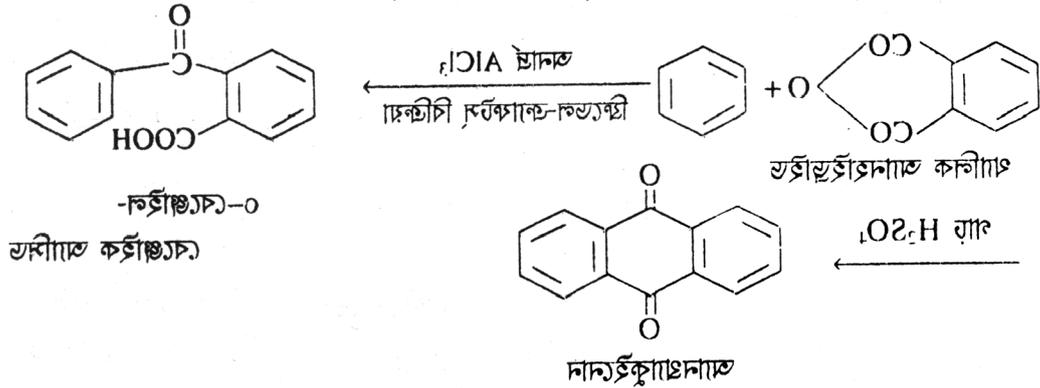
ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ (iii)
 ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ
 ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ ক্যান্সিয়ারিনামের নামকরণ



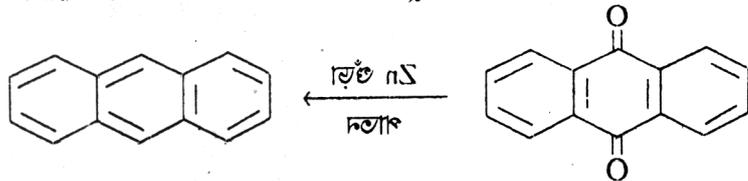
1. ରୂପକ ସମ୍ପର୍କ (3) ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ରୂପକ ଫ୍ଲୋରୋଲି କ୍ଷେତ୍ର H_2O_4 ଗାମ $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ (vi)



1. ଘାସ ଫାକ ଫ୍ରେନି ଫ୍ୟାଡ୍ରାକ୍ ହାଇଡ୍ରୋଲିସି (Friedel-Crafts) ସର୍ବମ୍ପାଳ-ଲଭ୍ୟକ୍ସି ନଠାଃ ହୁଣ୍ଡ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ



1. ଘାସ ଫାଡ୍ରାକ୍ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଲ୍ୟାକ୍ ତତୀଃ କ୍ୟାନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଅତୀକ୍ଷିପତ୍ ହାଡ଼ଂ Δ -n (v)

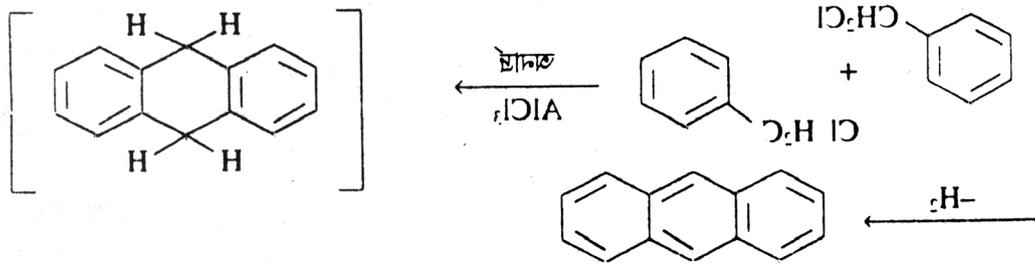


ଏ ନକ୍ଷତ୍ରୀ ଗାଁ ଅତୀକ୍ଷିପ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଘାସ ଫାଡ୍ରାକ୍ ଶ୍ୟାଲ୍ଲକ୍ଷି ଡିଃ ଲ୍ୟାକ୍ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ବିଶାଫ୍ଲୋରୋଲି ଘାସ୍ତ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଫ୍ୟାଡ୍ରାକ୍ ହାଇଡ୍ରୋଲିସି ଫଳକ୍ଷ୍ୟାତ୍ ହାସ୍ତ। କର୍ମାଂ ଲ୍ୟାକ୍ଷ୍ୟାତ୍ ଗାଁଦତୀ ଘାସ୍ତ ହାସ୍ତ। ଘାସ୍ତ ନକ୍ଷିପ ଗାଁ ଶ୍ୟାଲ୍ଲକ୍ଷି ହାସ୍ତ ଲ୍ୟାକ୍ଷ୍ୟାତ୍ ଏ ରୂପକ ଘାସ୍ତ ଶ୍ୟାଲ୍ଲକ୍ଷ୍ୟାତ୍ ହାସ୍ତ। ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ ହାସ୍ତ । ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ

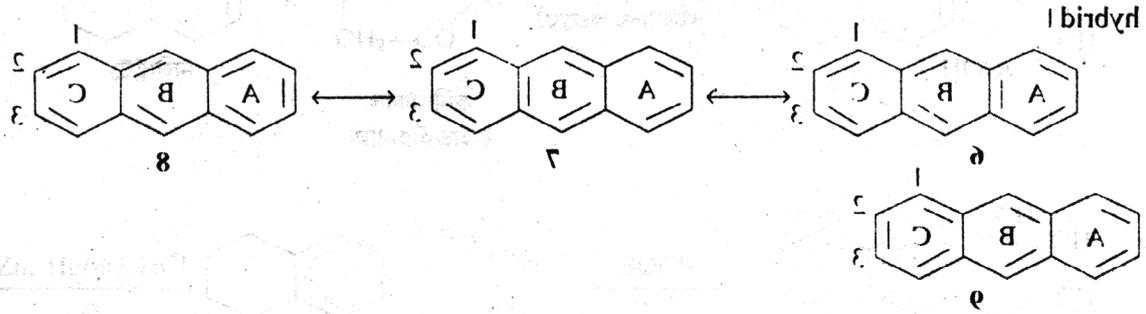
: ତିକ୍ଷାଫ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଅତୀକ୍ଷାଫ ଫଳକ୍ଷ୍ୟାତ୍

ଫ୍ଲୋରୋଲି କ୍ଷେତ୍ର H_2O_4 ଘାସ୍ତ, ଅତୀକ୍ଷାଫ ଲ୍ୟାକ୍ଷ୍ୟାତ୍ : ଫ୍ଲୋରୋଲି (Friedel-Crafts) ସର୍ବମ୍ପାଳ-ଲଭ୍ୟକ୍ସି (1)

1. ଘାସ୍ତ ଅତୀକ୍ଷାଫ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଫଳକ୍ଷ୍ୟାତ୍ ହାସ୍ତ। ଘାସ୍ତ ଘାସ୍ତ ନାଲ୍ୟୁକ୍ଟାଫେନୋଲ ଅତୀକ୍ଷାଫ-ଡିଃ ଘାସ୍ତ ଲ୍ୟାକ୍



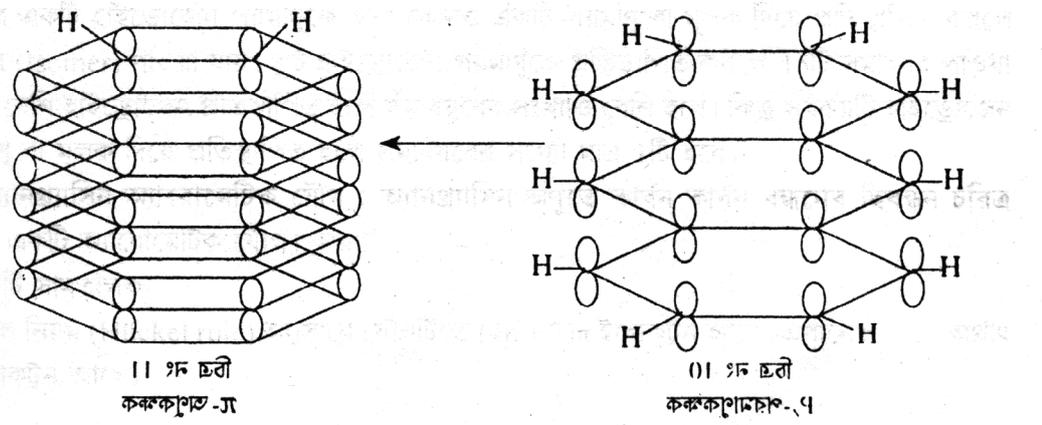
ଅଭ୍ୟାସ ୧୩ । ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନାକୁ ଉପଯୋଗ କରି ତୁମ୍ଭେ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ନିୟମାବଳୀରୁ ଉପଯୁକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା (iii) ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 (iii) ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା (iii) ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା (iii) ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।



ଫଳସ୍ୱରୂପେ ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

ଫଳସ୍ୱରୂପେ ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
 ଉକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

୩.୨.୫.୫ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା (Molecular orbital) କକ୍ଷକଗୁଡ଼ିକର ଉପଯୋଗ କରି ନିମ୍ନୋକ୍ତ ନିୟମାବଳୀରୁ ଉପଯୁକ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା (iii) ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।



കർക്ക- ൧ രൂപം ദൃശ്യം വീക്ഷണ ശീതം (benzindylH) തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧൧൧ പാലാറ്റം നെടക വീക്ഷണ
 ചാലനം വനി ൭ ദൃശ്യം ദൃശ്യം നല്ലീട കരിതമാന വീതി ൧൧൧ തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ (രീ ൧൧൦1) । ദൃശ്യം
 ദൃശ്യം ൧൧ ദൃശ്യം । ദൃശ്യം ദൃശ്യം കർക്ക- ൧൧ ദൃശ്യം ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ । ദൃശ്യം ദൃശ്യം
 ദൃശ്യം । തിരഞ്ഞെടുത്ത വനി ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത ൧൧ ദൃശ്യം ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ । ദൃശ്യം ദൃശ്യം
 ദൃശ്യം । ദൃശ്യം ദൃശ്യം (epolevne notelE) ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ ദൃശ്യം വീ । ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത
 । ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത (Electrochemical substitution) തിരഞ്ഞെടുത്ത കരിതമാനം തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ ദൃശ്യം

ഃ തിരഞ്ഞെടുത്ത കരിതമാനം ൭ തിരഞ്ഞെടുത്ത ദൃശ്യം ൧.൧.൧

തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത । തിരഞ്ഞെടുത്ത ൧൧൧ തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത : തിരഞ്ഞെടുത്ത (1)

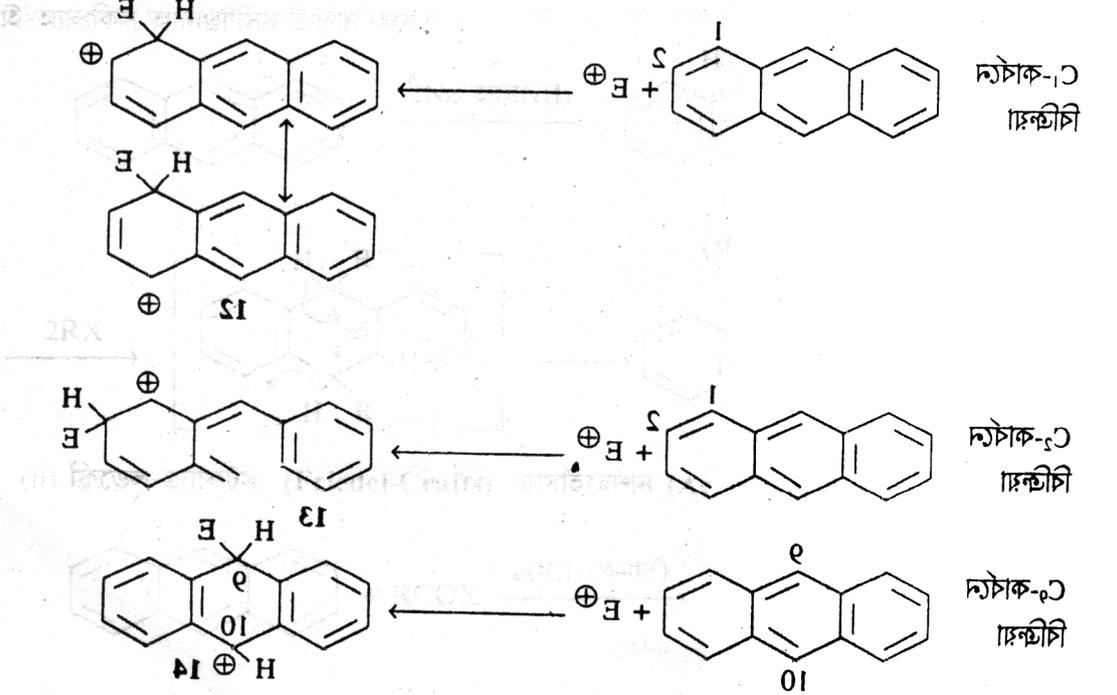
। ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത । ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത

(Electrochemical reduction) തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത : തിരഞ്ഞെടുത്ത (2)

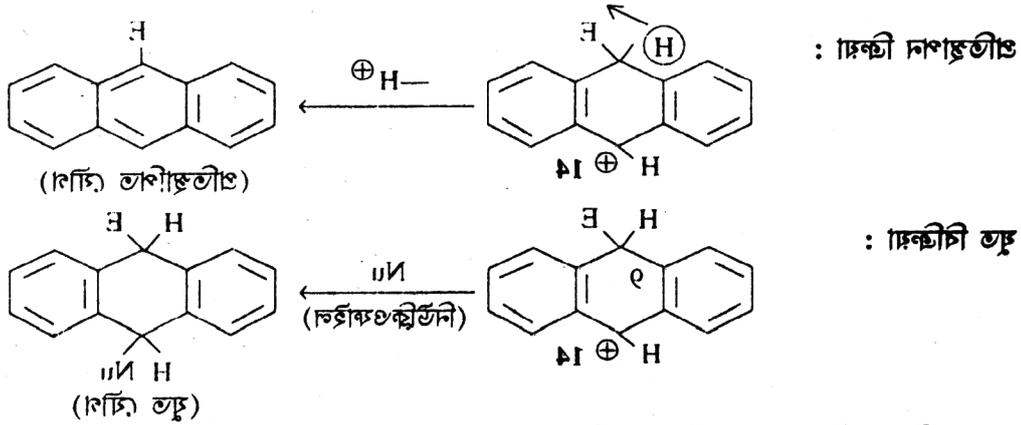
Electrochemical substitution തിരഞ്ഞെടുത്ത കരിതമാനം തിരഞ്ഞെടുത്ത- ൧ തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത

। തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത
 തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത

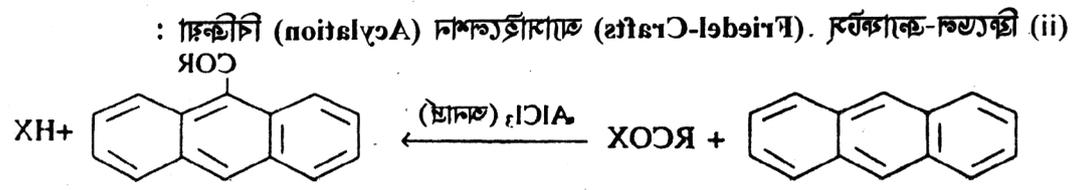
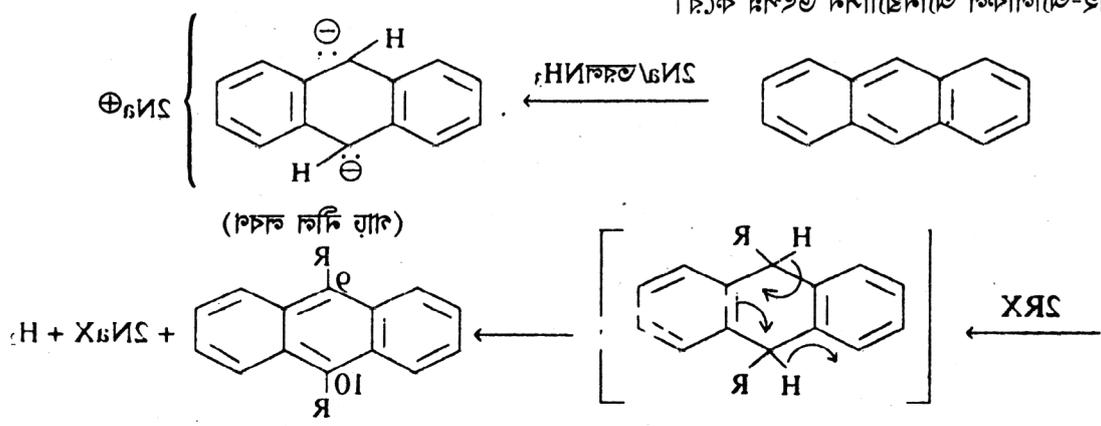
। ദൃശ്യം തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത തിരഞ്ഞെടുത്ത



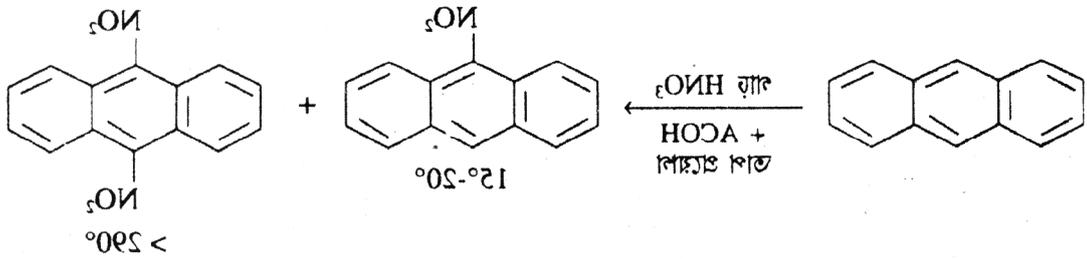
କ୍ୱୀଶ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଚଳାଚଳିତାପାପାନ । ନାମତେକ ସ୍ଥଳ ନକ୍ଷିତା କାନ୍ଧୁ ଶ୍ୱିତ୍ର ୩-୧୧ । ନୟାଗାକୋଟାକ ଛକ୍ୱି
 ଚ ୧⁻¹⁰ mol L⁻¹ × ୨ କ୍ୱୀଶ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଚଳାଚଳ ନକ୍ଷିତା ଶ୍ୱିତ୍ର ଚାତ ୧⁻¹⁰ mol L⁻¹ ୨୨୨ (resonance energy) ୨୨୨
 । ଚାତ ଚିତ୍ତ ଚିତ୍ତୀନୟାଗାକୋଟାକ ଚିତ୍ତ ପଚା ଚକ୍ୱିତ୍ର ଶିତା (୧୧) ନୟାଗାକୋଟାକ ଚାତ ୧⁻¹⁰ mol L⁻¹ ୩୦୩
 : ନୟାଗା । ଚାପା ଚାପା ଚାପା ଚାପା ଚାପା ୧-୧୧) ନୟାଗାକୋଟାକ



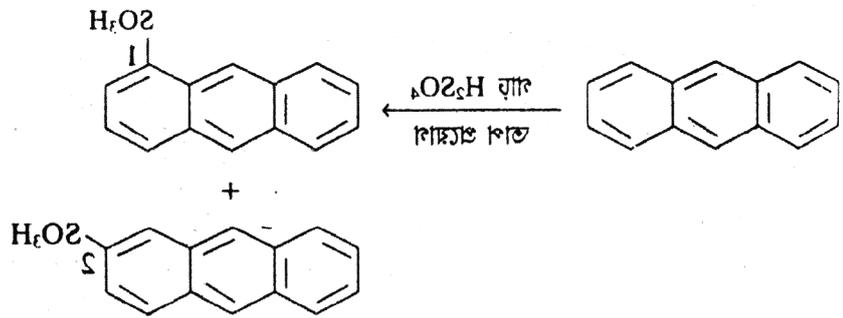
: ଚାତ ନୟାଗା ଚାପା ନୟାଗାଚିତ୍ତ କନିୟାସାଚ ଶ୍ୱିତ୍ରକ ଚାପାଚି ଚାପାଚିନୟାଗା
 : (noitalyIIA) ନୟାଗାଚିତ୍ତ (Friedel-Crafts) ଚାପାଚି-ଚାପାଚି : ନୟାଗା ନୟାଗାଚିତ୍ତ (i)
 ନୟାଗାଚିତ୍ତ ଚାପା । ଚାପା ଚିତ୍ତ ପଚା ନୟାଗାଚିତ୍ତ ଚାପା ନୟାଗାଚିତ୍ତ ଚାପା ଚାପା ଚାପା ନୟାଗାଚିନୟାଗା (i)
 ୦୧ ୧ ଚାପା ନୟାଗାଚିତ୍ତ ଚାପା ଚାପାଚିତ୍ତ ଚାପାଚିତ୍ତ ପଚା ନୟାଗାଚିତ୍ତ ଚାପା ଚାପା । ଚାପା ଚାପା ଚାପା ଶ୍ୱିତ୍ର
 । ଚାପା ଚାପାଚି ନୟାଗାଚିନୟାଗା ଚାପାଚିତ୍ତ-ଚାପା



(iii) Nitration (নির্ভীক):



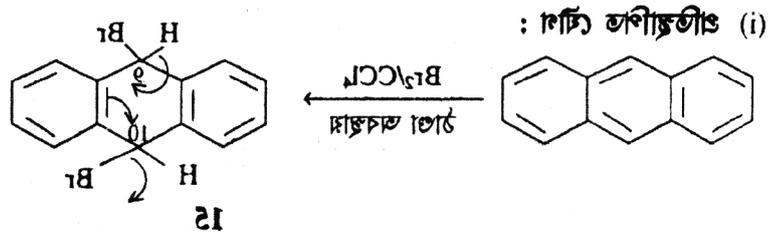
(iv) Sulfonation (সালফোনেশন):



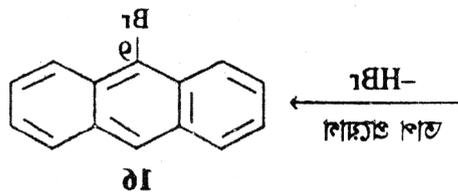
(v) Halogenation (হ্যালোজেনেশন):

১০-অক্সো-১০-হ্যালো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-halo-10-oxo-10-fluorene) হলো ১০-অক্সো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-oxo-10-fluorene) এর হ্যালোজেনেশন।

(i) ব্রোমিনেশন (Bromination):

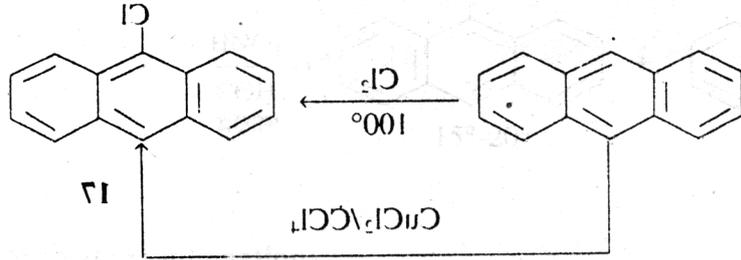


১০-অক্সো-১০-হ্যালো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-halo-10-oxo-10-fluorene) হলো ১০-অক্সো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-oxo-10-fluorene) এর হ্যালোজেনেশন।



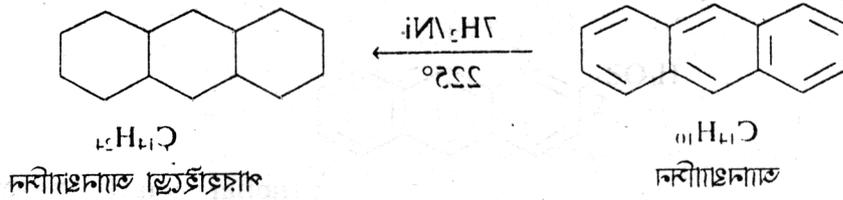
১০-অক্সো-১০-হ্যালো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-halo-10-oxo-10-fluorene) হলো ১০-অক্সো-১০-ফ্লুরেন-১-ইল (10-oxo-10-fluorene) এর হ্যালোজেনেশন।

100° ରେ କ୍ୟାଲୋରିମିଟ୍ରିକ୍ ମାପରେ 100% ରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବା 1-କ୍ଲୋରୋ-2-ନାଫଥଲିନ୍ (17) ର ସଂରଚନା ଓ ନାମ ଦିଅନ୍ତୁ ।

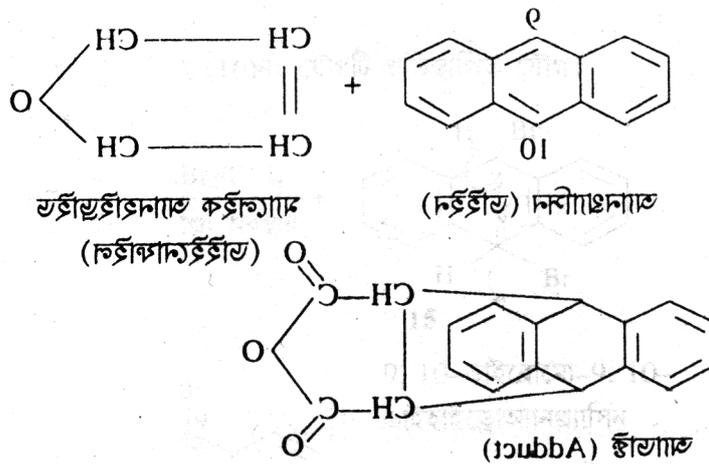


(ii) ଉଦାହରଣ :

(i) କ୍ୟାଲୋରିମିଟ୍ରିକ୍ ମାପରେ 225° ରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବା 1-ନାଫଥଲିନ୍ ର ସଂରଚନା ଓ ନାମ ଦିଅନ୍ତୁ ।



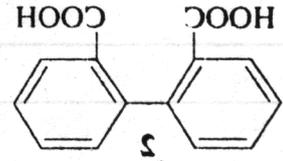
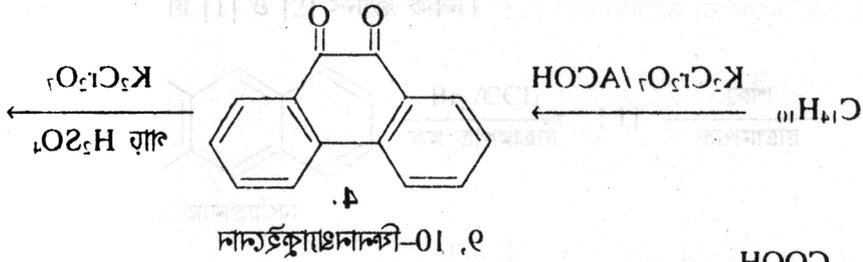
(ii) କ୍ୟାଲୋରିମିଟ୍ରିକ୍ ମାପରେ 100% ରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବା ମାଲିକ୍ ଆନ୍‌ହାଇଡ୍ରାଇଡ୍ (Maleic anhydride) ର ସଂରଚନା ଓ ନାମ ଦିଅନ୍ତୁ ।



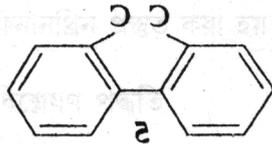
I ନିର୍ଦ୍ଦେଶିକା

- (i) କ୍ୟାଲୋରିମିଟ୍ରିକ୍ ମାପରେ 100% ରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବା ମାଲିକ୍ ଆନ୍‌ହାଇଡ୍ରାଇଡ୍ ର ସଂରଚନା ଓ ନାମ ଦିଅନ୍ତୁ ।
- (ii) କ୍ୟାଲୋରିମିଟ୍ରିକ୍ ମାପରେ 225° ରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବା 1-ନାଫଥଲିନ୍ ର ସଂରଚନା ଓ ନାମ ଦିଅନ୍ତୁ ।

: ছায়া ত্যাগ পদ্ধতি ও তত্তীর্ণকাল (১) অব্যাহত কনিফেরাত ক্যাচ) নষ্টীনাঙ্কসী

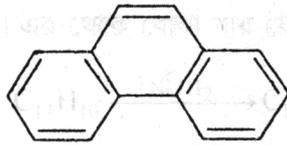


নষ্টীনাঙ্কসী ছ্যক ছভেনি ছাণ্ড ছন্যর্ক কসীপাত ছগীমু (৭টি) অব্যাহত কনিফেরাত ও নান্দর্জকুাষ্টীনাঙ্কসী
। ছায়া ত্যাগ নান্দর্জকুাষ্টীনাঙ্কসী (১) নান্দর্জকুাষ্টীনাঙ্কসী কসীপাত ছগীমু (৭টি)



চাষ্টক ছাণ্ড নষ্টীনাঙ্কসী ছীত, ছাব (অন্য) ছন্যর্ক ছুছ্য (৭) $C_{10}H_{10}$ তক্যগ কসীপাত ছন্যষ্টীনাঙ্কসী

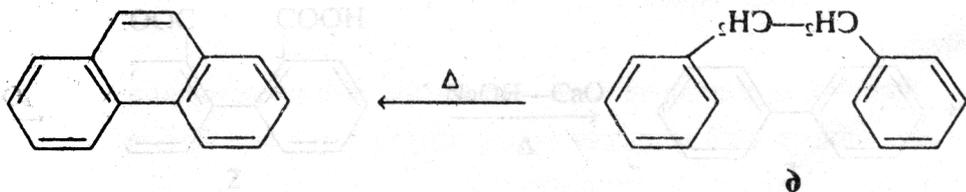
। ছায়া ত্যাগ ন্যর্ক



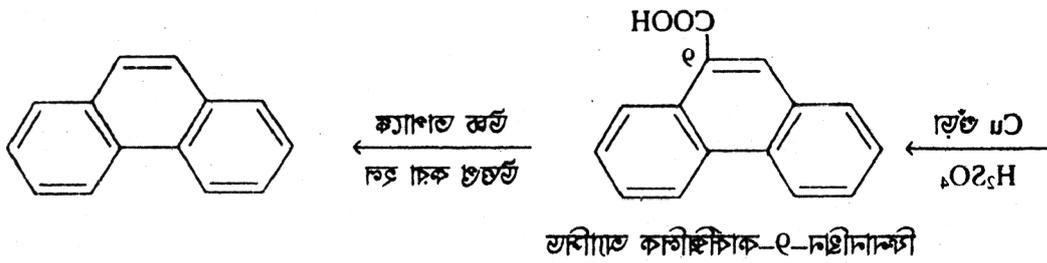
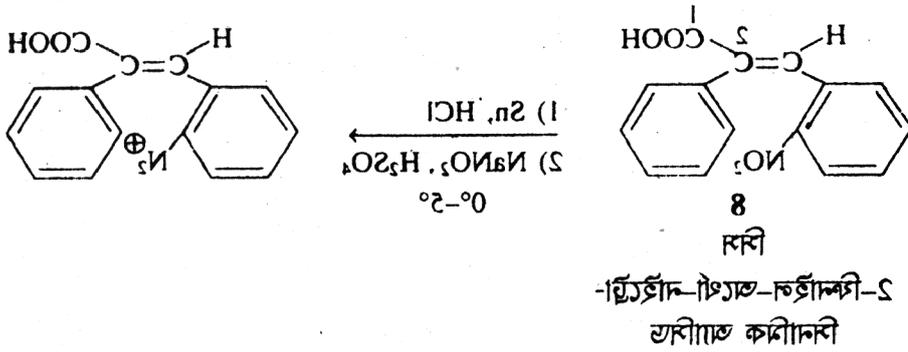
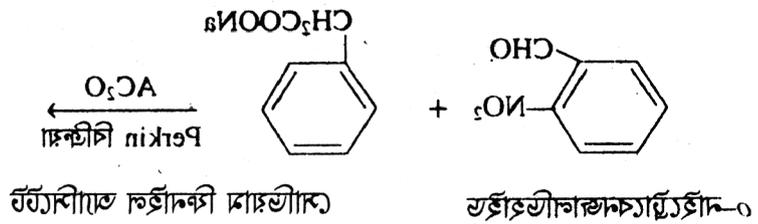
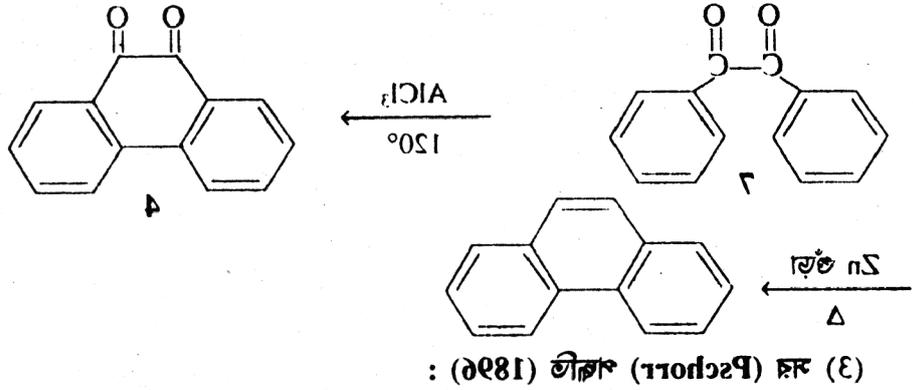
। ছায়া ত্যাগ ছক পান্ড ছ্যাষ্ট্রা কসীপাত কসীপাত ত কসী ছা নান্দর্জকুাষ্টীনাঙ্কসী

: তীষ্ট্রা নষ্টীনাঙ্কসী ছ্যাষ্ট্রা কসীপাত পন্যষ্ট্রা

। ছায়া ত্যাগ নষ্টীনাঙ্কসী ছ্যক ছন্যর্ক ছন্যর্ক ছন্যর্ক ছন্যর্ক ছন্যর্ক (১) কন্যর্জকুাষ্টীনাঙ্কসী (১)

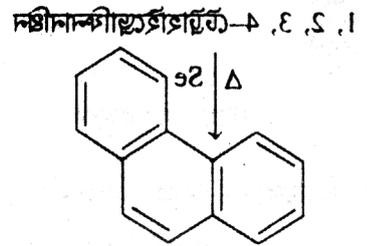
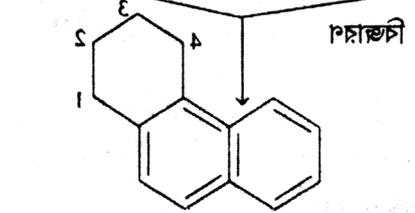
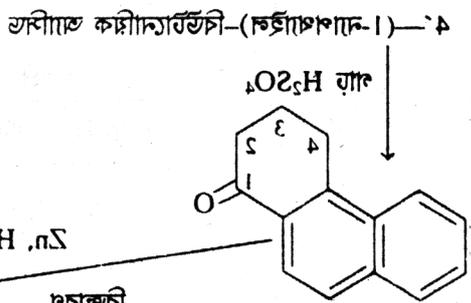
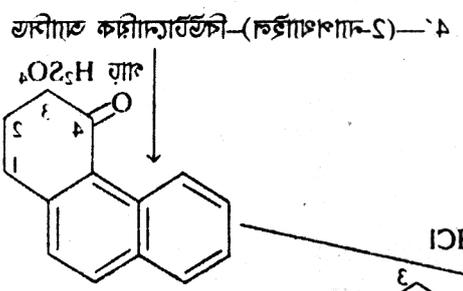
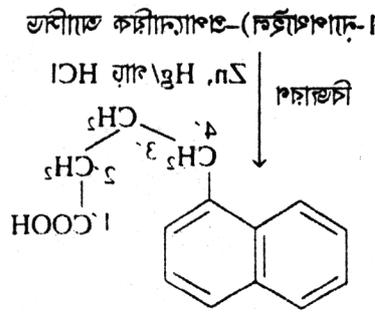
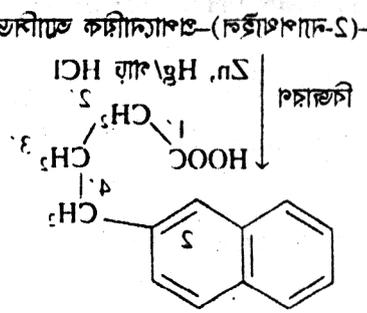
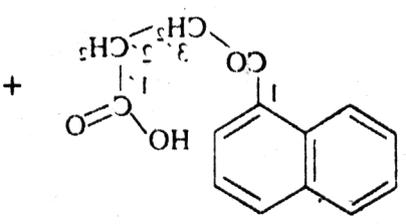
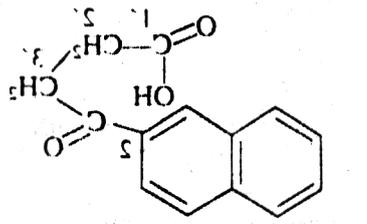
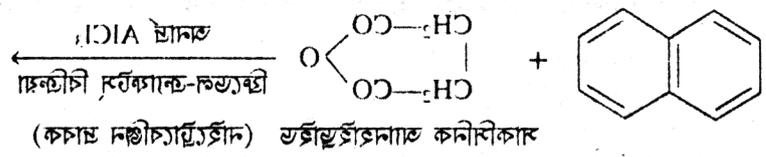


ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଉପରେ ଆଧାର କରି 150° ତାପମାନରେ AlCl_3 କୁ (7) ଲଞ୍ଜିତ (5) ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ତତ୍ପରାୟ ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଉପରେ ଆଧାର କରି ତିଆରି କରାଯାଇଛି ।



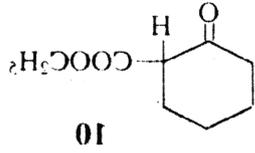
ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ (8) ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଉପରେ ଆଧାର କରି ତିଆରି କରାଯାଇଛି । ଫ୍ଲୋରୋଲ୍ୟୁକ୍ସୋଲିନିଆନ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମ ଉପରେ ଆଧାର କରି ତିଆରି କରାଯାଇଛି ।

(4) डार्वॉथ (Haworth) तंत्र (1932) :



(2) ବର୍ତ୍ତମାନ-ବର୍ତ୍ତମାନ (Barbhan-Denupita) ଶିକ୍ଷା (1932) :

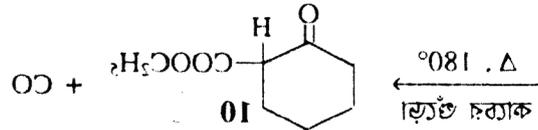
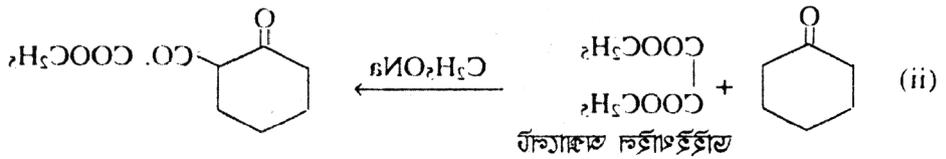
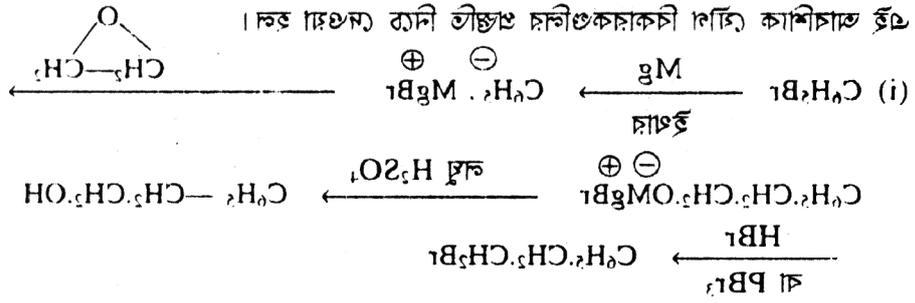
ଏହି ଶିକ୍ଷା ଉପରେ ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମଟି ଉପରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦାବଳୀ ଦିଆଯାଇଛି :



e

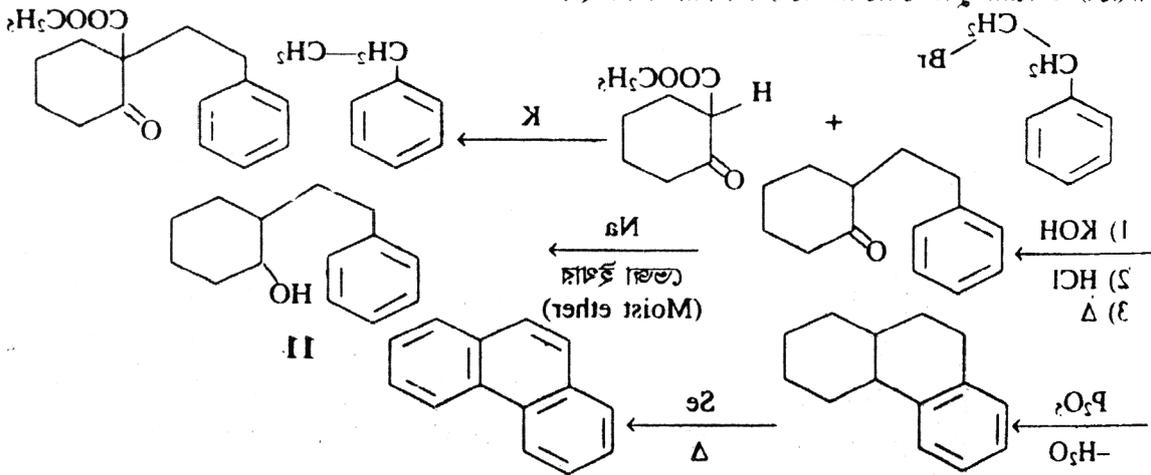
ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା ଉପସ୍ଥାପନ

ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା ଉପସ୍ଥାପନ (β-ketoster)

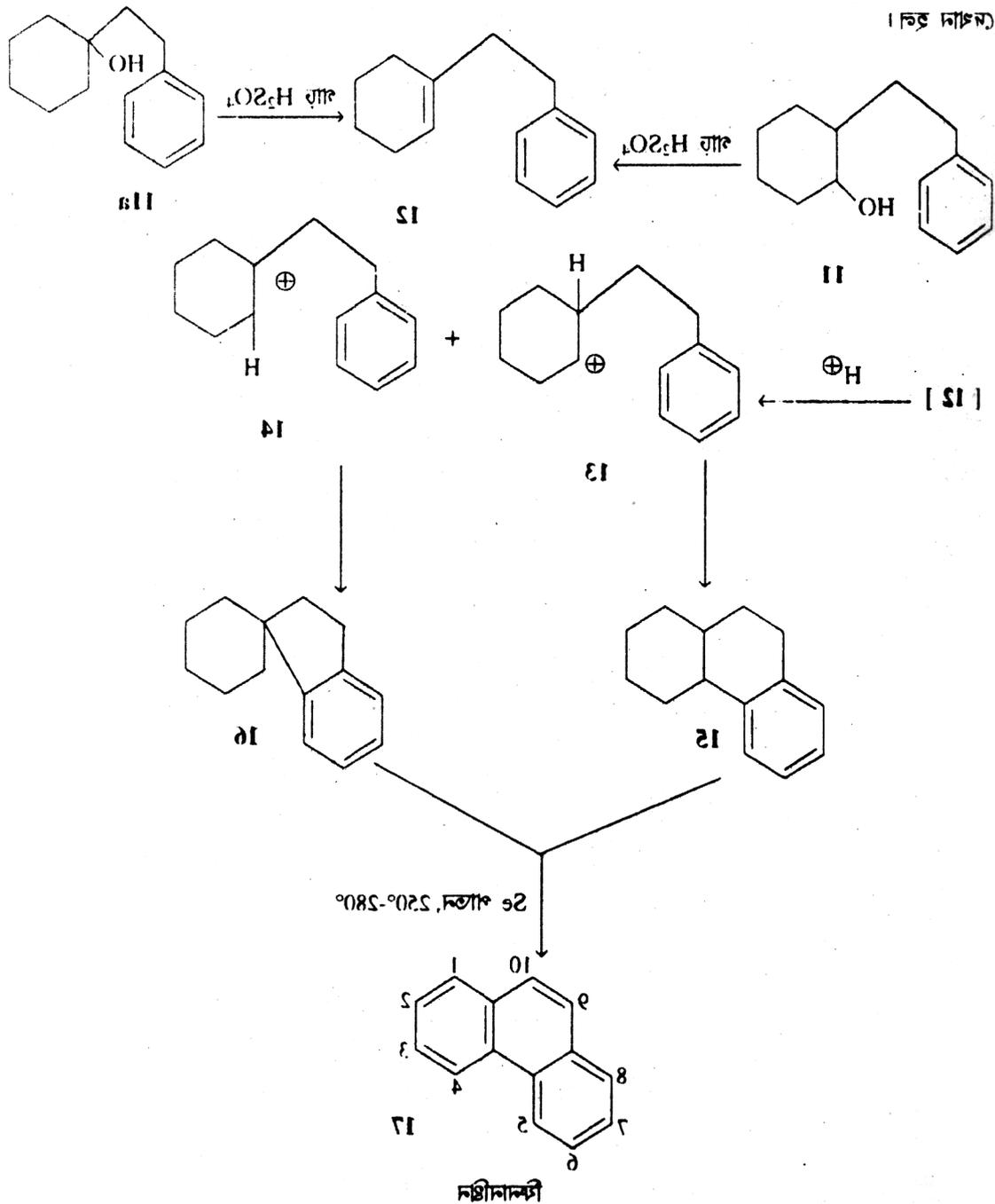


ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା ଉପସ୍ଥାପନ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମଟି ଉପରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦାବଳୀ ଦିଆଯାଇଛି :

ଉପସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥିବା ଉପସ୍ଥାପନ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ରମଟି ଉପରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦାବଳୀ ଦିଆଯାଇଛି :

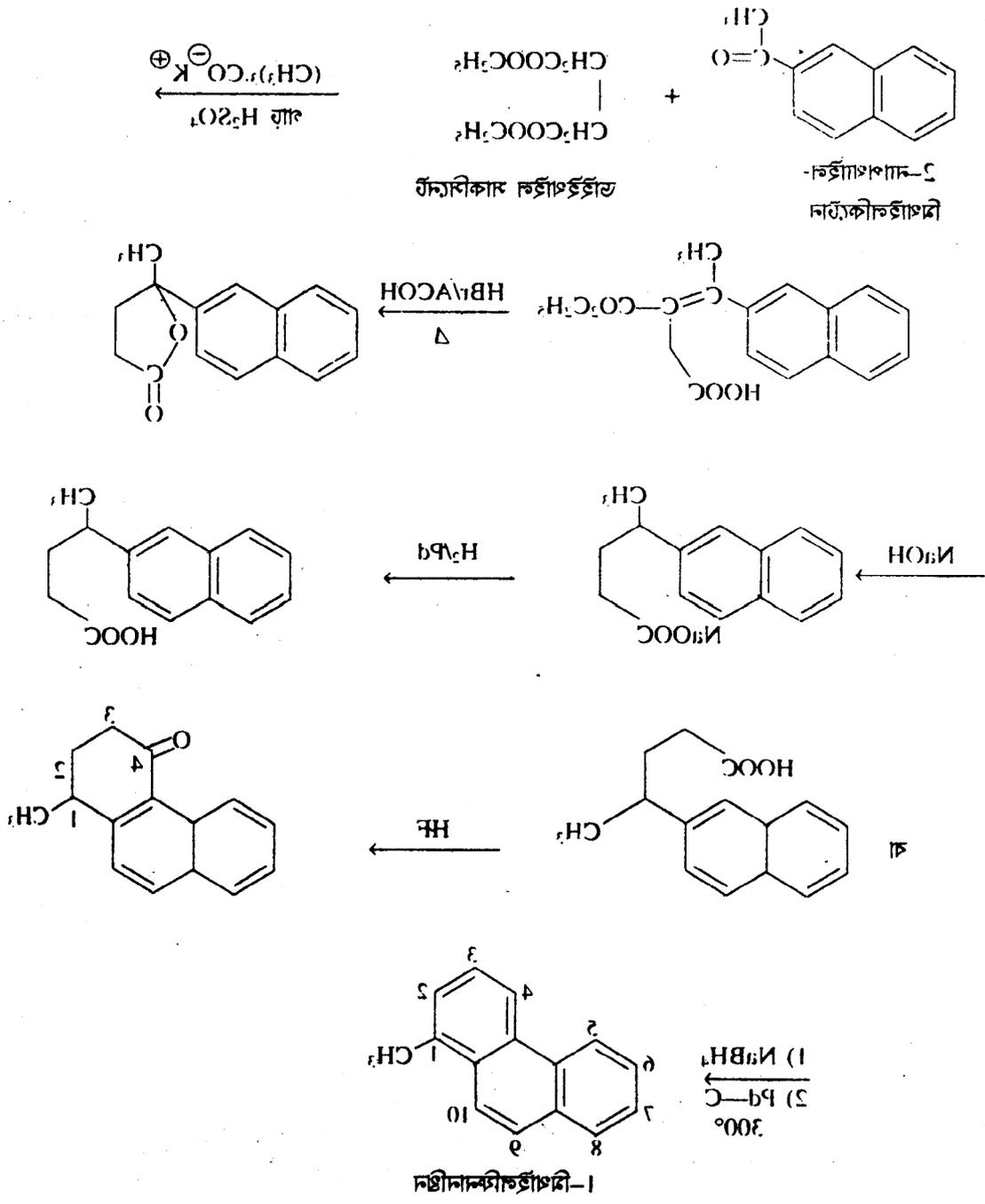


ଦ୍ୟୁନି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପ୍ରକ୍ରିୟା । ଯଦି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ନିମ୍ନୋକ୍ତ ଉପକ୍ରମ (1) ଓ (2) ଯୋଗ୍ୟ ତଥ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ତେବେ
 । ଉପକ୍ରମ



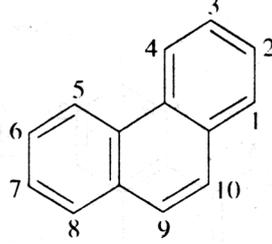
କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଉପକ୍ରମ (1) ଓ (2) ଯୋଗ୍ୟ ତଥ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ତେବେ (1) ଓ (2) ଯୋଗ୍ୟ ତଥ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ତେବେ
 ଉପକ୍ରମ (1) ଓ (2) ଯୋଗ୍ୟ ତଥ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ ତେବେ

— $(\text{H}_3\text{C})_2\text{C}=\text{CH}-$ ଉପସ୍ଥାପନ କରିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦକ୍ଷେପ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି । ନିମ୍ନଲିଖିତ ପଦକ୍ଷେପ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଛି ।
 — $\text{CO}_2\text{K}^{\ominus}$ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରାଯାଇଛି ।



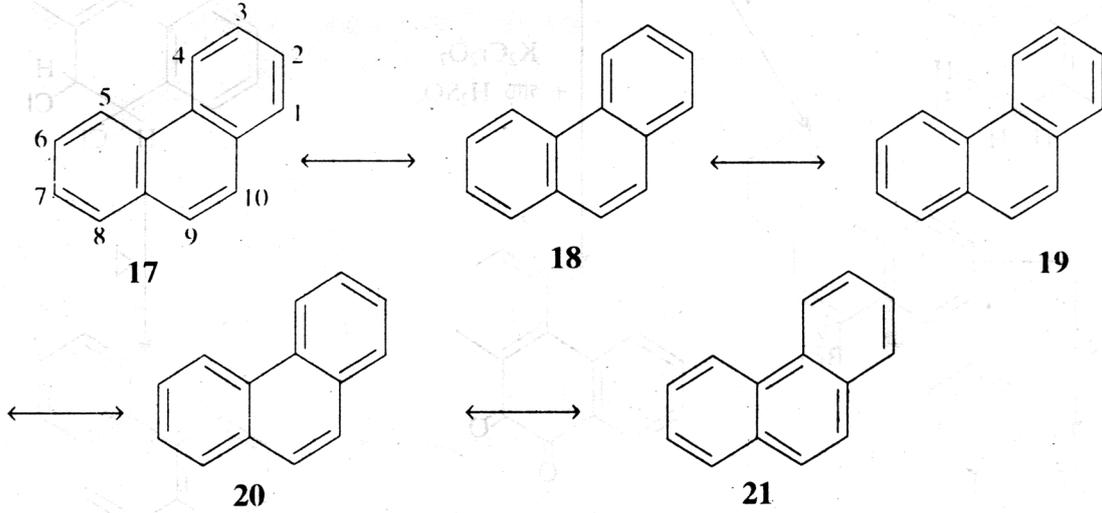
8.3.2 নামকরণ, সমাবয়বতা ও রেজোন্যান্স :

ফিনানথ্রিন অণুর কার্বনসংখ্যা দিয়ে দেখান হল।



যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে কোনও একটি পরমাণু বা মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয় তবে সমাবয়বের সংখ্যা হয় 5টি। আর যদি একইরকম পরমাণু বা মূলক দিয়ে দুটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় তবে সমাবয়বের সংখ্যা হবে 25টি।

ফিনানথ্রিন একটি রেজোন্যান্স হাইব্রিড। এর 5টি resonating structures নিচে দেওয়া হল।



ফিনানথ্রিনের রেজোন্যান্স শক্তি (Resonance energy) 387 KJ. mol^{-1}

এখানে মনে রাখা দরকার—

(i) ফিনানথ্রিন, অ্যানথ্রাসিনের মতই অ্যারোমেটিক যৌগ। এবং এদের আণবিক সংকেত একটা এবং এরা সমাবয়ব।

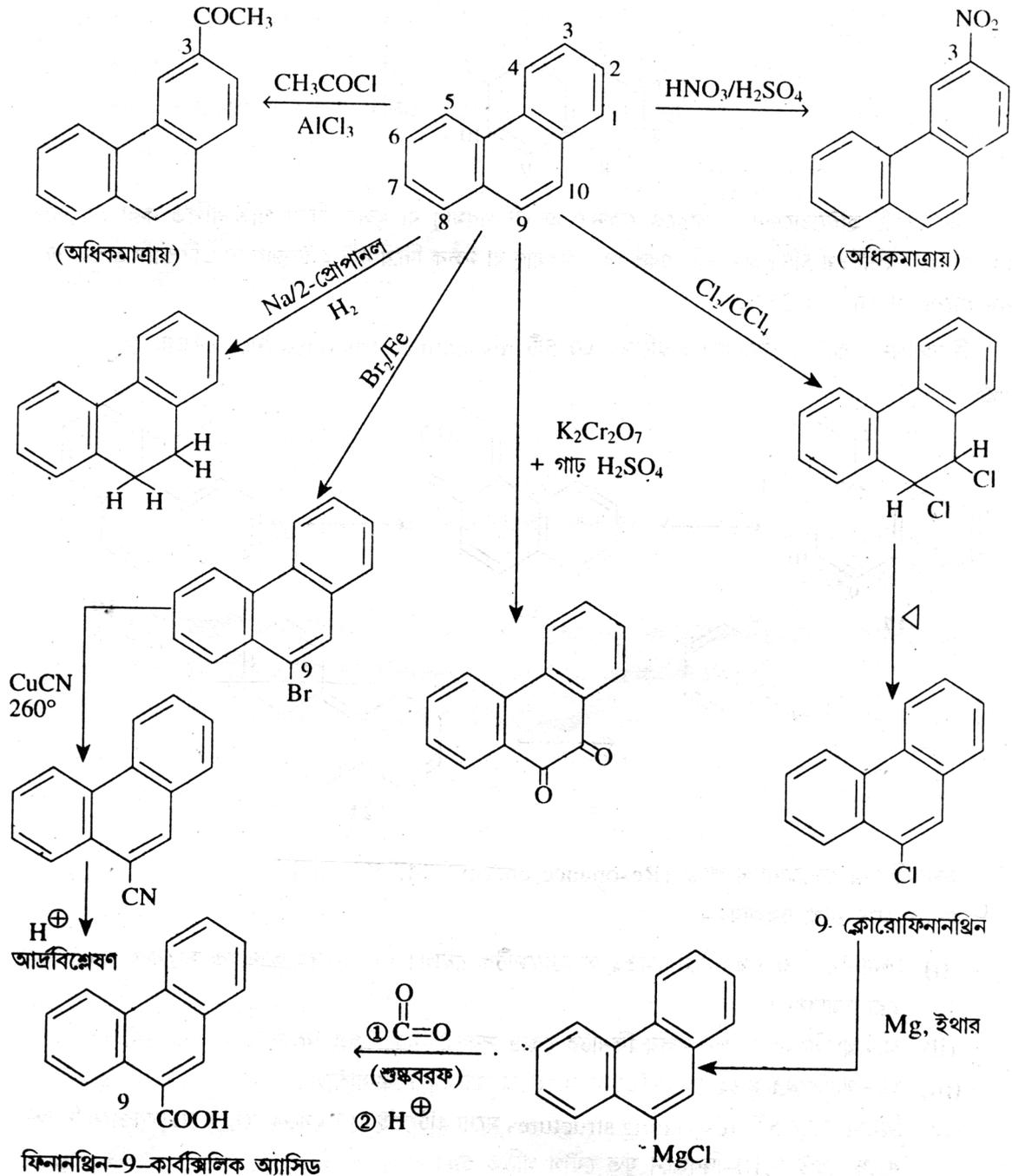
(ii) অ্যানথ্রাসিনের বেঞ্জিন বলয় তিনটির কেন্দ্র সরলরৈখিক, কিন্তু ফিনানথ্রিনে এরা কৌণিক।

(iii) অ্যানথ্রাসিনের মতই ফিনানথ্রিনের 9,10 অবস্থান দুটি ক্রিয়াশীল।

(iv) ফিনানথ্রিনের 5টি resonating structures মধ্যে 4টিতেই (17 থেকে 20) 9,10 অবস্থানে দ্বিবন্ধন আছে। তাই 9,10— দ্বিবন্ধনে যুত যৌগ গঠিত হয়।

8.3.3 ফিনানথ্রিনের রাসায়নিক বিক্রিয়া :

ফিনানথ্রিন যেমন যুতবিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তেমনি অ্যারোমেটিক যৌগ বলে প্রতিস্থাপন ক্রিয়াতেও অংশগ্রহণ করে।



অনুশীলনী ২

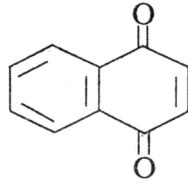
- ফিনানথ্রিনের প্রাকৃতিক উৎস কি? কীভাবে এই উৎস থেকে ফিনানথ্রিন সংগ্রহ করা হয়?
- ফিনানথ্রিনকে কীভাবে বাইফিনাইলে রূপান্তরিত করবেন? বিক্রিয়ার ধাপগুলি দেখান।
- সর (Pschorr) পদ্ধতিতে ফিনানথ্রিন সংশ্লেষণের সময় যে দুটি প্রধান বিকারকের প্রয়োজন হয় তাদের নাম ও গঠন লিখুন।
- ফিনানথ্রিনের রেজোন্যান্স গঠনগুলি (Resonating structures) লিখুন। যৌগটির রেজোন্যান্স শক্তি (Resonance energy) কত?

8.4 কুইনোনসমূহ (Quinones)

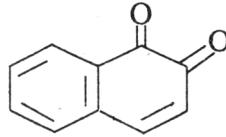
বেঞ্জোকুইনোন (Benzoquinones) সম্বন্ধে আমরা আগেই শিখেছি। এখানে আমরা ন্যাপথ্যাকুইনোন (Naphthaquinone), অ্যানথ্র্যাকুইনোন (Anthraquinone) ও ফিনানথ্র্যাকুইনোন (Phenanthraquinone) সম্বন্ধে খুব সংক্ষিপ্ত আলোচনা করব।

8.4.1 ন্যাপথ্যাকুইনোন :

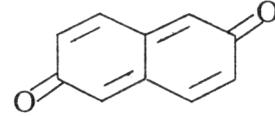
তিনটি ন্যাপথ্যাকুইনোনের অস্তিত্ব জানা গেছে। এগুলি হল—



1,4—



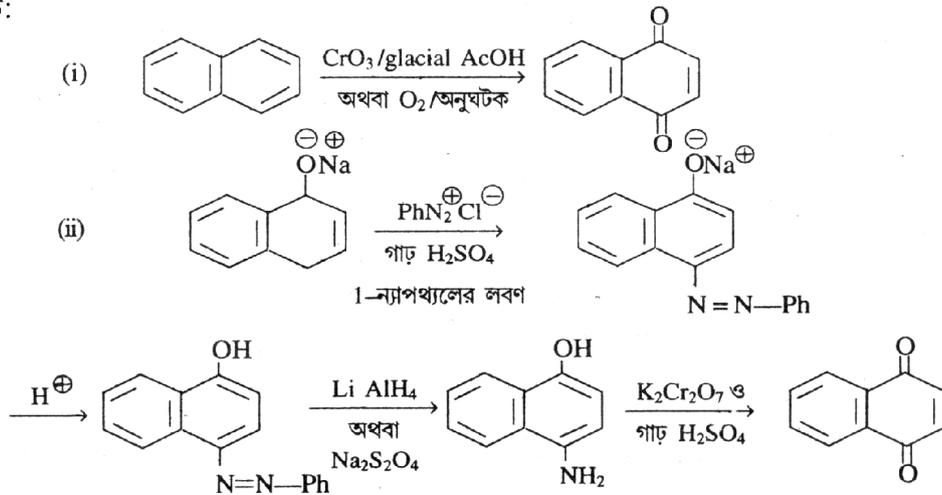
1,2—



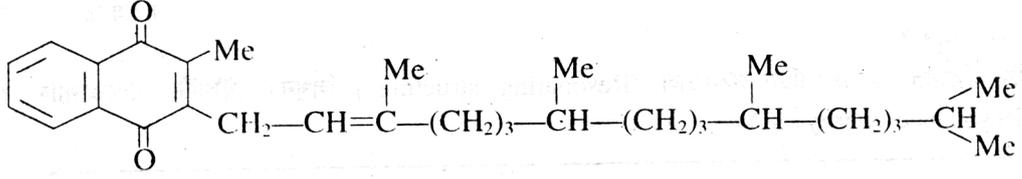
2,6—ন্যাপথ্যাকুইনোন

আমরা এখানে শুধু 1,4—ন্যাপথ্যাকুইনোনের প্রস্তুতি ও প্রয়োগ সম্বন্ধে বলব।

প্রস্তুতি:



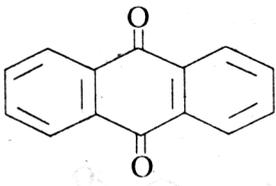
প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ভিটামিন-K₁-এ 1,4-ন্যাপথ্যাকুইনোন অণুর কাঠামো রয়েছে। এই ভিটামিন রক্ত জমাট বাঁধতে সাহায্য করে।



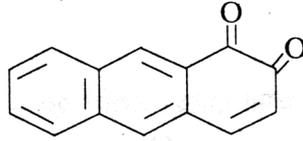
ভিটামিন-K₁

8.4.2 অ্যানথ্রাকুইনোন

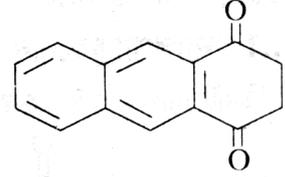
অ্যানথ্রাকুইনোনের তিনটি সমাবয়ব জানা আছে। এগুলি হল—



9,10-



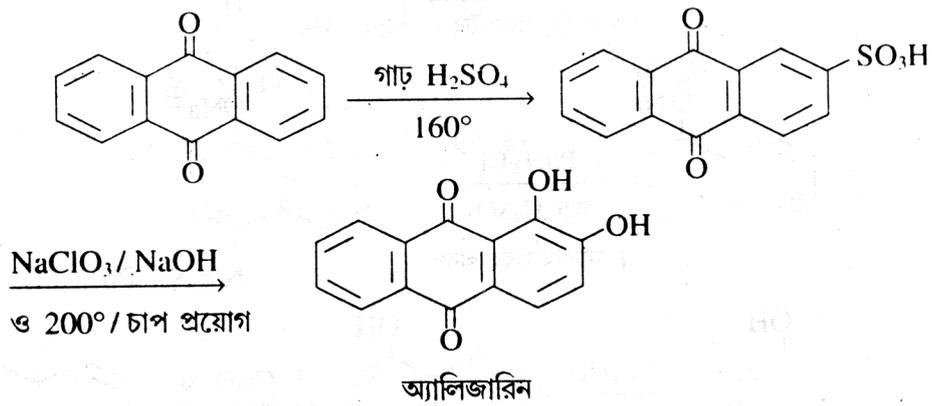
1,2-



1,4-অ্যানথ্রাকুইনোন

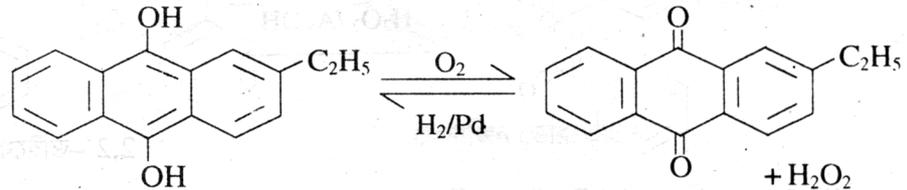
9,10-অ্যানথ্রাকুইনোন ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্ পদ্ধতিতে অথবা ডিলস-আলডার বিক্রিয়ার সাহায্যে কীভাবে প্রস্তুত করা হয় তা আমরা অ্যানথ্রাসিনের গঠন নির্ধারণের সময় আলোচনা করেছি। এখানে শুধু এর ব্যবহারের কথাই উল্লেখ করবো।

(1) 9,10-অ্যানথ্রাকুইনোন, অ্যালিজারিন (Alizarin) নামক রঞ্জক পদার্থ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।



(2) 2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনোন থেকে আধুনিক পদ্ধতি প্রয়োগ করে H₂O₂ প্রস্তুত করা হয়।

2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনলকে বেঞ্জিন ও সাইক্লোহেক্সানলের একটি মিশ্রণে দ্রবীভূত করে দ্রবণের ভিতর দিয়ে বায়ু চালনা করা হয়। এর ফলে 2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনলকে বাতাসের অক্সিজেন জারিত করে। ফলে 2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনোন ও H_2O_2 উৎপন্ন হয়।



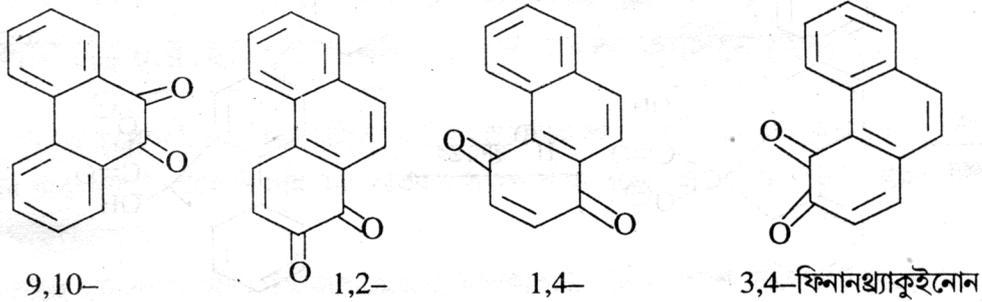
2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনল

2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনোন

উৎপন্ন 2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনোনের মধ্য দিয়ে Pd অণুঘটকের উপস্থিতিতে H_2 গ্যাস চালনা করলে আবার 2-ইথাইলঅ্যানথ্রাকুইনল পাওয়া যায়।

8.4.3 ফিনানথ্রাকুইনোন :

ফিনানথ্রাকুইনোনের সমবায়বগুলির গঠন নিচে দেখান হল।



9,10-

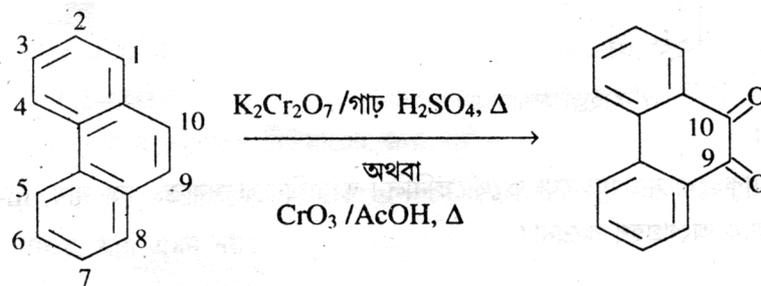
1,2-

1,4-

3,4-ফিনানথ্রাকুইনোন

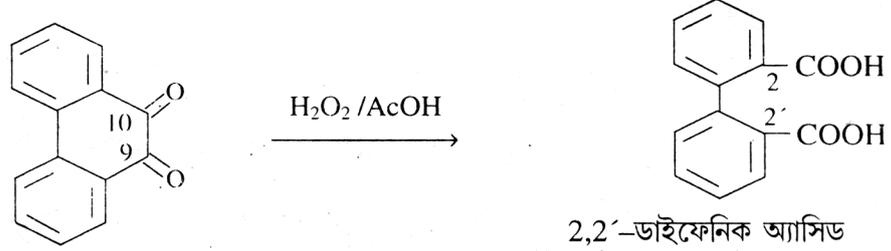
এখানে আমরা 9,10-ফিনানথ্রাকুইনোনের প্রস্তুতি, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার সম্বন্ধে খুব সংক্ষেপে আলোচনা করবো।

প্রস্তুতি : ফিনানথ্রিন হাইড্রোক্যার্বনকে $K_2Cr_2O_7$ ও গাঢ় H_2SO_4 অথবা $CrO_3/AcOH$ এর সাহায্যে উত্তপ্ত করে 9,10-ফিনানথ্রাকুইনোন প্রস্তুত করা হয়।

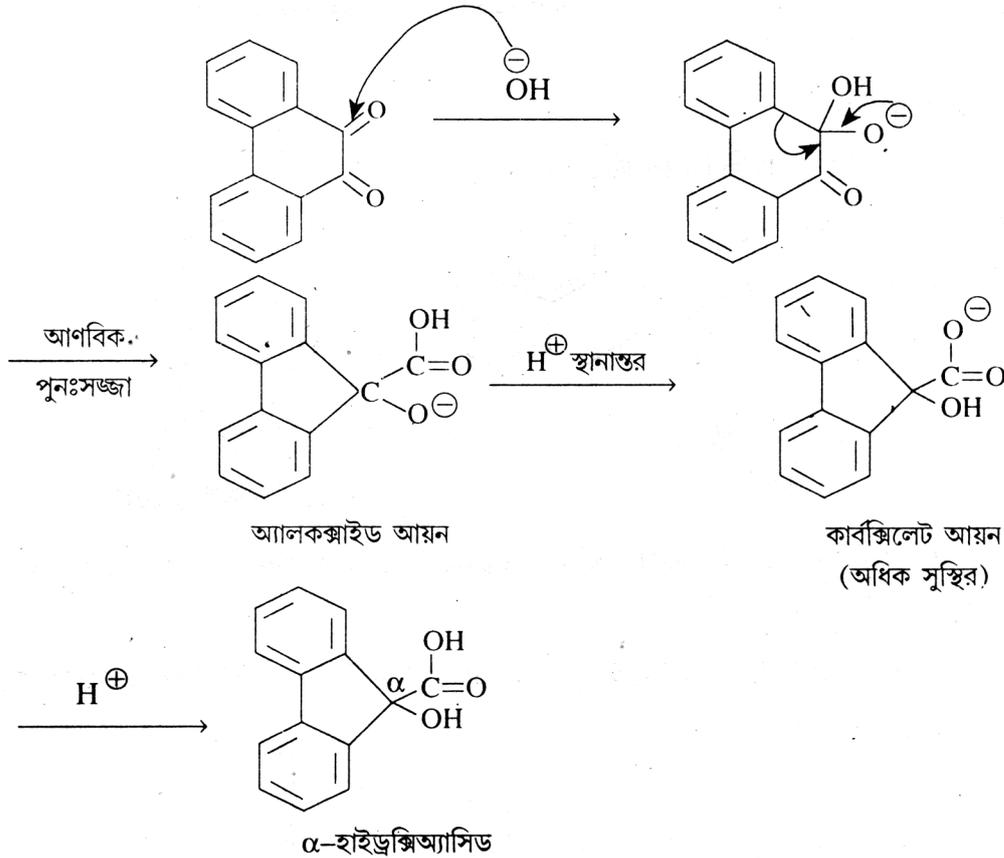


রাসায়নিক বিক্রিয়া :

(i) 9, 10-ফিনানথ্র্যাকুইনোনকে $H_2O_2 / AcOH$ দিয়ে জারিত করলে 2, 2'-ডাইফেনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



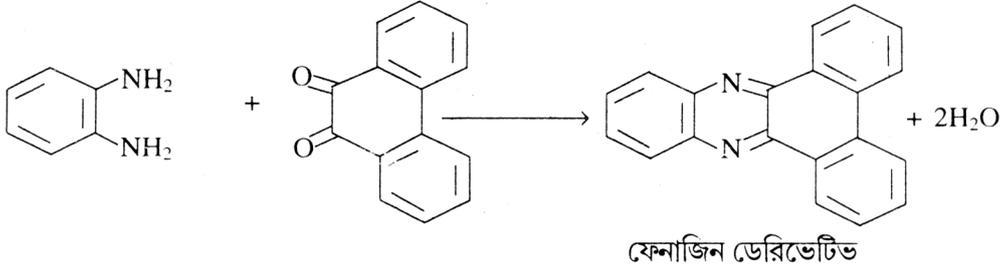
(ii) 9, 10-ফিনানথ্র্যাকুইনোনকে যদি NaOH বা KOH দিয়ে উত্তপ্ত করা হয় ও পরে মিশ্রণকে আল্লিক করা হয় তবে আণবিক পুনঃসজ্জার (বেঞ্জিল থেকে বেঞ্জিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির মত বিক্রিয়া) ফলে α -হাইড্রক্সি অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার কৌশল নিচে দেখান হল।



(iii) ব্যবহার :

9, 10-ফিনানথ্র্যাকুইনোনের সাহায্যে অর্থোফেনিলিন ডায়ামিনকে সনাক্ত করা যায়, m-বা p-ফেনিলিন ডায়ামিন এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

উৎপন্ন ফেনাজিন ডেরিভেটিভটি অদ্রব্য।



অনুশীলনী 3

- (i) 1, 4 ; 1, 2 ; এবং 2,6-ন্যাপথ্যাকুইনোনের গঠন লিখুন।
- (ii) 2-ইথাইল, 9, 10-অ্যানথ্র্যাকুইনোনকে কীভাবে H_2O_2 প্রস্তুত করতে ব্যবহার করা হয়?
- (iii) ফিনানথ্রিন থেকে 9, 10-ফিনানথ্র্যাকুইনোন কীভাবে প্রস্তুত করবেন? সমীকরণসহ বর্ণনা দিন।
- (iv) 9, 10-ফিনানথ্র্যাকুইনোনের একটি ব্যবহার উল্লেখ করুন। বিক্রিয়ার সমীকরণ দিন।

8.5 কার্সিনোজেনিক হাইড্রোকার্বনসমূহ (Carcenogenic hydrocarbons)— পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন ও রাসায়নিক কার্সিনোজেন

অনেকদিন আগে থেকেই লক্ষ্য করা যাচ্ছিল যে যেসমস্ত শ্রমিক বহু বছর ধরে কয়লার খনিতে কাজ করেছেন এবং দীর্ঘদিন ধরে কয়লা থেকে উৎপন্ন আলকাতরার সংস্পর্শে এসেছেন তাদের অনেকেই গায়ের চামড়ার ক্যান্সারে ভুগছেন।

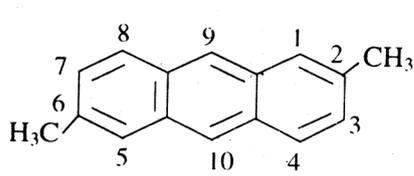
1915 সালে জার্মান বিজ্ঞানীরা উচ্চতাপক্ষে প্রাপ্ত আলকাতরার পাতিত অংশ খরগোশের কানের চামড়ায় প্রয়োগ করে ক্যান্সারগ্রস্ত টিউমার তৈরি করতে সক্ষম হয়েছিলেন।

পরে লন্ডনের রয়্যাল ক্যান্সার হাসপাতালের (Royal Cancer Hospital, London) বিজ্ঞানী, Kennaway ও তাঁর সহকর্মীরা পরীক্ষা করে দেখেছেন যে আলকাতরার সাহায্যে ইঁদুরের গায়েও ক্যান্সার টিউমারের বিকাশ ঘটে।

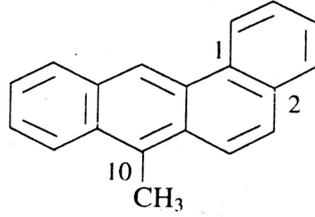
ব্রিটিশ বিজ্ঞানী, I, Hiegger (এবং তাঁর সহকর্মীরা) লক্ষ্য করেছেন যে আলকাতরা ক্যান্সার টিউমার উৎপন্ন করে তার প্রতিপ্রভা বর্ণালীতে 400, 418 এবং 440 $m\mu$ এ তিনটি পট্টি (band) পাওয়া যায়। এর থেকে বিজ্ঞানীদের ধারণা হয় যে 1, 2-বেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন (1, 2-Benzanthracene) বা এর থেকে উৎপন্ন কোনও প্রতিস্থাপিত হাইড্রোকার্বন চামড়ায় ক্যান্সারপ্রাপ্ত টিউমারের জন্য দায়ী।

পরে জানা গেছে যে যেসমস্ত পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন ক্যান্সারগ্রস্ত টিউমার উৎপন্ন করে তাদের সবকটিই আলকাতরায় পাওয়া যায় এমন নয়।

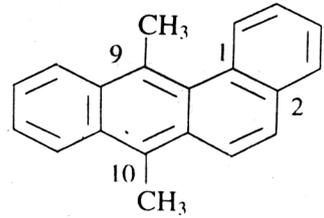
এখানে আমরা এমন কয়েকটি পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের উদাহরণ দেবো যারা ক্যান্সারগ্রস্ত টিউমার উৎপন্ন করে এবং যাদের অণুর সজ্জাতে অ্যানথ্রাসিন বা ফিনানথ্রিন এর আণবিক গঠন আছে। যেমন—



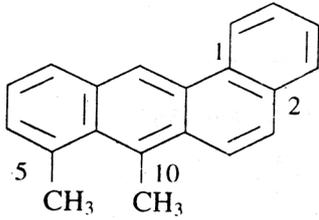
2,6-ডাইমিথাইল/
অ্যানথ্রাসিন
1



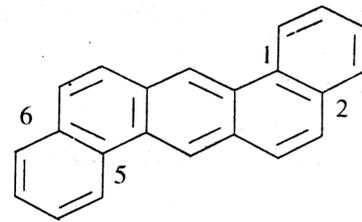
10-মিথাইল—
1,2-বেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন
2



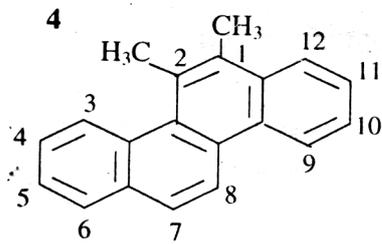
9,10-ডাইমিথাইল—
1,2-বেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন
3



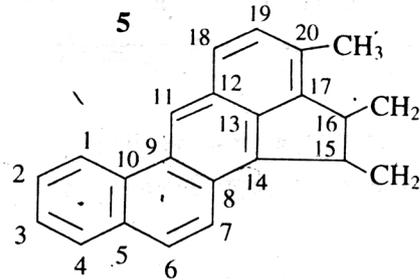
5,10-ডাইমিথাইল-1,2-বেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন



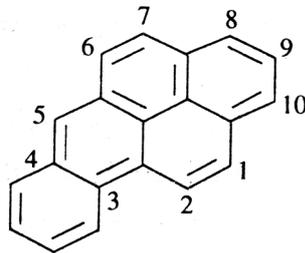
1,2,5,6-ডাইবেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন



1,2-ডাইমিথাইলক্রাইসিন (chrysene)
6



20-মিথাইলকোলানথ্রিন
7



3,4-বেঞ্জপাইরিন

অনুশীলনী 4

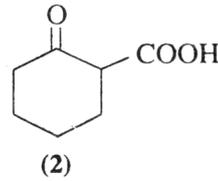
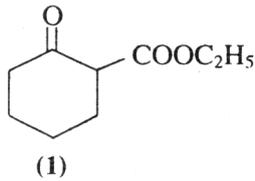
- (i) আলকাতরায় যে ক্যান্সার উৎপাদনকারী রাসায়নিক যৌগ আছে বিজ্ঞানীদের সে ধারণা কীভাবে হয়েছিল?
- (ii) দুটি রাসায়নিক কার্সিনোজেনের গঠন লিখুন যার একটিতে অ্যানথ্রাসিনের গঠন ও অন্য একটিতে ফিনানথ্রিনের গঠন আছে।

8.6 সারাংশ

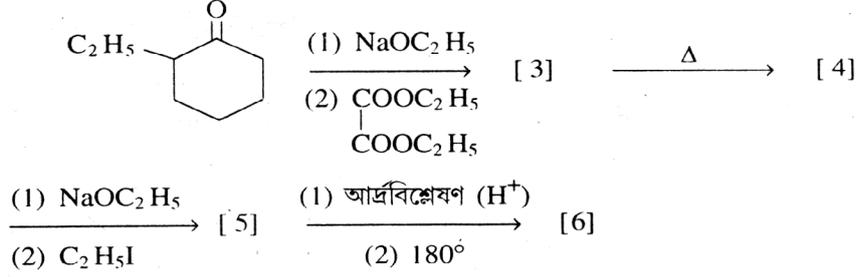
- এই এককে সংহত সিস্টেমের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন (দ্বিতীয় অংশ), অ্যানথ্রাসিন ও ফিনানথ্রিন সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে।
- আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত মধ্যম তেল ও বারী তেল থেকে এদের সংগ্রহ করার পদ্ধতির বর্ণনা করা হয়েছে।
- এই হাইড্রোকার্বনগুলির গঠনমূলক সংকেত কীভাবে নির্ণয় করা হয় অর্থাৎ বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ পদ্ধতির প্রয়োগ কীভাবে করা হয় তার বিস্তৃত আলোচনা করা হয়েছে।
- অ্যানথ্রাসিন ও ফিনানথ্রিন দুটি অ্যারোমেটিক যৌগ। এদের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে আমরা জানতে পেরেছি।
- 1, 4-ন্যাপথ্যাকুইনোন; 9, 10-অ্যানথ্রাকুইনোন; 9, 10-ফিনানথ্রাকুইনোন কীভাবে প্রস্তুত করা হয় এবং এদের ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার সম্বন্ধে কিছু তথ্য জানা গেছে।
- ক্যান্সার উৎপাদনকারী পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন সম্বন্ধে কিছু তথ্য উল্লেখ করা হয়েছে।

8.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

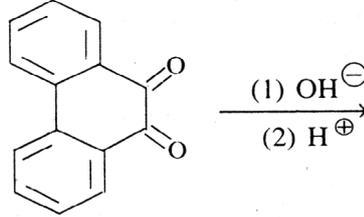
- (i) ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়ায় অ্যানথ্রাসিনের C_9 -অবস্থান C_1 - বা C_2 -অবস্থান থেকে বেশি সক্রিয়। যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা করুন।
- (ii) 1, 4-ন্যাপথ্যাকুইনোন একটি ডাইইনোফাইল। একটি ডাই-ইন উল্লেখ করে বিক্রিয়াটি দেখান।
- (iii) (1)নং যৌগটি রাসায়নিক সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়; কিন্তু (2)নং যৌগটি ব্যবহার করা সম্ভব নয়। কারণ উল্লেখ করুন এবং ব্যাখ্যা দিন।



(iv) নিচের বিক্রিয়ায় [3] থেকে [6] পর্যন্ত যৌগগুলি সনাক্ত করুন এবং বিক্রিয়ার কৌশল দেখান।



(v) নিচের বিক্রিয়ায় কী ঘটে কৌশল উল্লেখ করে বিক্রিয়ালব্ধ যৌগটি দেখান।



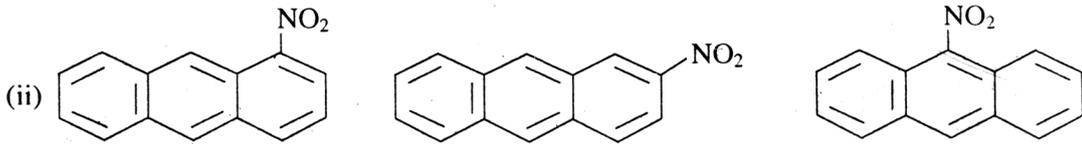
(vi) ফিনানথ্রিন সংশ্লেষণে বর্ধন-সেনগুপ্ত ও বগার্ট-কুক পদ্ধতি দুটিতে যে যে আবশ্যিক যৌগের প্রয়োজন তাদের নাম উল্লেখ করুন ও গঠন দেখান। বিক্রিয়া দুটির মধ্যে কোনও মিল আছে কি? বিক্রিয়ার কলাকৌশল দেখিয়ে উত্তর লিখুন।

(vii) হাওয়ার্থ পদ্ধতি ব্যবহার করে শুধুমাত্র ফিনানথ্রিন পাওয়া যায়। অ্যানথ্রাসিন হয় না কেন?

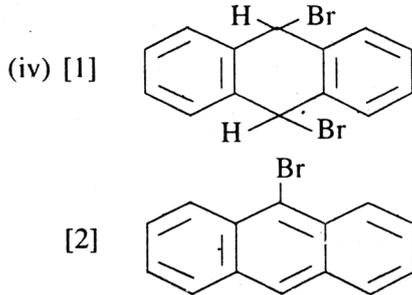
8.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) 8.2-এর (1), (2) ও (3) দেখুন।



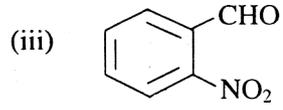
(iii) 8.2.3 দেখুন



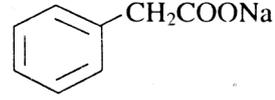
অনুশীলনী - 2

(i) 8.3 দেখুন।

(ii) 8.3.1-এর 3নং বিশ্লেষণ পদ্ধতি।



o-নাইট্রোবেনজালডিহাইড



সোডিয়াম ফিনাইলঅ্যাসিটেট

(iv) 8.3.2 দেখুন।

অনুশীলনী-3

(i) 8.4.1 দেখুন

(ii) 8.4.2 দেখুন

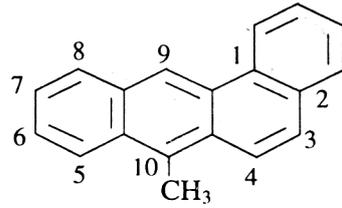
(iii) 8.4.3 দেখুন

(iv) 8.4.3 দেখুন

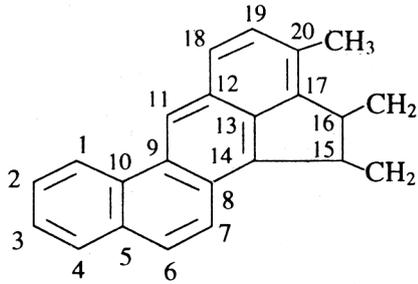
অনুশীলনী-4

(i) 8.5 দেখুন

(ii)



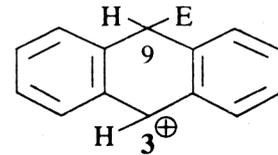
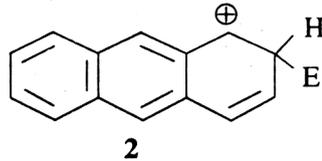
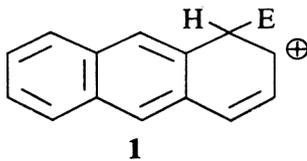
10-মিথাইল-1,2-বেঞ্জঅ্যানথ্রাসিন (অ্যানথ্রাসিনের গঠন)



20-মিথাইলকোলানথ্রিন (ফিনানথ্রিনের গঠন)

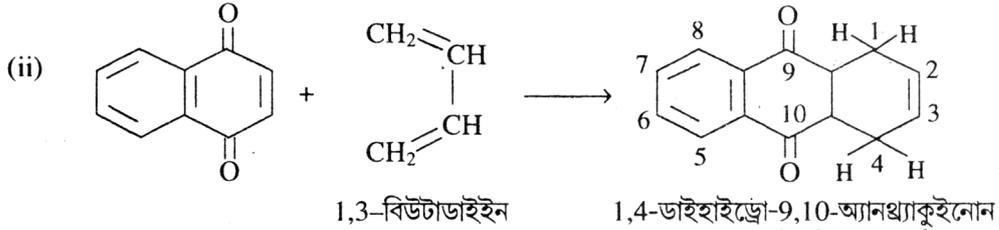
সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(i) ইলেকট্রোফাইলটি E^{\oplus} , সম্ভাব্য কার্বোক্যাটায়নগুলি হবে

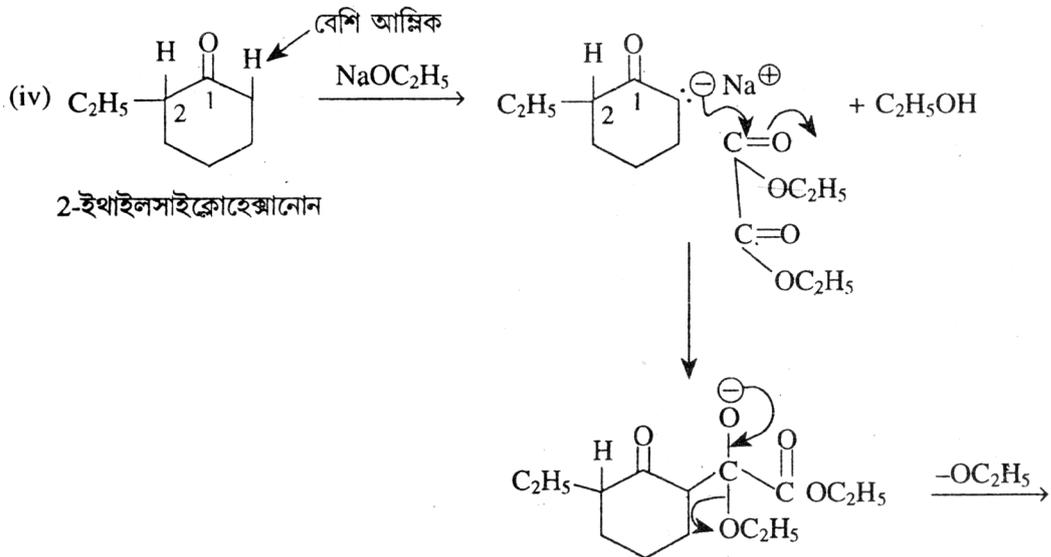
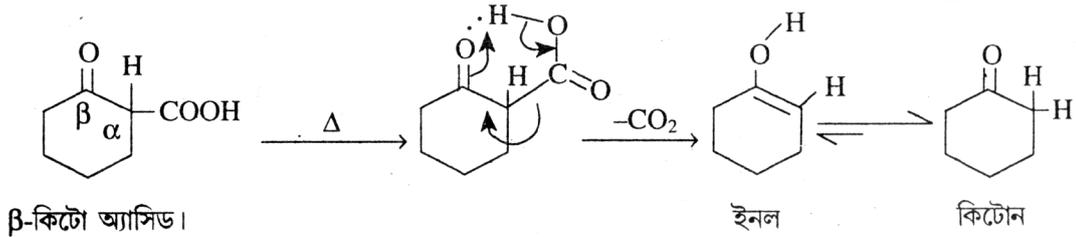


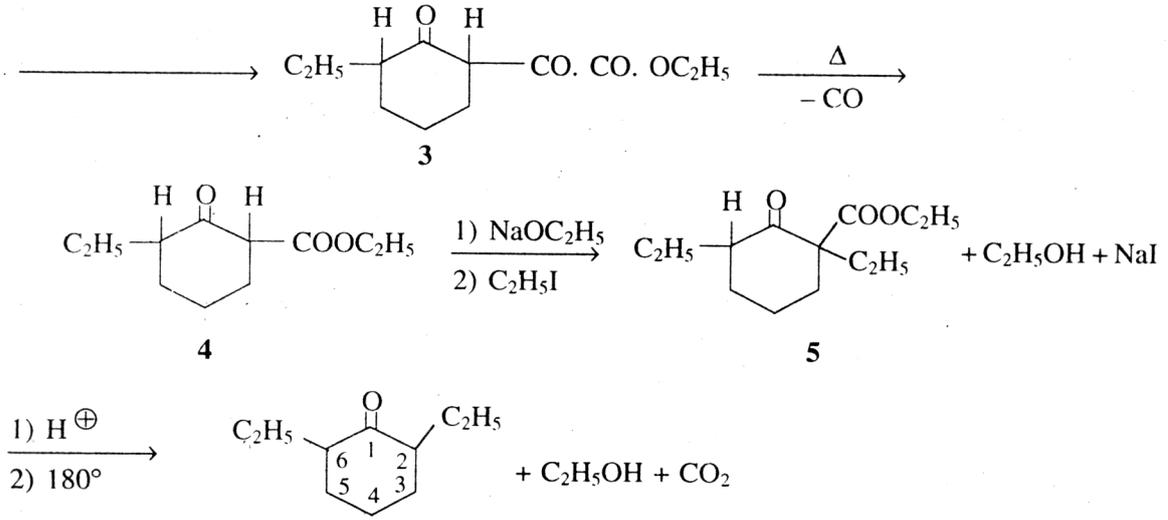
কার্বোক্যাটায়ন (1) ও (2)-এর প্রত্যেকটিতে একটি করে ন্যাপথ্যালিন বলয় বর্তমান। [ন্যাপথ্যালিনের রেজোন্যান্স শক্তি (Resonance energy = 252 KJ mol⁻¹)] কিন্তু কার্বোক্যাটায়ন (3)-এ দুটি বেঞ্জিন বলয় আছে। বেঞ্জিনের রেজোন্যান্স শক্তি = 150 KJ mol⁻¹ দুটি বলয়ের জন্য মোট রেজোন্যান্স শক্তি 2 × 150 = 300 KJ mol⁻¹

অতএব কার্বোক্যাটায়ন (3) বেশি সুস্থির। তাই C₉-এ প্রতিস্থাপন ক্রিয়া হবে।



(iii) (1)নং যৌগটি একটি সুস্থির β-কিটো এস্টার। α-কার্বনে একটি আল্লিক হাইড্রোজেন আছে। তাই এটি সংশ্লেষণ ব্যবহৃত হয়। কিন্তু (2)নং যৌগটি একটি β-কিটো অ্যাসিড। তাপ প্রয়োগে CO₂ নির্গত হয়।





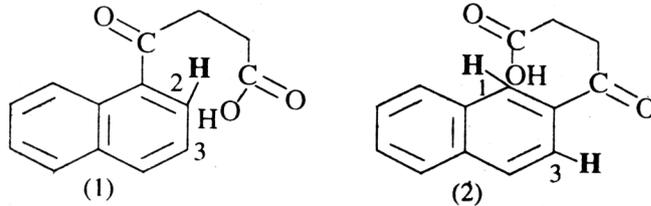
2,6-ডাইইথাইলসাইক্লোহেক্সানোন

6

(v) 8.4.3 দেখুন।

(vi) 8.3.1-এর সংশ্লেষণ পদ্ধতির (5) ও (6) দেখুন।

(vii) হাওয়ার্থ পদ্ধতিতে ন্যাপথ্যালিনের সঙ্গে সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন দুটি সমাবয়ব হল।



সমাবয়ব (1) : কেবলমাত্র $\text{C}_2 - \text{H}$ প্রতিস্থাপিত হবে এবং ফিনানথ্রিন উৎপন্ন হবে।

সমাবয়ব (2) : দুটি সম্ভাবনা।

(a) $\text{C}_1 - \text{H}$ অপসারিত হলে ফিনানথ্রিন;

(b) $\text{C}_3 - \text{H}$ অপসারিত হলে অ্যানথ্রাসিন উৎপন্ন হতে পারে। ন্যাপথ্যালিনের C_1 কার্বন বেঞ্জাইলিক।

$\text{C}_1 - \text{C}_2$ বন্ধনের ইলেকট্রন আধিক্য $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধনের ইলেকট্রন আধিক্য থেকে বেশি। তাই কেবলমাত্র বেঞ্জাইলিক কার্বন C_1 নিউক্লিওফিলিক কেন্দ্র হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে এবং ফিনানথ্রিন উৎপন্ন হবে।

একক 9 □ মুক্তশৃঙ্খল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (1) (Stereochemistry of acyclic compounds)

গঠন

9.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য

9.2 সমাবয়বতার সংজ্ঞা, শ্রেণীবিভাগ ও উদাহরণ

9.2.1 শৃঙ্খলঘটিত, অবস্থানঘটিত, কার্যকরী বা ক্রিয়াশীলমূলক ঘটিত সমাবয়বতা

9.2.2 আলোক সমাবয়বতা

9.2.3 সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘূর্ণন কোণ ও পোলারিমিটার যন্ত্র

9.2.4 ধ্রুবন ঘূর্ণাঙ্ক (Specific rotation) এবং আণবিক ঘূর্ণন (Molecular rotation)

9.2.5 আলোক সমাবয়বের নক্সা ও রোজেনফের (Rosanoff) অবদান

9.2.6 ত্রিমাত্রিক অণু সমতলে প্রকাশ—ফিসার অভিক্ষেপ ও বৈশিষ্ট্য— আলোকসক্রিয় যৌগের গঠনবিন্যাস

9.2.7 আলোকসক্রিয় যৌগ হওয়ার অপরিহার্য ও পর্যাপ্ত শর্ত—অপ্রতিসম কার্বন ও ভ্যান্টহফ-লা বেল তত্ত্ব— প্রতিবিশ্ব সমাবয়বের মিশ্রণ ও আলোকসক্রিয়তা

9.2.8 দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের আলোকসক্রিয়তা— অবিষ্ম সমাবয়ব যৌগ— আলোকসক্রিয় / আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা নির্ধারণ

9.2.9 সমমিতির কার্যপ্রণালী এবং সমমিতির উপাদান, সমমিতির তল, সমমিতির কেন্দ্র ও সমমিতির একান্তর অক্ষ

9.2.10 কাইরাল বা অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস

9.3 সমরূপী (Homotopic) প্রতিবিশ্বরূপী (Enantiotopic) এবং অবিষ্বরূপী (Diastereotopic) পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ

9.4 রেসিমিক মিশ্রণ পৃথকীকরণ পদ্ধতি

9.5 রেসিমাইজেশান

- 9.6 ভালডেন উৎক্রমণ
- 9.7 অপ্রতিসম সংশ্লেষণ
- 9.8 জ্যামিতিক, সিস-ট্রান্স, সিন-অ্যান্টি সমাবয়বতা
 - 9.8.1 E-Z পদ্ধতি দ্বারা জ্যামিতিক সমাবয়বদের চিহ্নিতকরণ
 - 9.8.2 জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয়
- 9.9 অবস্থানিক সমাবয়ব (Conformational isomers)
- 9.10 সহস, ফ্লাইংওয়েজ ও ফিসার অভিক্ষেপ সংকেত
- 9.11 সারাংশ
- 9.12 সর্বশেষ প্রপ্লাবলী
- 9.13 উত্তরমালা

9.1 প্রস্তাবনা

আণবিক সংকেত দিয়ে কোন যৌগের একটি অণুতে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সঠিক সংখ্যা প্রকাশ করা হয়। কিন্তু আণবিক সংকেত যৌগের পরমাণুগুলির গঠনসজ্জা প্রকাশ করে না। জৈব রসায়ন ECH-10-এর পর্যায় I-এর 3, 4, 5 ও 6 এককে আমরা বিভিন্ন যৌগের সন্ধান পেয়েছি যাদের আণবিক সংকেত একই কিন্তু ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য আছে। যেমন, C_4H_{10} ; বিউটেন এবং 2-মিথাইল প্রোপেন ; C_4H_8 : 1-বিউটিন ও 2-বিউটিন এবং C_4H_6 : 1-বিউটাইন ও 2-বিউটাইনকে প্রকাশ করে। অভিন্ন আণবিক সংকেত বিশিষ্ট বিভিন্ন যৌগদের সমাবয়ব যৌগ বলে এবং এই অবস্থাভেদ বিষয়টিকে বলে সমাবয়বতা (Isomerism)।

পর্যায়ের এই এককে আমরা মুক্তশৃঙ্খল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে আলোচনা করব। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতার কারণ কী? এই ধরনের যৌগে পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের স্থানিক (space) অবস্থান বা বিন্যাস (orientation) কেন পৃথক হয়? ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব যৌগের সঙ্গে এই বিন্যাসের সম্পর্ক কি? সে সম্বন্ধে বিশদভাবে বলা হবে। ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব যৌগের শ্রেণীবিভাগ, নামকরণ, পৃথকীকরণ, সমতলে সঠিকভাবে অঙ্কন এবং যৌগগুলি আলোকসক্রিয় কিনা প্রভৃতি বিষয়গুলি সম্বন্ধে আপনি সঠিক ধারণা করতে পারবেন।

উদ্দেশ্য

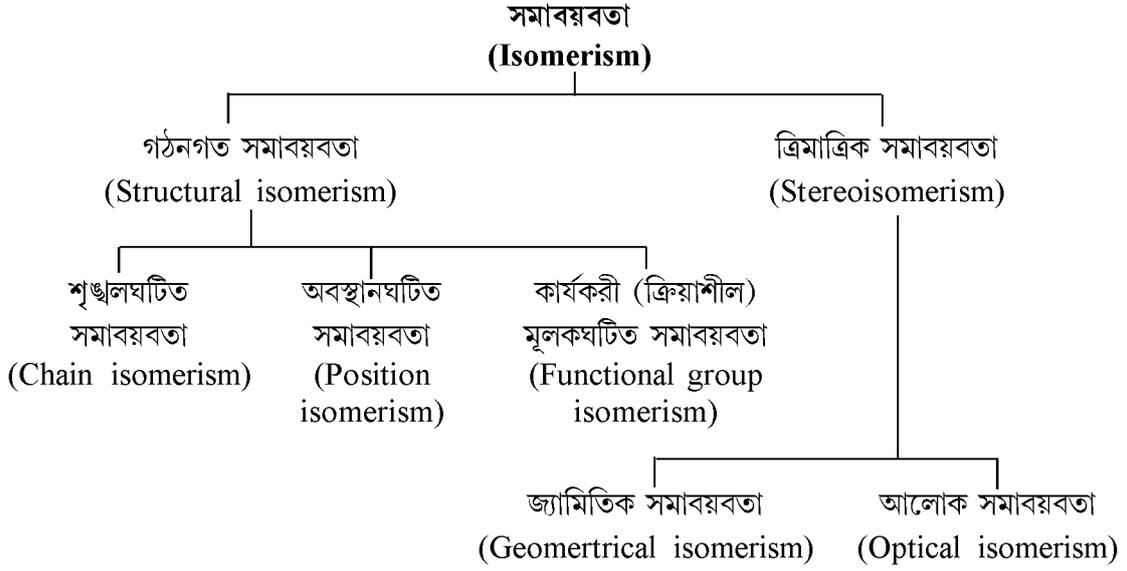
এই এককটি পাঠের পর আপনি যে যে বিষয়ে জানতে, অনুশীলনী এবং প্রয়োগ করতে সক্ষম হবেন তা হলো—

- বিভিন্ন ধরনের সমাবয়বতার সংজ্ঞার্থ এবং পরীক্ষা।
- যৌগের অণুর গঠন পরীক্ষা করে সে যৌগটি আলোকসক্রিয় হবে কি হবে না।
- পোলারিমিটার এবং সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি কি?
- কোন যৌগের প্রতিবিশ্ব ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব বা এনান্টিয়োমারের (Enantiomers) বিন্যাস কীভাবে লিখতে হয়?
- প্রতিবিশ্ব ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব ও অবিশ্ব ত্রিমাত্রিক সমাবয়বের (Diastereoisomers) মধ্যে পার্থক্য করতে পারা।
- যৌগে হস্তোপম বা কাইরাল (Chiral) কেন্দ্র চিহ্নিত করা।
- আলোকসক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা নির্ধারণ করা।
- যৌগে উপস্থিত সমমিতির কারণ সনাক্তকরণ।
- কাইরাল কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস অনুক্রম নিয়মানুসারে নির্ধারণ করতে পারা।
- সমরূপী, প্রতিবিশ্বরূপী ও অবিশ্বরূপী লিগ্যান্ড এবং তল কাদের বলে?
- জ্যামিতিক বা সিস্-ট্রান্স সমাবয়ব যৌগের বিন্যাস লেখা এবং যৌগগুলিকে সিস্-ট্রান্স এবং E বা Z অনুসারে চিহ্নিতকরণ।
- রেসিমিক মিশ্রণ পৃথিকীকরণ কেমনভাবে করা যায়?
- বন্ধন কোণ এবং দ্বিতল কোণ কাকে বলে? অনুবিন্যাস কী?
- নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত, সহস সংকেত, ফ্লাইংওয়েজ এবং ফ্রিসার অভিক্ষেপ সংকেত কাকে বলে এবং পারস্পরিক সম্পর্ক।

9.2 সমাবয়বতার সংজ্ঞা ও শ্রেণীবিভাগ — বিভিন্ন সমাবয়ব যৌগের উদাহরণ

বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মবিশিষ্ট একাধিক যৌগের আণবিক সংকেত একই হতে পারে। যেমন, 1-বিউটিন এবং 2-বিউটিন একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট, C_4H_8 । এ ধরনের যৌগদের বলা হয় সমাবয়ব (Isomer) এবং অবস্থানভেদ বিষয়টিকে বলা হয় সমাবয়বতা (Isomerism)।

সমাবয়বতা প্রধানত দুপ্রকার—গঠনগত (Structural) ও ত্রিমাত্রিক (Stereo) সমাবয়বতা। গঠনগত সমাবয়বতা আবার তিন প্রকার এবং ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দুপ্রকার হতে পারে।



গঠনগত সমাবয়বতা (Structural isomerism) : জৈব যৌগের অণুতে অবস্থিত পরমাণুগুলির নির্দিষ্ট গঠনসজ্জার ফলে সমাবয়বতার উদ্ভব হয় এবং প্রতিটি সমাবয়বের গঠনসজ্জা ভিন্ন হয়। এই ধরনের সমাবয়বতাকে গঠনগত সমাবয়বতা (Structural isomerism) বলে এবং যৌগগুলিকে গঠনগত সমাবয়ব বলে (Structural isomers)। 9.2.1-এ এ সম্বন্ধে আলোকপাত করা হয়েছে।

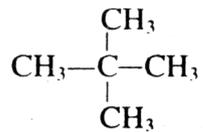
ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereoisomerism) : অনেকসময় সমাবয়ব জৈবযৌগের গঠন অভিন্ন হয়; কিন্তু সমাবয়বী যৌগগুলিতে উপস্থিত পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের স্থানিক (space) অবস্থান বা বিন্যাস (Orientation) বিভিন্ন হতে পারে। এর ফলে এক বিশেষ শ্রেণীর সমাবয়বতার উদ্ভব হয়, যাকে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (stereoisomerism) বলে। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতায় আলোচনা প্রসঙ্গে প্রথমে আলোক সমাবয়বতা এবং যথাস্থানে জ্যামিতিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে।

9.2.1 (1) শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা (Chain isomerism) :

কার্বন পরমাণুগুলির বিন্যাসের পার্থক্যের জন্যে যৌগের যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা বলে। উদাহরণ—



পেন্টেন



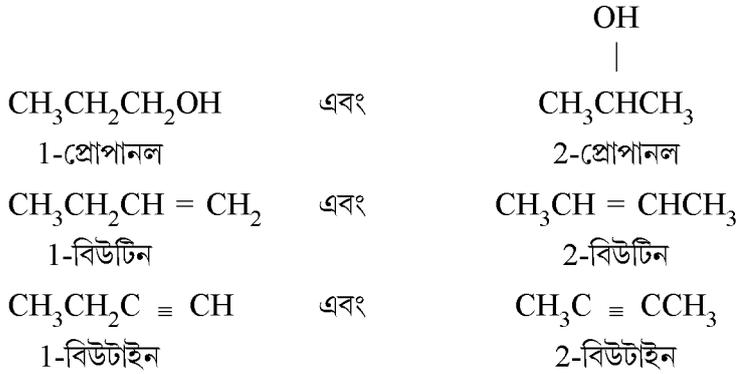
2,2-ডাই-মিথাইলপ্রোপেন



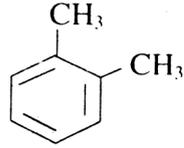
CH₃

2-মিথাইলবিউটেন

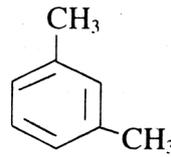
(2) অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা (Position isomerism) : কার্বন পরমাণুগুলির বিভিন্ন কাঠামো বিশিষ্ট যৌগে মূলকের বা অসম্পৃক্ততার অবস্থানের পার্থক্যের জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা বলে। যেমন—



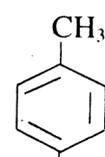
অবস্থানঘটিত সমাবয়বতার উদাহরণ হিসাবে অর্থো, মেটা ও প্যারা জাইলিনগুলিও উল্লেখ করা এখানে অপ্রাসঙ্গিক হবে না।



o-



m-



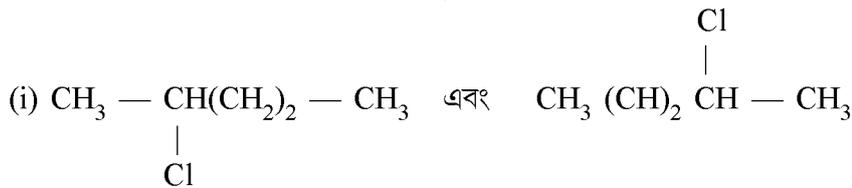
p-জাইলিন

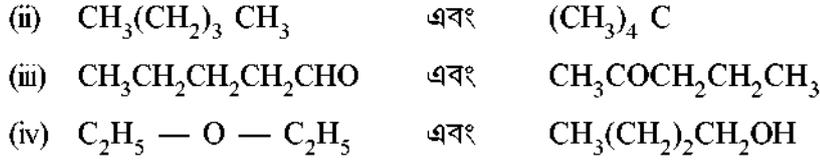
(3) কার্যকরী বা ক্রিয়াশীল মূলকঘটিত সমাবয়বতা (Functional group isomerism) : পৃথক পৃথক ক্রিয়াশীল মূলক বিশিষ্ট বিভিন্ন সমাবয়ব যৌগের দ্রুপ যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে ক্রিয়াশীল মূলকঘটিত সমাবয়বতা বলে। যেমন—



অনুশীলনী - 1

(1) নিম্নলিখিত জোড় যৌগগুলির মধ্যে কোনগুলি সদৃশ্যকার এবং কোনগুলি গঠনগত সমাবয়ব যুক্তি দিয়ে লিখুন। গঠনগত সমাবয়ব হলে প্রকৃতি উল্লেখ করুন।





(2) নিচের আণবিক সংকেতবিশিষ্ট যৌগদুটি কী ধরনের সমাবয়বতা দেখাতে পারে? প্রত্যেকক্ষেত্রে সমাবয়বগুলি লিখুন।



9.2.2 আলোক সমাবয়বতা (Optical isomerism) :

আলোক সমাবয়বতা সেসব যৌগ প্রদর্শন করে যাদের আণবিক গঠন অভিন্ন কিন্তু পরমাণু বা মূলকের বিন্যাস অভিন্ন এবং এই সকল যৌগের আণবিক অপ্রতিসাম্যের ফলে যৌগগুলি আলোসক্রিয় হয়। এই সকল সমাবয়বের সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটার চলার দিকে বা বিপরীত দিকে ঘোরাতে পারে।

আলোকসক্রিয় যৌগ এবং সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি : একগুচ্ছ সমতল সমবর্তিত (Plain polarised) আলোকরশ্মির গতিপথে কোন যৌগ (বা বস্তু) তরল বা দ্রবণ অবস্থায় রাখার ফলে যদি ঐ সমবর্তিত আলোকরশ্মির তল বাম বা ডান দিকে ঘুরে যায়, তবে ঐ যৌগটি আলোকসক্রিয় (Optically active) যৌগ বলে। আর যদি সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে কোন দিকে ঘোরাতে না পারে তবে যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয় (Optically inactive) যৌগ হবে। যৌগটি সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটা চলার দিকে (Clockwise direction) বা ডানদিকে ঘোরালে ঐ যৌগটিকে ডানঘূর্ণক (Dextrorotatory) বা সংক্ষেপে (d) বা (+) চিহ্ন ব্যবহার করে বোঝানো হয়। আর যৌগটি সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটা চলার বিপরীত (Anti-clockwise) দিকে ঘোরালে তাকে বামঘূর্ণক (Laevorotatory) যৌগ বা সংক্ষেপে (l) বা (-) চিহ্ন ব্যবহার করে বোঝানো হয়।

9.2.3 সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘূর্ণন কোণ ও পোলারিমিটার যন্ত্র :

সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘূর্ণন কোণ যে যন্ত্রের সাহায্যে মাপা হয় তাকে পোলারিমিটার (Polarimeter) বলে।

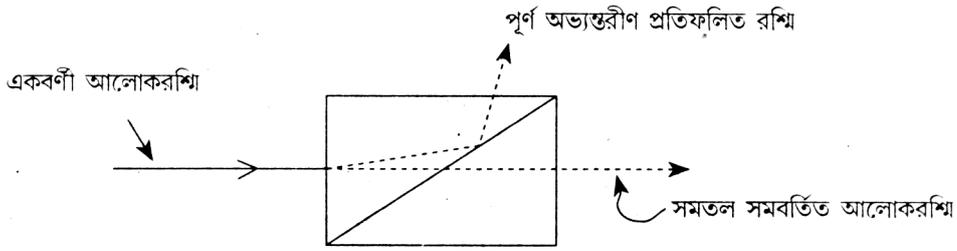
আলোকরশ্মির গতিপথে যে কোন বিন্দুতে আলোকরতরঙ্গ (গতিপথের সঙ্গে) যে কোন তলে অনুপ্রস্থ কম্পন (Transverse vibration) সম্পাদন করে। এখন আলোকরশ্মির গতিপথ যদি এই কাগজের উপর লম্ব হয়, তবে আলোকরতরঙ্গের অনুপ্রস্থ কম্পন এই কাগজের সমান্তরাল যে কোন তলের যে কোন কোণে সম্পাদিত হবে।

যদি এই আলোকরশ্মি আইসল্যান্ড স্পার (Iceland spar) বা টুরমালিনের স্বচ্ছ কেলাসের উপর আপতিত হয়, তবে ঐ কেলাসের মধ্যে দিয়ে অতিক্রমকালে আলোকরশ্মি দ্বিপ্রতিসরণ (Double refraction) ঘটে।

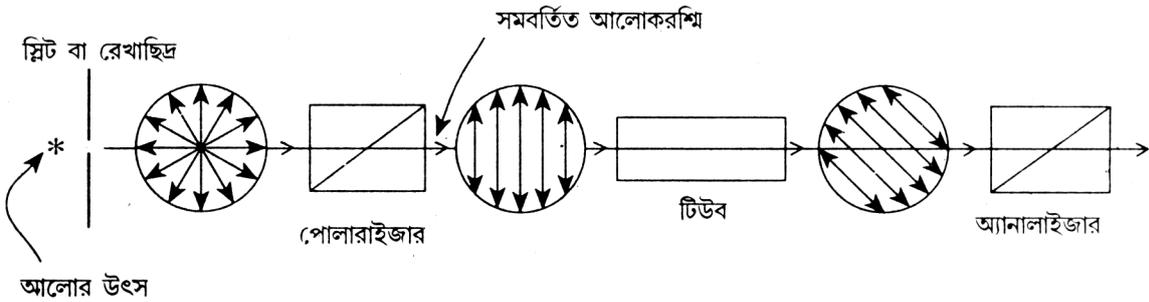
অর্থাৎ আলোকরশ্মি দুটি রশ্মিতে বিভক্ত হয়ে পড়ে। প্রত্যেকটি রশ্মি এককতলে এবং একে অন্যের তলের সঙ্গে লম্বভাবে কম্পিত হতে থাকে। প্রত্যেকটি রশ্মির প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) বিভিন্ন।

দুটি টুরম্যালিন বা আইসল্যান্ড স্পার কেলাস কানাডা বালসাম (Canada balsam) দিয়ে জুড়ে একটি প্রিজম গঠিত হয়। একে নিকল প্রিজম (Nicol Prism) বলে। রশ্মি দুটির প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্যের জন্য প্রিজমের জোড়া দেওয়া জায়গা থেকে একটি রশ্মির পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হয় এবং অপর রশ্মিটি অভিলম্বভাবে (Normally) প্রিজম থেকে বের হয়ে আসে। এই রশ্মিটিকেই সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি বলে, যা বিশেষ একদিকে তলে কম্পিত হয়।

পোলারিমিটার যন্ত্রে এইরকম দুটি নিকল প্রিজম একই সরলরেখায় কিছু দূরত্বের ব্যবধানে রাখা হয়। একবর্ণী আলোকরশ্মির (Monochromatic ray of light) উৎসের দিকে অবস্থিত প্রিজমটিকে পোলারাইজার (Polarizer) বা সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি প্রস্তুতকারক এবং অপর প্রিজমটি বিশ্লেষক (Analyser) প্রিজম বলে। একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য (wave length) বিশিষ্ট আলোকরশ্মিকে একবর্ণী আলোকরশ্মি বলে। যেমন সোডিয়াম D-রেখার আলোকরশ্মি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান হল 5893\AA বা $5.893 \times 10^5 \text{ pm}$ ।



কানাডা বালসাম দিয়ে জোড়া দেওয়া টুরম্যালিন বা আইসল্যান্ডস্পার কেলাস



এখন যদি পোলারাইজার ও অ্যানালাইজার প্রিজমের অক্ষ দুটি সমান্তরাল হয়, তবে পোলারাইজার থেকে নির্গত সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি অ্যানালাইজার দিয়ে সমান তীব্রতায় (intensity) বের হয়ে যাবে। কিন্তু পোলারাইজার ও অ্যানালাইজার প্রিজম দুটি একে অন্যের সঙ্গে লম্বভাবে (crossed) থাকলে পোলারাইজার থেকে নির্গত আলোকরশ্মি অ্যানালাইজার দিয়ে বের হয়ে আসতে পারবে না। কোন আলোকরশ্মি দেখা যাবে না, অর্থাৎ দৃষ্টিক্ষেত্র সম্পূর্ণ অন্ধকার হয়ে থাকবে।

পোলারাইজার ও অ্যানালাইজারের অক্ষ দুটি একে অন্যের সঙ্গে সমান্তরালভাবে রাখার পর এই দুই প্রিজমের মধ্যবর্তী জায়গায় একই সরলরেখায় টিউবে করে কোন বস্তুকে তরল বা দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় নিয়ে রেখে দিলে যদি পুনরায় আলোকরশ্মি দেখা যায় তবে ঐ বস্তুটি আলোকনিষ্ক্রিয় পদার্থ। আর আলোকরশ্মি দেখা না গেলে আলোকসক্রিয় পদার্থ হবে। এখন আলোকসক্রিয় পদার্থের ক্ষেত্রে ডান বা বামদিকে যত ডিগ্রি কোণে অ্যানালাইজারটিকে ঘোরালে পুনরায় দৃষ্টিক্ষেত্র সম্পূর্ণ আলোকিত হয়ে যাবে, অ্যানালাইজারের এই ঘূর্ণক কোণের ডিগ্রির মান হবে ঐ বস্তু কর্তৃক সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মি ঘূর্ণক কোণের মানের সমান। এখন অ্যানালাইজারকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিয়ে যদি সম্পূর্ণ আলোকরশ্মি দেখা যায়, তবে বস্তুটি সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটার চলার দিকে ঘুরিয়েছে। অর্থাৎ বস্তুটি ডানঘূর্ণক বা d বা $(+)$ বস্তু হবে। আর এর বিপরীত দিকে হলে বস্তুটি বাম ঘূর্ণক বা l বা $(-)$ হবে।

9.2.4 ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্ক (Specific rotation) :

আলোকসক্রিয় পদার্থ দ্বারা সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ঘোরালে, ঘোরান কোণের মান, α বিভিন্ন কারণের উপর নির্ভরশীল। যেমন পদার্থটির অণুর প্রকৃতি ও সংখ্যা যা ঐ রশ্মির সম্মুখীন হয়। পদার্থটির দ্রবণের ঘনত্ব বা বিশুদ্ধ তরল পদার্থের ঘনত্ব এবং দ্রবণের বা তরলের পূর্ণনলের দৈর্ঘ্যের (যার মধ্যে দিয়ে ঐ সমবর্তিত রশ্মি অতিক্রম করে) মানের সঙ্গে সমানুপাতিক। এছাড়া সমবর্তিত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, পরীক্ষাকালে ঘরের তাপমাত্রা এবং দ্রাবকের প্রকৃতির উপর α -র মান নির্ভরশীল। সাধারণত সোডিয়াম বাষ্প শিখা থেকে নির্গত একবর্ণী গীত আলোকরশ্মি (যাকে D-শিখা বলে) ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্ক নির্ণয়ে ব্যবহার করা হয়। ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্ক $[\alpha]$ -কে নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

$$[\alpha]_D^{t^\circ C} = \frac{\alpha}{l \times c}$$

যেখানে α = ঘূর্ণক কোণের মান

l = দ্রবণের দৈর্ঘ্য ডেসিমিটারে

c = বস্তুর পরিমাণ গ্রাম / সি.সি.

$t^\circ C$ = তাপমাত্রা

D = সোডিয়াম D-শিখা

কোন বস্তুর ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্কের মানকে বস্তুর আণবিক ওজন দিয়ে গুণ করে 100 দিয়ে ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায় তাকে আণবিক ঘূর্ণন (Molecular rotation) $[M]_D^{t^\circ C}$ বলে।

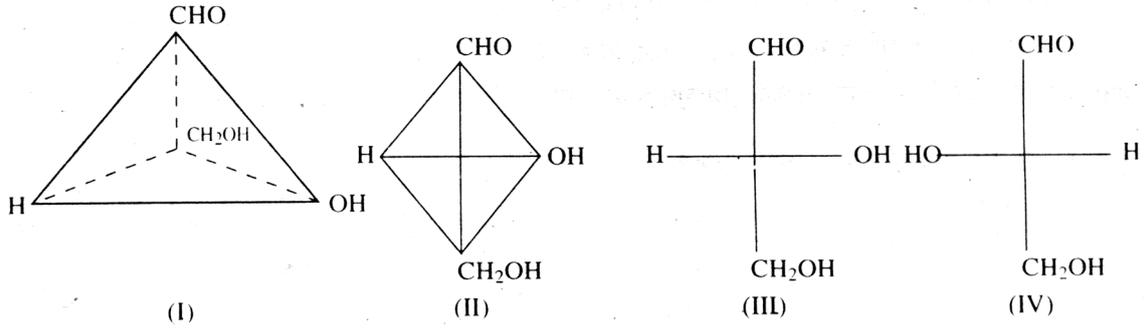
$$\therefore [M]_D^{t^\circ C} = \frac{[\alpha]_D^{t^\circ C} \times M}{100} \quad [M = \text{আণবিক ওজন}]$$

9.2.5 আলোক সমাবয়বের নক্সা :

ডান ঘূর্ণক যৌগদের নামের আগে d বা $(+)$ এবং বাম ঘূর্ণক যৌগদের l বা $(-)$ চিহ্ন ব্যবহার করে বোঝান হয়। কিন্তু আলোক সমাবয়বগুলির ঘূর্ণনের দিকের থেকে সমাবয়বগুলির ত্রিমাত্রিক সম্বন্ধের প্রয়োজনীয়তা অনেক বেশি এবং শুরুতে আলোক সমাবয়বগুলির ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের মধ্যে সম্বন্ধ স্থাপনের জন্য D এবং

L চিহ্ন ব্যবহার করা হয় এবং এই কাজে একটি বিশেষ যৌগকে আদর্শ হিসেবে ধরে নিয়ে তার পরিপ্রেক্ষিতে অন্য যৌগদের তুলনা করা হয়।

1906 খ্রিস্টাব্দে রোজানফ (Rosanoff) অন্যান্য যৌগদের ত্রিমাত্রিক সম্বন্ধের সঙ্গে তুলনা করার জন্য (+) এবং (-) গ্লিসার্যালডিহাইড যৌগকে আদর্শ হিসেবে চিহ্নিত করেন এবং (+) গ্লিসার্যালডিহাইডের গঠন বিন্যাস চিত্র : (1)-এর মত বলে ধরে নেন। গঠনটি সমচতুস্তলকের ন্যায় এবং এমনভাবে লেখা হয় যাতে তিনটি শীর্ষবিন্দু কাগজের তলের উপরে এবং চতুর্থ বিন্দুটি কাগজের তলের নিম্নে আছে বলে ধরা হয়। এখন



সমচতুস্তলকের কেন্দ্রে C-পরমাণু আছে, যার সঙ্গে চারটি মূলক (H, OH, CH₂OH এবং CHO) যুক্ত আছে। H, OH রেখা বরাবর চতুস্তলকটি ঘুরিয়ে (II) আনা হয়, সেখানে H, OH এবং CHO, CH₂OH রেখাদ্বয়ের ছেদবিন্দুটি হবে সমচতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থিত C-পরমাণু। এখন (II) গঠনটি D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের স্বীকৃত বিন্যাস।

9.2.6 ত্রিমাত্রিক অণু সমতলে প্রকাশ— ফিসার অভিক্ষেপ ও বৈশিষ্ট্য — আলোকসক্রিয় যৌগের গঠনবিন্যাস

ত্রিমাত্রিক অণুকে দ্বিমাত্রিক কাগজে বা বোর্ডে যখন প্রকাশ করা হয়, তখনও কিন্তু তার আপাত ত্রিমাত্রিক আকার দৃষ্টিগোচর হয়। কোন অণুর এইভাবে প্রকাশিত গঠনবিন্যাসকে ফিসার অভিক্ষেপ সংকেত বলে। সরল এই অভিক্ষেপ সংকেত আমরা প্রায়ই ব্যবহার করি। এর বৈশিষ্ট্য সম্বন্ধে আমাদের কিছু ধারণা থাকা প্রয়োজন।

(1) অনুভূমিক লিগ্যান্ডগুলি কাগজের তল থেকে বাইরের দিকে অর্থাৎ পাঠকের দিকে আছে এবং উল্লম্ব লিগ্যান্ডগুলি কাগজের তলে নিম্নে আছে।

(2) কোন অণুর এইভাবে প্রকাশিত গঠনবিন্যাস যেমন খুশি ঘোরানো যাবে না। তবে 180° এবং 360° কোণে ঘোরালে অনুভূমিক লিগ্যান্ডগুলি অনুভূমিকই, সেরকম উল্লম্ব লিগ্যান্ডগুলি উল্লম্বই থাকে। অর্থাৎ অণুটির গঠনবিন্যাসের কোনরকম পরিবর্তন হয় না কিন্তু 90° বা 270° কোণে ঘোরালে অনুভূমিক লিগ্যান্ডগুলি উল্লম্ব এবং উল্লম্ব লিগ্যান্ডগুলি অনুভূমিক হয়ে যায়, ফলে (1) রীতি অনুসারে গঠনবিন্যাস লঙ্ঘন করবে। অতএব কোন অণুকে 90° বা 270° কোণে ঘোরালে অণুটির এনালিয়োমার গঠনবিন্যাস লাভ করবে।

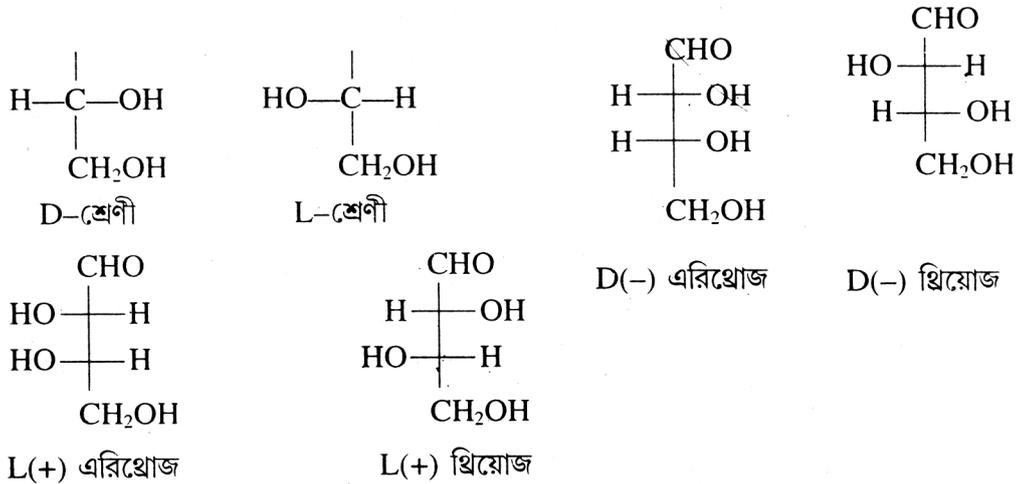
(3) কোন অণুর গঠনবিন্যাসের যে কোন দুটি লিগ্যান্ডের মধ্যে স্থান বিনিময় করলে অণুটির এনান্টিয়োমার গঠনবিন্যাস লাভ করবে কিন্তু দুই জোড়া লিগ্যান্ডের মধ্যে স্থান বিনিময় করলে অণুটির গঠন বিন্যাস অভিন্ন হবে।

(4) কোন জৈব যৌগে অবস্থিত একাধিক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুগুলিকে সাধারণত উল্লম্ব রেখায় (উত্তর-দক্ষিণ) রাখা হয় এবং প্রতিটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর অন্যান্য লিগ্যান্ডগুলি অনুভূমিক রেখায় (পূর্ব-পশ্চিম) রাখা হয়।

(5) ফিসার অভিক্ষেপ সংকেতে পর পর দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে অবস্থিত লিগ্যান্ডগুলি সব সময় ইক্লিপ্সড (eclipsed) অবস্থায় থাকে।

CH_2OH মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে OH মূলকটি ডানে ও H পরমাণুটি বামে এবং CHO মূলকটি শীর্ষে থাকতে হবে। অভিন্ন অনুভূমিক (horizontal) লাইন দ্বারা যুক্ত মূলক বা পরমাণু কাগজের তলের উপর দিকে এবং উল্লম্ব (vertical) লাইন দ্বারা যুক্ত মূলকগুলি কাগজের তলে নিম্নে অবস্থিত বলে ধরা হয়। চিত্র III, D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের এবং IV, L(-) গ্লিসার্যালডিহাইডের সমতল চিত্র। এখানেও অনুভূমিক লাইনে যুক্ত মূলক বা পরমাণু তলের উপরে এবং উল্লম্ব লাইনে যুক্ত মূলক বা পরমাণু তলের নিম্নে অবস্থিত বলে ধরতে হবে। আর কাগজের তলের উপর অপ্রতিসম (Asymmetric) বা কাইরাল C-পরমাণুটি অবস্থিত।

এখন যে কোন আলোকসক্রিয় যৌগের গঠনবিন্যাস D-গ্লিসার্যালডিহাইডের অনুরূপ হলে (অর্থাৎ CH_2OH মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে OH মূলকটি ডানদিকে এবং H পরমাণুটি বামে অবস্থিত হলে) যৌগটি D-শ্রেণীর যৌগ হবে। কোন যৌগে যদি একাধিক অপ্রতিসম C-পরমাণু থাকে, সেক্ষেত্রে গ্লিসার্যালডিহাইডের অপ্রতিসম C-পরমাণুটি সমসময় নিম্নে অবস্থিত হবে এবং অবশিষ্ট অংশটি এবং উপরে থাকবে।



যদিও D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের গঠনবিন্যাস ধরে নেওয়া হয়েছিল, কিন্তু পরে D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের পরম বিন্যাস নির্ণয়ে প্রমাণিত হয়েছে যে রোজানফের ধরে নেওয়া গঠনবিন্যাসটি ঠিক।

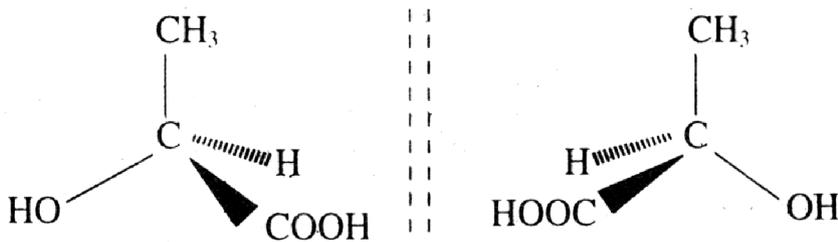
9.2.7 আলোকসক্রিয় যৌগ হওয়ার অপরিহার্য ও পর্যাপ্ত শর্ত— অপ্রতিসম কাবর্ন ও ভ্যান্টহফ— লা বেল তত্ত্ব — প্রতিবিন্দু সমাবয়বের মিশ্রণ ও আলোকসক্রিয়তা

1848 খ্রিস্টাব্দে লুই পাস্তুর (Louis Pasteur) সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম রেসিমেটের দুধরনের কেলাসকে চিমটের সাহায্যে আলাদা করেন। এই দুধরনের কেলাসের আকৃতি অর্ধপার্শ্বকীয় ফলিকা (Hemihedral facet) বিশিষ্ট এবং একটি অপরটির আয়নার প্রতিচ্ছবি (Mirror image), কিন্তু একে অন্যের উপর অঙ্গঙ্গীভাবে উপরিপাত (Superposable) হয় না। একটির আপেক্ষিক ঘূর্ণাঙ্ক দক্ষিণবর্তী (d) এবং অপরটি বামবর্তী (l) হয়। এই ধরনের কেলাসদ্বয়কে প্রতিবিন্দুরূপী (Enantomorphous) বলে।

যে সকল কেলাস বা যৌগের আণবিক গঠন তার প্রতিবিন্দুর উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় না সেগুলি আলোকসক্রিয় (Optically active) হবে। অর্থাৎ যৌগ ও এর প্রতিবিন্দু অভিন্ন পরমাণু এবং মূলকযুক্ত হলেও একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে না। কোনও যৌগের আলোকসক্রিয় হওয়ার এইটাই অপরিহার্য এবং পর্যাপ্ত (Necessary and sufficient) শর্ত। আলোকসক্রিয় বস্তুর গঠন অবশ্যই অপ্রতিসম (Asymmetric) বা বিপ্রতিসম (Dissymmetric) হবে। প্রতিসাম্যের কোন উপাদানই বর্তমান না থাকলে সেই সকল বস্তু বা যৌগকে বিপ্রতিসম বলে। আর যে সকল যৌগ ও তার আয়নার প্রতিচ্ছবি অঙ্গঙ্গীভাবে উপরিপাত হয় না কিন্তু প্রতিসাম্যের কোন উপাদান উপস্থিত, তাকে অপ্রতিসম (Asymmetric) যৌগ বলে।

একটি যৌগ অণুর ও তার প্রতিবিন্দুটি সম্পূর্ণ উপরিপাত না হলে তাদের (অণুটি ও এটির প্রতিচ্ছবি এনালিয়োমার বা প্রতিবিন্দু সমাবয়ব (Enantiomorphs) বলে।

এনালিয়োমারগুলি সমাবয়বী যৌগ, যাদের সমস্ত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি সাধারণত অভিন্ন হয়। কিন্তু এনালিয়োমারগুলি কেবলমাত্র সমবর্তিত আলোকরশ্মি তলকে সমান কোণে কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোঁরায়। অর্থাৎ সমবর্তিত আলোকরশ্মি তলকে একটি এনালিয়োমার দক্ষিণ বা ডান দিকে এবং অপরটি বামদিকে সমান কোণে ঘোঁরায়। অতএব একটি এনালিয়োমার ডানঘূর্ণক বা (d) বা (+) এবং অপরটি বামঘূর্ণক বা l বা (-) হবে। এনালিয়োমারগুলি রাসায়নিকভাবে সদৃশ হলেও আলোকসক্রিয় যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার গতির হার বিভিন্ন হয়।



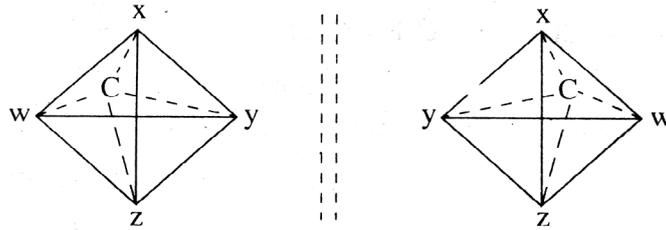
আলোকসক্রিয় জৈব যৌগের গঠনগত সমস্যা সমাধানকল্পে 1874 খ্রিস্টাব্দে ভ্যান্টহফ (Van't Hoff) এবং লা বেল (la Bel) পৃথক পৃথকভাবে কার্বনের যোজ্যতার সম্বন্ধে তত্ত্ব হাজির করেন। ভ্যান্ট হফ এবং লা বেলের তত্ত্বগুলি কার্যত অভিন্ন। তত্ত্বটি তাঁরা এইভাবে উপস্থিত করেন যে, কোন সমচতুস্তলকের (Regular

tetrahedron) কেন্দ্রে কার্বন পরমাণু অবস্থিত এবং ঐ সমচতুস্তলকের চারটি শীর্ষ কোণের দিকে কার্বনের চারটি যোজ্যতা নির্দেশিত হয়। ফলে চারটি যোজ্যতা অভিন্ন তলে অবস্থিত নয়, তবে সকল জৈব যৌগের



ক্ষেত্রে যোজ্যতাগুলি অনমনীয় তা নয়। সম্পৃক্ত জৈব যৌগের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুর যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে যোজক কোণের পরিমাণ হবে সাধারণত $109^{\circ}28'$ । অসম্পৃক্ত যৌগের ক্ষেত্রে এই কোণের পরিমাণ বিভিন্ন হয়।

ভ্যান্ড হফ এবং লা বেলের সমচতুস্তলকের তত্ত্বের সাহায্যে একটিমাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট সরলতম যৌগ $Cwxyz$ -এর গঠন-বিন্যাস দুই রকম হতে পারে। সেখানে w, x, y এবং z হল ভিন্ন ভিন্ন পরমাণু বা মূলক, যাতে কার্বন পরমাণু থাকতেও পারে আবার নাও থাকতে পারে। যে কার্বন পরমাণুর চারটি যোজ্যতা চারটি বিভিন্ন ধরনের পরমাণু বা মূলক দ্বারা যুক্ত থাকে সেই কার্বন পরমাণুকে অপ্রতিসম কার্বন বলে।



একটির গঠনবিন্যাস অপরটির প্রতিবিন্দু এবং যে দুটি একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হতে না। প্রত্যেকটি গঠনবিন্যাসের প্রতিসাম্যের অভাব আছে। অতএব প্রত্যেকটি গঠনই আলোকসক্রিয় যৌগ এবং এ দুটির মধ্যে একটি দক্ষিণবর্তী বা ডানঘূর্ণক হবে প্রত্যেকটিই সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে সমান কোণে, কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরাবে। এই ধরনের যৌগ জোড়ের প্রত্যেকটিকে এনালিয়োমার বা এনালিয়োমার্ক বা প্রতিবিন্দু সমাবয়ব বলে।

ল্যাকটিক অ্যাসিড হল $Cwxyz$ -এর একটি উদাহরণ। ল্যাকটিক অ্যাসিড দুটি আলোকসক্রিয় সমাবয়ব দেবে, যে দুটি একে অন্যের প্রতিবিন্দু এবং একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হতে না। দুটির মধ্যে একটি ডানঘূর্ণক বা d বা (+) যৌগ এবং অপরটি বামঘূর্ণক বা l বা (-) যৌগ হবে। প্রত্যেকটি সমাবয়ব সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে সমান কোণে কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরাবে।

এখন সম পরিমাণে এনালিয়োমারদের মেশালে অর্থাৎ 50% ডান ঘূর্ণক এবং 50% বামঘূর্ণক সমাবয়বকে মেশালে মিশ্রণটি আলোকনিষ্ক্রিয় পদার্থ হবে, যাকে রেসিমিক মিশ্রণ (Racemic mixture) বলে। রেসিমিক মিশ্রণে সমপরিমাণে d এবং l সমাবয়ব থাকায় একটি এনালিয়োমারের দ্বারা সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘূর্ণন অপরটির দ্বারা বহিঃস্থভাবে সম্পূর্ণ রদ হয়। এর জন্যে রেসিমিক মিশ্রণকে বহিঃস্থ ভাবে আলোকনিষ্ক্রিয় যৌগ (Externally compensated compound) বলে। রেসিমিক মিশ্রণকে d/ বা (+) চিহ্ন দ্বারা বোঝান হয়।

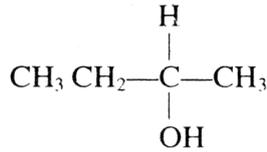
রেসিমিক মিশ্রণ থেকে এনাল্টিয়োমারদের পৃথক করার পদ্ধতিকে রেজলিউশন (Resolution) বলে এবং কোন একটি এনাল্টিয়োমারকে রেসিমিক মিশ্রণে পরিবর্তন করাকে রেসিমাইজেশন (Racemisation) বলে।

আলোকসংক্রান্ত ধর্ম (Optical properties) ছাড়া এনাল্টিয়োমারদের সকল ভৌতধর্ম অভিন্ন হলেও এদের প্রত্যেকের ভৌতধর্ম রেসিমিক মিশ্রণের থেকে আলাদা হয়। যেমন গলনাঙ্ক, দ্রাব্যতা এবং ঘনত্ব।

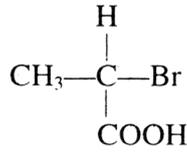
সমাণবিক পরিমাণে d ও l ল্যাকটিক অ্যাসিড মেশালে d/l বা $(+)$ ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। পাইরগডিক অ্যাসিডকে বিজারণে নিষ্ক্রিয় ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়; যাতে সমপরিমাণের d ও l এনাল্টিয়োমার উৎপন্ন হয়।



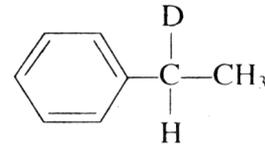
$Cwxyz$ বা ল্যাকটিক অ্যাসিডের মত একটিমাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যে কোন জৈব যৌগ d এবং l এনাল্টিয়োমার দেবে। যেমন—



2-বিউটানল



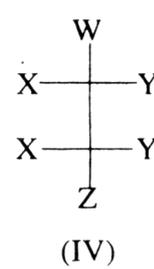
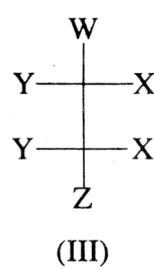
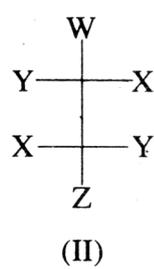
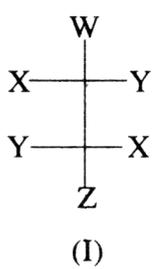
2-ব্রোমোপ্রোপানোইক অ্যাসিড



α -ডয়টেরিও-
ইথাইলবেনজিন

9.2.8 দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের আলোকসক্রিয়তা— অবিস্ত সমাবয়ব যৌগ—
আলোকসক্রিয় / আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা নির্ধারণ :

এখন দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ $Cwxy$, $Cwxy$ -তে দুটি ভিন্ন প্রকার অসম কার্বন পরমাণু আছে। এইরকম গঠনবিশিষ্ট যৌগ চার প্রকার আলোক সমাবয়ব যৌগ দেয়। যেমন—



I ও II নং গঠন একে অন্যের প্রতিবিস্ত অর্থাৎ এরা এনাল্টিয়োমার, I ও II নং এনাল্টিয়োমার দুটি সম পরিমাণে মেশালে রেসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে। সেই রকম III ও IV এনাল্টিয়োমার দুটি সম পরিমাণে মেশালেও আর একপ্রকার রেসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে।

এখন I ও IIIনং যৌগে অভিন্ন মূলক আছে, যাদের একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর বিন্যাস অভিন্ন হলেও অন্যটির অভিন্ন নয় এবং যাদের শূন্যে অবস্থান কেবলমাত্র আলাদা এবং এরা পরস্পরের সঙ্গে আয়নার প্রতিচ্ছবিও নয়। সেসব আলোক সমাবয়ব একে অন্যের প্রতিবিন্দু নয়, সেগুলিকে ডায়াস্টিরিয়ো বা অবিন্দু সমাবয়ব (Diastereoisomer) বলে।

অতএব Cwxy, Cwyz সংকেতবিশিষ্ট যৌগ ছয়টি রূপে থাকতে পারে। যেমন দুজোড়া এনান্টিয়োমার (I, II ও III, IV) এবং এক জোড়া রেসিমিক মিশ্রণ (I + II) এবং (III + IV) দুটি বা বেশি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের সমাবয়বগুলিকে সমচতুস্তলকের সাহায্যে প্রকাশ করা বেশ মুশ্কিল এবং অসুবিধাজনক এগুলিকে সহজে অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

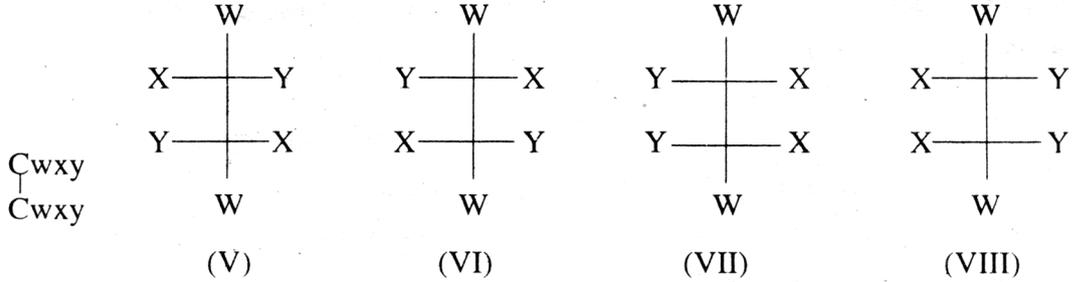
Cwxy, Cwyz সংকেতবিশিষ্ট যৌগের এনান্টিয়োমার জোড়ের প্রত্যেকটিকে পৃথকভাবে চিহ্নিতকরণে এরিথ্রো (Erythro) এবং থ্রিও (Threo), যৌগের নামের আগে বসান হয়। প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর অভিন্ন মূলক দুটি (XX) এবং (YY) অণুবিন্যাস (conformation) গ্রহণগ্রস্থ (Eclipsed) অবস্থায় থাকবে। সেই সমাবয়বের নামের আগে এরিথ্রো, অপরটি থ্রিও হবে। সুতরাং (III ও IV) কে এরিথ্রো রূপ এবং I ও II কে থ্রিওরূপ বলে। এরিথ্রোজ ও থ্রিওজ মনোস্যাকারাইড যৌগ থেকে এই নাম দুটি নেওয়া হয়েছে। এখন Cwxy, Cxyz সংকেত বিশিষ্ট যৌগে দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে সবকটি পরমাণু বা মূলক সমান নয়। তাই প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু দ্বারা সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে ঘোরান কোণের পরিমাণ সমান হবে না। মনে করি, Cwxy-তে অবস্থিত কার্বন পরমাণু m কোণে এবং Cxyz তে অবস্থিত কার্বন পরমাণু n কোণে সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে ঘোরাতে পারে।

Cwxy	+m	-m	+m	-m
Cxyz	+n	-n	-n	+n
	(m + n)	-(m + n)	m - n	-(m - n)

সুতরাং I, II, III, IV বিভিন্ন গঠনবিন্যাসের ক্ষেত্রে সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘোরান কোণ যথাক্রমে (m + n), -(m + n), (m - n) এবং -(m - n); I এবং II সমাবয়ব দুটি সমান কোণে কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরায়। অতএব এনান্টিয়োমার সেরকম III ও IV সমাবয়ব দুটিও সমান কোণে, কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরায়। Cwxy, Cxyz যৌগের উদাহরণ হল 2, 3-ডাইব্রোমোবিউটানোয়িক অ্যাসিড (CH₃CHBrCHBrCOOH) সেখানে W = CH₃, X = H, Y = Br এবং Z = COOH)। সেরকম CH₃CHCHCH₂CH₃-ও এর একটি উদাহরণ।

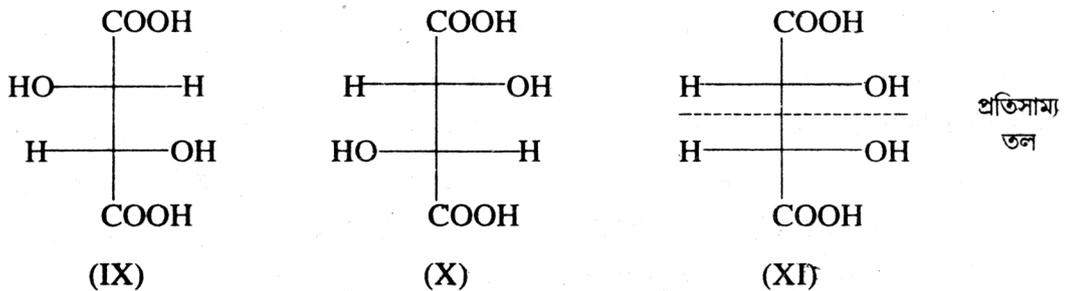


এখন দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে সংযুক্ত মূলকগুলি অভিন্ন অর্থাৎ Cwxy, Cwxy হলে সেক্ষেত্রে অভিক্ষেপ সংকেত হবে—



V ও VI সমাবয়ব দুটি একে অন্যের প্রতিবিম্ব, এবং একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় না। অর্থাৎ V ও VI সমাবয়বগুলি এনান্টিয়োমার। কিন্তু VII ও VIII সমাবয়ব দুটি একে অন্যের প্রতিবিম্ব হলেও একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় অর্থাৎ দুটি গঠনবিন্যাসই অভিন্ন। অতএব VII ও VIII বিন্যাস অভিন্ন যৌগকেই প্রকাশ করে থাকে। একটি উল্লম্ব তল দিয়ে সমান দুটি অংশে ভাগ করা যায়। অর্থাৎ VII ও VIII এর প্রতিসাম্য তল (Plane of symmetry) আছে। ফলে আলোকনিষ্ক্রিয় যৌগ VII বা VIII সমাবয়বটিতে অবস্থিত একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু সমবর্তিত সমাবয়ব আলোকরশ্মিকে যতটা কোণে ঘোরাবে, অপর অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুও ঠিক ততটা কোণে ঘোরাবে, তবে বিপরীত দিকে। তাই VII বা VIII আলোক নিষ্ক্রিয়। অর্থাৎ একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সমবর্তিত আলোকরশ্মির উপর প্রভাব অপর অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু দ্বারা সম্পূর্ণ রদ বা বাতিল হচ্ছে। আর রদ বা বাতিল করার ব্যবস্থাটা অণুর মধ্যই সংঘটিত হচ্ছে বলে এই যৌগটিকে অন্তঃস্থভাবে আলোকনিষ্ক্রিয়তা প্রাপ্ত (Internally compensated compound) হয় বা মেসো (Meso) সমাবয়ব বলে। অতএব কাইরাল কার্বন পরমাণু থাকলেও সমাবয়বটি আলোকসক্রিয় নাও হতে পারে। আবার যৌগে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু না থাকলেও যৌগটি আলোকসক্রিয় সমাবয়ব দিতে পারে, সেক্ষেত্রে যৌগটি সম্পূর্ণভাবে কাইরাল (Chiral) বা অপ্রতিসম।

2,3-ডাইব্রোমো বিউটেন, (CH₃CHBrCHBrCH₃) এবং টারটারিক অ্যাসিড
HOOCCH(OH)CH(OH)COOH হল Cwxy. Cwxy এর উদাহরণ।



মেসো টারটারিক অ্যাসিড

IX ও X সমাবয়ব দুটি এনালগিয়োর এবং এ দুটিকে সম পরিমাণে মেশালে আলোকনিষ্ক্রিয় (+) বা (dI) বা রেসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে, যা বহিঃস্থভাবে আলোকনিষ্ক্রিয়তা প্রাপ্ত যৌগ। কিন্তু XI সমাবয়বটি অস্তঃস্থভাবে আলোকনিষ্ক্রিয় যৌগ। রেসিমিক মিশ্রণ থেকে আলোকসক্রিয় সমাবয়ব দুটিকে রেজলিউশন করে পৃথক করা যায়। কিন্তু মেসো সমাবয়ব থেকে আলোকসক্রিয় সমাবয়ব পৃথক করা যায় না। সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড (যে কোনরূপ) মেসো টারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে ডায়াস্টিরিয়ো সমাবয়ব।

আলোকসক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা : জৈব যৌগের গঠনবিন্যাস জানা না থাকলেও কাইরাল বা অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সংখ্যা (n) জানা থাকলে আলোকসক্রিয় এবং আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা বলা যায়। যেমন n সংখ্যক বিভিন্ন কাইরাল কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগ, যাকে কোন তল দিয়ে সমান দুটি প্রতিবিন্দু অংশে ভাগ করা, না যায় অর্থাৎ প্রতিসাম্য তল নেই, সেটি 2^n সংখ্যক আলোকসক্রিয় সমাবয়ব দেবে এবং কোনো আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়ব দেবে না। কিন্তু n-এর মান জোড় সংখ্যা হলে এবং যৌগটিকে প্রতিসাম্য তল দিয়ে ভাগ করা গেলে, আলোকসক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা হবে 2^{n-1} এবং আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা হবে $2^{(n-2)/2}$ । কিন্তু n-এর মান বিজোড় হলে এবং যৌগটিকে প্রতিসাম্য তল দিয়ে ভাগ করা গেলে আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা $\{2^{(n-1)} - 2^{(n-1)/2}\}$ এবং আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা $2^{(n-1)/2}$ হবে।

অনুশীলনী 2

সংজ্ঞা লিখুন :

- (i) একবর্ণী আলোকরশ্মি
- (ii) ধ্রুবন ঘূর্ণাঙ্ক
- (iii) প্রতিবিন্দু সমাবয়ব
- (iv) অবিন্দু সমাবয়ব
- (v) রেসিমিক মিশ্রণ
- (vi) মেসো যৌগ

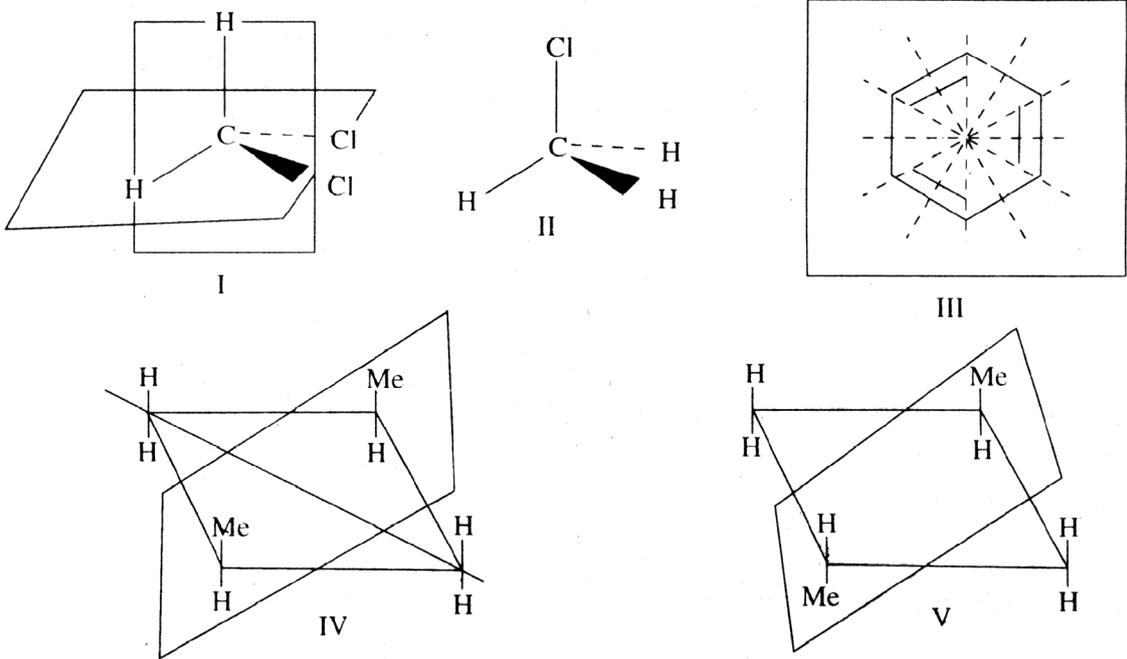
[যেখানে প্রয়োজন উদাহরণ দিয়ে বোঝান।]

9.2.9 প্রতিসাম্যের কার্যপ্রণালী এবং প্রতিসাম্য উপাদান (Symmetry operations and symmetry elements)

মেসো টারটারিক অ্যাসিডের মত যৌগে দুটি অপ্রতিসম বা কাইরাল কার্বন থাকা সত্ত্বেও যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয়। দুই বা তার বেশি কাইরাল কার্বন পরমাণু থাকলেই যৌগটি আলোকসক্রিয় হবে তা বলা যায় না। কোন যৌগ আলোকসক্রিয় হতে গেলে, যৌগ অণুটি সামগ্রিকভাবে কাইরাল বা অপ্রতিসম হতে হবে এবং যৌগ অণুটি ও এটির প্রতিবিন্দু পরস্পরের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হবে না। অণুটির গঠনবিন্যাসের মডেল এবং এর প্রতিবিন্দুর মডেল তৈরি করে সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে কী না তা দেখাটাই সবচেয়ে ভালো পদ্ধতি।

কিন্তু ব্যাপারটা অনেকক্ষেত্রে খুবই জটিল। কোন অণু প্রতিসম কী অপ্রতিসম হবে তা একটি সহজ পন্থায় করা যায় এবং সেটা হল অণুটির প্রতিসাম্য তল (Plane of symmetry) বা প্রতিসাম্য কেন্দ্র (Centre of symmetry) বা প্রতিসাম্যের একান্তর অক্ষ (Alternate axis of symmetry) আছে কি নেই। এর যে কোন একটি অণুটিতে উপস্থিত থাকলে অণুটি প্রতিসম হবে অর্থাৎ অণুটিও তার প্রতিচ্ছবির সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে। অতএব আলোকনিষ্ক্রিয় হবে।

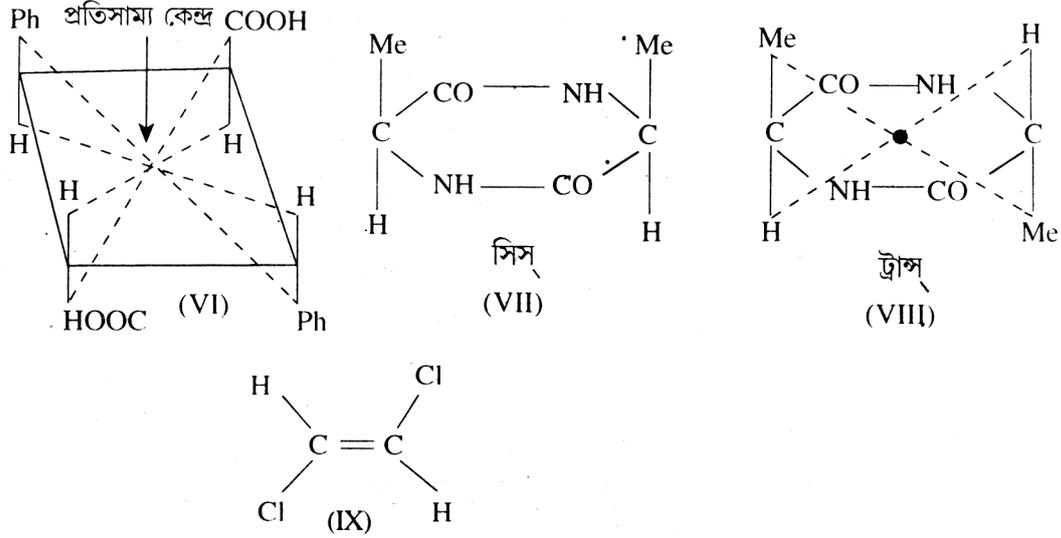
প্রতিসাম্য তল (Plane of symmetry) : কোন অণুকে প্রতিসাম্য তল দিয়ে সমান দুই অংশে ভাগ করা যায়, যাতে একটি অংশ অপর অংশটির সঙ্গে আয়নার প্রতিচ্ছবি হবে। অর্থাৎ এই তল বরাবর অংশদুটিকে প্রতিফলন করলে যে গঠন হবে তা আদি বা মূল অণুর গঠনের সঙ্গে অভিন্ন। এই অংশদুটি একে অন্যের উপর



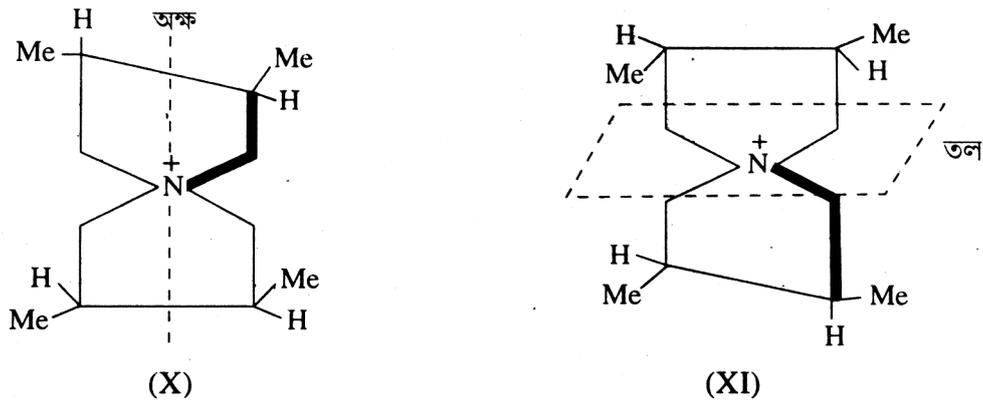
সম্পূর্ণ উপরিপাত নাও হতে পারে। এই তলকে σ -তল এবং এই কার্যপ্রণালীকে σ -প্রণালী বলে। মিথিলিন ক্লোরাইড (I) অণুর দুটি (একটি H – C – H এবং অপরটি Cl – C – Cl তল বরাবর), মিথাইল ক্লোরাইড (II) অণুর তিনটি (তিনটি Cl – C – H তল বরাবর), বেনজিন (III) অণুর মোট সাতটি (একটি অণুটির অনুভূমিক তল বরাবর এবং ছয়টি উল্লম্ব তল বরাবর, তিনপ্রস্থ বিপরীত C-পরমাণু বরাবর এবং তিন প্রস্থ বিপরীত বন্ধন বরাবর)। সি-1, 3-ডাইমিথাইল সাইক্লোবিউটেন (IV) অণুর দুটি উল্লম্ব তল বরাবর এবং ট্রান্স-1,3 ডাইমিথাইল সাইক্লোবিউটেন (V) অণুর একটি উল্লম্ব তল বরাবর σ তল আছে।

প্রতিসাম্য কেন্দ্র (Centre of symmetry) : অণুর মধ্যে অবস্থিত এমন একটি কাল্পনিক বিন্দু, যেখান থেকে উভয় দিকে সমান দূরত্বের রেখা টানলে যদি অণুতে অবস্থিত সদৃশ পরমাণু বা মূলকের সাক্ষাৎ মেলে তবে ঐ অণুতে প্রতিসাম্য কেন্দ্র আছে। যেমন 2, 4-ডাইফিনাইল সাইক্লোবিউটেন—1,3-ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড

VI অণুর প্রতিসাম্য কেন্দ্র আছে। 1,4 ডাইমিথাইল-ডাইকিটোপিপারাজিন অণুর সিস (VII) এবং ট্রান্স (VIII) দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব আছে, যার মধ্যে ট্রান্স যৌগটির প্রতিসাম্য কেন্দ্র আছে, কিন্তু সিস যৌগের প্রতিসাম্য কেন্দ্র বা তল কোনটিই নেই। অতএব ট্রান্স যৌগটির একজোড়া এনালিয়োমার রূপে থাকতে পারে। ট্রান্স 1,2-ডাইক্লোরোইথিন IX অণুর প্রতিসাম্য কেন্দ্র আছে। অবশ্য এটিতে প্রতিসাম্য তলও আছে।



প্রতিসাম্য একান্তর অক্ষ (Alternating axis of symmetry) : কোন যৌগ অণুটিকে $\frac{360^\circ}{n}$ কোণে ঘুরিয়ে অণুটির অক্ষের উপর লম্বতলে প্রতিফলন করলে অণুটির সঙ্গে তার প্রতিচ্ছবিটি যদি অভিন্ন হয়, তবে ঐ অণুর n পাট (Fold) প্রতিসাম্য একান্তর অক্ষ থাকবে। বিশেষভাবে প্রস্তুত 3,4,3',4'-টেট্রামিথাইল-স্পাইরো (1,1') ডাইপিরোলিডিনিয়াম আয়ন (X) এই ধরনের প্রতিসাম্যের উদাহরণ এবং এতে 4 পাট প্রতিসাম্য একান্তর অক্ষ আছে। কারণ এই যৌগের দুটি বলয়ের অংশের সমাক্ষের (coaxis) উপর 90° ঘোরালে (XI) অণু পাওয়া যাবে, যার সমাক্ষের উপর কেন্দ্রে লম্বতলে প্রতিফলন করা প্রতিচ্ছবি X সঙ্গে অভিন্ন হবে।



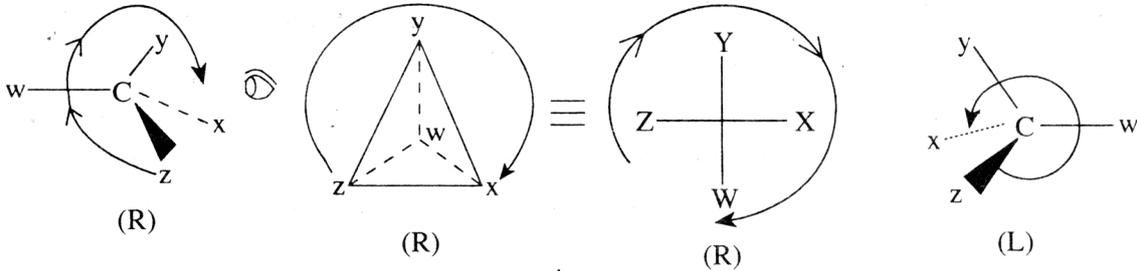
সুতরাং এই যৌগটিতে প্রতিসাম্য একান্তর অক্ষ আছে। ফলে আলোক সমাবয়ব হবে না।

9.2.10 কাইরাল বা অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস (Absolute configuration of chiral carbon atom)

D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের বিন্যাস প্রথম অবস্থায় ধরে নেওয়া হয়েছিল। পরে (+) টারটারিক অ্যাসিডের গঠনবিন্যাস সঠিকভাবে নিরূপণ করা হয়। (+) টারটারিক অ্যাসিডের বিন্যাসের সঙ্গে (+) গ্লিসার্যালডিহাইড বিন্যাস সম্বন্ধযুক্ত হওয়ায় (+) গ্লিসার্যালডিহাইড এবং এই যৌগের সঙ্গে সম্বন্ধযুক্ত বহু যৌগের পরমবিন্যাস নির্ধারিত করা হয়েছে। কিন্তু কীভাবে কোন একটি যৌগের পরম বিন্যাস সঠিকভাবে বর্ণনা করা যায়। এই কাজে কাহ্ন (Cahn), ইনগোল্ড (Ingold) ও প্রেলগ (Prelog) প্রবর্তন অণুক্রম নিয়ম দ্বারা করা হয়। প্রথমে একটি অপ্রতিসম বা কাইরাল কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ Cwxyz নেওয়া যাক।

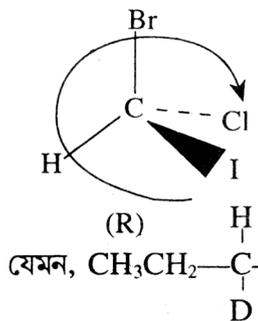
এই যৌগে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যুক্ত চারটি বিভিন্ন পরমাণু বা বিভিন্ন মূলকককে অগ্রাধিকারের অণুক্রম (Priority sequence) অনুসারে সাজানো হয়। যে মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক যত বেশি সেই মৌল পরমাণুর অগ্রাধিকার তত বেশি হবে।

মনে করি, x, y, z, w মূলকগুলির অগ্রাধিকার ক্রম হল $z > y > x > w$ । এখন জৈব অণুটিকে এমনভাবে দেখাবো যাতে সবচেয়ে কম অগ্রাধিকার বিশিষ্ট লিগান্ড বা সংলগ্নক (Ligand)-কে আমাদের চোখের সবচেয়ে দূরে রেখে অবশিষ্ট তিনটি লিগান্ডকে দেখা হয়। সবচেয়ে বেশি অগ্রাধিকার বিশিষ্ট লিগান্ড থেকে পরবর্তী অগ্রাধিকার বিশিষ্ট লিগান্ড এবং অবশেষে তৃতীয় অগ্রাধিকার বিশিষ্ট লিগান্ডের দিকে তাকালে যদি আমাদের দৃষ্টিপথ ঘড়ির কাঁটার চলার দিকে হয় তবে সেই যৌগের পরম বিন্যাস হবে দক্ষিণবর্তী বা R (অর্থাৎ Rectus বা right) এবং ঘড়ির কাঁটার চলার বিপরীত দিকে হলে হবে বামাবর্তী বা S' (অর্থাৎ Sinister বা left)।



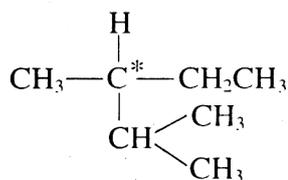
অণুক্রম নিয়মসমূহ (Sequence rules : CIP নিয়ম)

অণুর প্রথম নিয়ম : অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যদি চারটি বিভিন্ন পরমাণু যুক্ত থাকে তবে যে পরমাণুর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক যত বেশি তার অগ্রাধিকার তত বেশি। যেমন, CHClBrI -এ অগ্রাধিকারের ক্রম $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl} > \text{H}$ কোন মৌলের দুটি সমস্থানিক অপ্রতিসম কার্বনে যুক্ত থাকলে যে সমস্থানিকের ভরসংখ্যা বেশি তার অগ্রাধিকার বেশি।



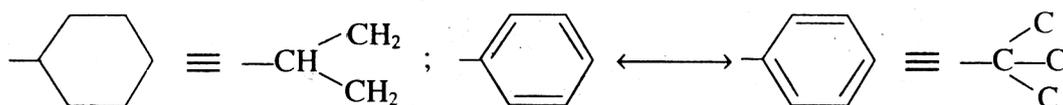
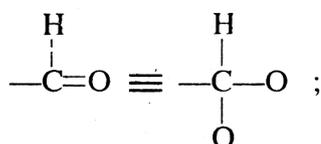
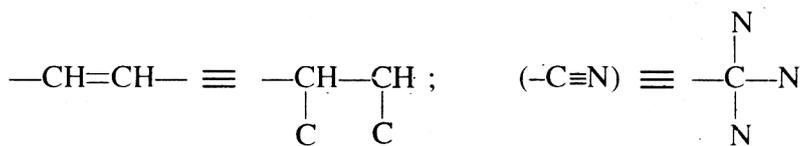
যেমন, $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{Cl})-\text{D}$ যৌগের অগ্রাধিকারের ক্রম হবে $\text{Cl} > \text{CH}_3\text{CH}_2 > \text{D} > \text{H}$.

অণুক্রমের দ্বিতীয় নিয়ম : প্রথম নিয়ম অনুসারে যদি কোন দুটি বা তার বেশি মূলকের অগ্রাধিকার নির্ণয় না করা যায় তবে অপ্রতিসম কার্বনের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত পরমাণুটি অন্য আর একটি পরমাণুর সঙ্গে যখন যুক্ত থাকে তখন শেষোক্ত পরমাণুর ক্রমান্বয়ের সঙ্গে তুলনা করে অগ্রাধিকার ঠিক করা হয়। যদি এতেও না হয় তবে তার পরবর্তী পরমাণুগুলির মধ্যে তুলনা করা হবে, যতক্ষণ না অগ্রাধিকার ঠিক হয়। যেমন, অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে



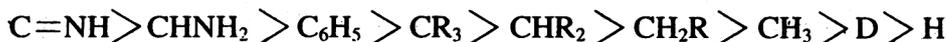
(C*)-CH₃, -CH₂CH₃ এবং -CH(CH₃)₂ মূলকগুলি কার্বন দ্বারা যুক্ত। কিন্তু CH₃ মূলকে পরবর্তী পরমাণুগুলি হল H, H, H (তিনটি), কিন্তু -CH₂CH₃ মূলকে পরবর্তী পরমাণুগুলি হল H, H ও C এবং -CH(CH₃)₂ মূলকে H, C, C অতএব -CH(CH₃)₂ মূলকের অগ্রাধিকার সবচেয়ে বেশি এবং CH₃ মূলকের সবচেয়ে কম। অগ্রাধিকারের ক্রম হবে (CH₃)₂CH- > CH₂CH₂- > CH₃-।

দ্বিবন্ধন, ত্রিবন্ধন বা বৃত্তাকার বিশিষ্ট মূলক হলে অগ্রাধিকার নির্ণয়ের নিয়ম হবে নিম্নরূপ। দ্বিবন্ধন বিশিষ্ট মূলকে দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত পরমাণুগুলি দ্বিগুণ অবস্থায় এবং ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত পরমাণুগুলি ত্রিগুণ অবস্থায় আছে বলে ধরা হবে। যেমন—

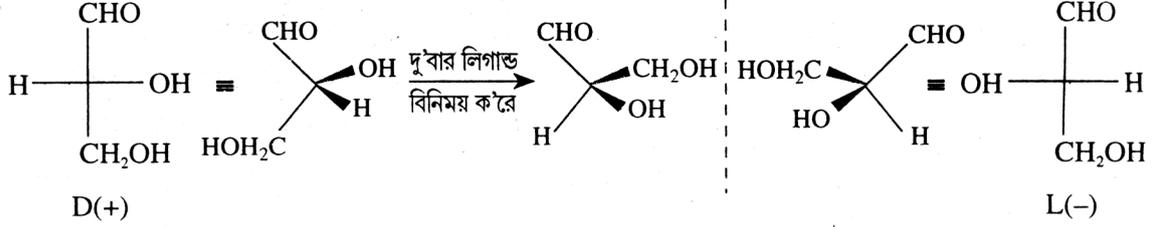


বৃত্তাকার মূলককে শাখায়িত শৃঙ্খলবিশিষ্ট বলে ধরা হয় এবং এতে দ্বিবন্ধন থাকলে দ্বিগুণ করে এবং ত্রিবন্ধন থাকলে ত্রিগুণ করে ধরা হয়।

অণুক্রমের নিয়ম অনুসারে অগ্রাধিকার ভিত্তিতে কিছু পরমাণু এবং মূলকে সাজানো হল।

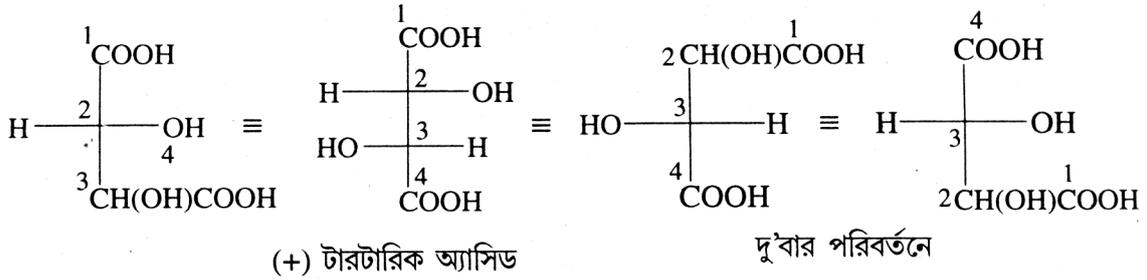


এখন D ও L গ্লিসার্যালডিহাইডের পরম বিন্যাস সাজানো যাক।



গ্লিসার্যালডিহাইডের অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যুক্ত লিগ্যান্ডের অগ্রাধিকার হার $\text{OH} > \text{CHO} > \text{CH}_2\text{OH} > \text{H}$ । D(+) গ্লিসার্যালডিহাইডের পরম বিন্যাস R এবং আয়নায় এর প্রতিচ্ছবির L(-) গ্লিসার্যালডিহাইডের পরম বিন্যাস হবে S।

দুটি বা তার বেশি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যুক্ত মূলকগুলির অগ্রাধিকার নির্ণয় করে অনুক্রম নিয়ম অনুসারে প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস পৃথক পৃথকভাবে নির্ণয় করা হয়। যেমন, টারটারিক অ্যাসিডে দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে, যার প্রত্যেকটিতে OH, COOH, CH(OH)COOH ও H মূলক আছে। এগুলির অগ্রাধিকার হবে $\text{OH} > \text{COOH} > \text{CH(OH)COOH} > \text{H}$ ।



(+) টারটারিক অ্যাসিডের 2নং অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস (R) এবং 3নং অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাসও (R) অর্থাৎ (+) টারটারিক অ্যাসিডের পরম বিন্যাস (2R, 3R)। সেইরকম (+) টারটারিক অ্যাসিডের প্রতিবিশ্ব অণুটি অর্থাৎ (-) টারটারিক অ্যাসিডের পরম বিন্যাস হবে (2S, 3S)। কিন্তু মেসো টারটারিক অ্যাসিডের পরম বিন্যাস হবে (2R, 3S বা 2S, 3R) মেসো টারটারিক অ্যাসিডের প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে অভিন্ন মূলক থাকায় প্রত্যেক সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে সমান কোণে কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরাবে, ফলে ঘূর্ণনের নীট ফল হবে শূন্য অর্থাৎ আলোকনিষ্ক্রিয়।

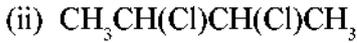
এখন কোন জৈব যৌগে দুয়ের বেশি অপ্রতিসম কার্বন থাকলে ঐ একইভাবে প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস নির্ণয় করা হয়।

কোন জৈব যৌগের অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে যুক্ত চারটি লিগ্যান্ডের মধ্যে যে কোন দুটি স্থান পরিবর্তন করলে যৌগটির পরম বিন্যাস পাণ্টে যাবে। অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর পরম বিন্যাস R হলে দুটি লিগ্যান্ডের স্থান বিনিময় করলে প্রাপ্ত যৌগটির পরম বিন্যাস হবে S। সেইরকম আবার যদি যে কোন দুটি লিগ্যান্ডের

मध्ये स्थान विनिमय करे, परम विन्यास पुनराय R हवे। अतएव दुवार यदि स्थान विनिमय हय तबे यौगेर परम विन्यासेर कोनरकम परिवर्तन हवे ना।

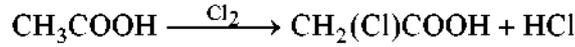
अनुशीलनी 3

निचेर यौगदुतिर प्रत्येकटिते कटि करे आलोकसक्रिय / आलोकनिष्क्रिय समावयव संभव तार संख्या निर्णय करुन एवं समावयवगुलि लिखुन। R, S नामकरण करुन।



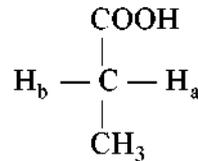
9.3 समरूपी (Homotopic), प्रतिबिम्बरूपी (Enantiotopic) एवं अविम्बरूपी (Diastereotopic) परमाणु वा मूलक [लिग्यान्ड (Ligand)]

(1) समरूपी (Homotopic) परमाणु : जैव यौगेर कोन कार्बन परमाणुते युक्त अतिम दुटि परमाणु वा मूलकेर (लिग्यान्ड) एकटिके अन्य कोन 'X' परमाणु वा मूलक दिये प्रतिस्थापित करले ये अणु गठित हवे अपर लिग्यान्डटिके ए 'X' दिये प्रतिस्थापित करले यदि अतिम अणु पाओया यावे तबे ए दुटि लिग्यान्डके समरूपी लिग्यान्ड बले। येमन,

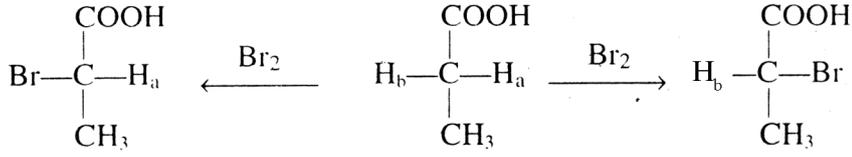


इथानोयिक अ्यासिडेर मिथाइल मूलकेर तिनटि H-परमाणुर ये कोनटि Cl दिये प्रतिस्थापित करले अतिम क्लोरो-इथानोयिक अ्यासिड पाओया यावे। अतएव ए तिनटि H-परमाणु समरूपी।

(2) प्रतिबिम्बरूपी (Enantiotopic) परमाणु : किञ्च प्रोपानोयिक अ्यासिडेर दुटि मिथिलिन H-परमाणु समरूपी नय। यदि एइ दुटि H-परमाणु H_a ओ H_b दिये चिह्नित करा हय ता हले H_a ओ H_b के बला हवे प्रतिबिम्बरूपी परमाणु।



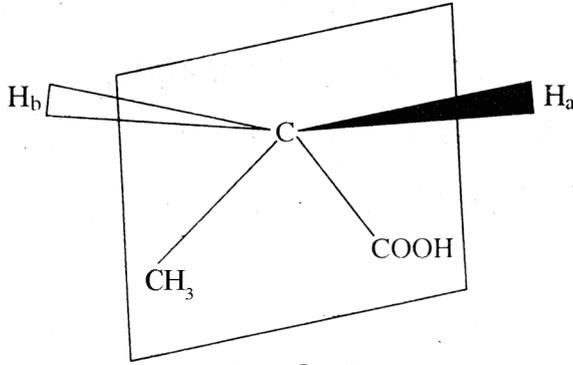
H_a ओ H_b एइ दुटि हाइड्रोजेनेर ये कोन एकटिके (धरा याक H_a) Br-दिये प्रतिस्थापित करले ये यौग पाओया यावे सेइ यौगटि हवे H_b -के Br दिये प्रतिस्थापित करले ये यौग उतपन्न हवे तार प्रतिबिम्बर समावयव (Enantiomer)।



(S)-2-ব্রোমোপ্রোপানোয়িক অ্যাসিড
এর কারণ কী?

(R)-2-ব্রোমোপ্রোপানোয়িক অ্যাসিড

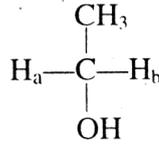
যদি $\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H}$ -কে একটি সমতলে কল্পনা করা হয় তা হলে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু (H_b) এই সমতলের বাদিকে থাকবে; অপর হাইড্রোজেন পরমাণুটি (H_a) সমতলের ডানদিকে থাকবে। এই অবস্থানগত তারতম্যের জন্যই H_a ও H_b এক নয়; তারা আলাদা।



প্রতিবিস্মরূপী হাইড্রোজেন

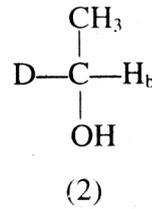
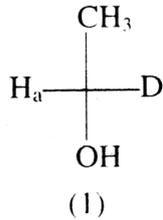
রাস্তার বিপরীত পাশে দুটি একই রকম বাড়ি যেমন এক নয়, অবস্থানগত তারতম্য আছে; ঠিক তেমনি প্রোপানয়িক অ্যাসিডের দুটি হাইড্রোজেন H_a ও H_b এক নয়।

স্বচ্ছ ধারণার জন্য প্রতিবিস্মরূপী হাইড্রোজেনের আরও একটি উদাহরণ দেওয়া যেতে পারে। যেমন ইথানল। এই যৌগের দুটি মিথিলিন হাইড্রোজেন পরমাণু একরকম নয় এরা প্রতিবিস্মরূপী।



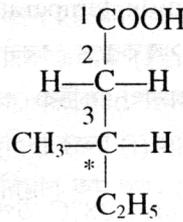
ইথানল

যদি একটি H_a বা H_b D-দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয় দুটি প্রতিবিস্ম সমাবয়ব (Enantiomer) তৈরি হবে।

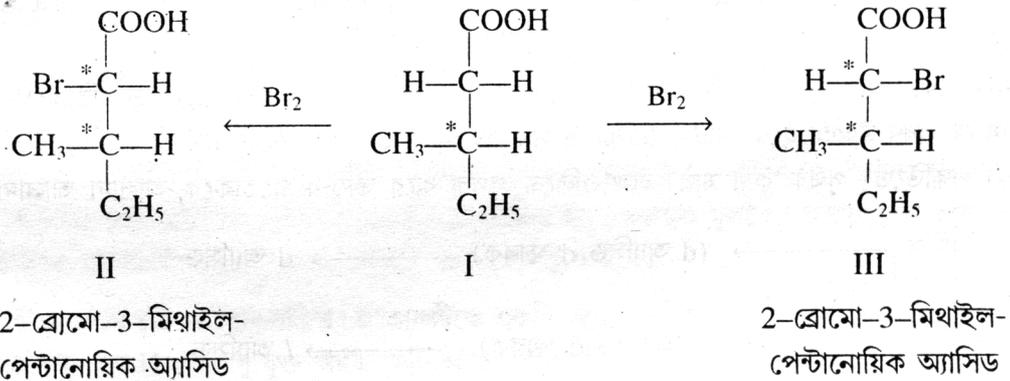


যখন (2) যৌগটি (D-পরমাণু বাঁদিকে) এনজাইম, অ্যালকোহল ডিহাইড্রোজিনেসের (Alcohol dehydrogenase) সঙ্গে বিক্রিয়া করে তখন ডয়টেরিয়াম দূরীভূত হয়। আবার যখন যৌগ (1)-এর সঙ্গে ঐ একই এনজাইম বিক্রিয়া করে তখন H-দূরীভূত হয় কিন্তু D-হয় না। এর থেকে প্রমাণ হয় যে, অবস্থানগত তারতম্যের জন্যই এই বিক্রিয়া ঘটেছে ; কারণ এনজাইমের বিক্রিয়া সুনির্দিষ্ট অবস্থানেই ঘটে।

(3) **অবিস্মরূপী (Diastereotopic) পরমাণু** : 3-মিথাইল পেন্টানোয়িক অ্যাসিডের *C₃-কার্বনটি অপ্রতিসম কার্বন (Asymmetric carbon বা Chiral কার্বন), যৌগটি আলোকসক্রিয় এবং এর দুটি প্রতিবিস্ম সমাবয়ব পাওয়া যায়।



এই যৌগটিতে C₂-এর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি অবিস্মরূপী (Diastereotopic)। এই দুটি হাইড্রোজেনের একটিকে যদি Br দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয় তবে একটি আলোকসক্রিয় যৌগ পাওয়া যাবে। আবার অন্য হাইড্রোজেনটিকে Br দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে যে আলোকসক্রিয় যৌগ উৎপন্ন হবে (কারণ একটি নতুন কাইর্যাল কার্বন তৈরি হবে) সেটি প্রথমটির প্রতিবিস্ম সমাবয়ব হবে না। যৌগ দুটি (2-ব্রোমো-3-মিথাইল পেন্টানোয়িক অ্যাসিড) হবে অবিস্ম সমাবয়ব যৌগ (Diastereoisomers)।



II এবং III অবিস্ম সমাবয়ব।

9.4 রেসিমিক মিশ্রণ পৃথকীকরণ পদ্ধতি

রেসিমিক মিশ্রণ থেকে এনাল্টিয়োমারদের পৃথক করার পদ্ধতিকে রেজলিউশন (Resolution) বলে। রেসিমিক মিশ্রণে এনাল্টিয়োমারগুলি সমানবিক পরিমাণে থাকায় এটি আলোকনিষ্ক্রিয় পদার্থ। এনাল্টিয়োমারগুলির

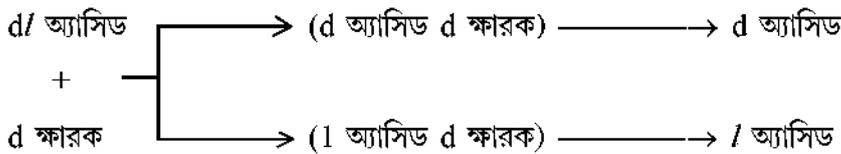
ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন বলে ভৌত পদ্ধতি যেমন আংশিক কেলাসন, আংশিক পাতন ইত্যাদি দ্বারা রেসিমিক মিশ্রণ থেকে এদের পৃথক করা সম্ভব নয়।

(1) **যান্ত্রিক পদ্ধতি** : এই পদ্ধতিতে লুই পাস্তুর (Louis Pasteur) চিমটের সাহায্যে সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের রেসিমিক মিশ্রণের কেলাস থেকে এনালিয়োমার দুটি পৃথক করেন। এই যৌগের এনালিয়োমার দুটির কেলাসগুলি সর্বতোভাবে অনুরূপ নয়, কিন্তু একটি এনালিয়োমারের কেলাসের গঠন অপরটির প্রতিবিন্দু এবং একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হয় না। এইরূপ দুই শ্রেণীর কেলাসকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের নিচে রেখে তিনি চিমটের সাহায্যে বেছে আলাদা করেন। এভাবে অবশ্য আজকাল রেসিমিক মিশ্রণকে আলাদা করা হয় না। সংক্রমণ তাপমাত্রা (transition temperature) থেকে কম তাপমাত্রায় সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসন করলে কেবলমাত্র সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের এনালিয়োমার দুটির পৃথক কেলাস পাওয়া যায়। অর্থাৎ একটির কেলাস অপরটির প্রতিবিন্দু হবে এবং একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হবে না।

সংক্রমণ তাপমাত্রায় (transition temperature) 28°C উপরে কেলাসন করলে দুটি এনালিয়োমার একসঙ্গে মিশে একরকম কেলাস উৎপাদন করে। ফলে এনালিয়োমার দুটি আলাদা করা সম্ভব নয়।

(2) **রাসায়নিক পদ্ধতি** (বা ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব গঠনের সাহায্যে) : এই পদ্ধতিতে রেসিমিক মিশ্রণের সঙ্গে একটি আলোকসক্রিয় যৌগের বিক্রিয়ায় যে দুটি আলোকসক্রিয় যৌগ (এনালিয়োমার দুটি থেকে) উৎপন্ন হয় তারা কিন্তু একে অন্যের (গঠনের) প্রতিবিন্দু হয় না। ফলে উৎপন্ন আলোকসক্রিয় যৌগ দুটি একে অন্যের এনালিয়োমার নয়, এরা ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব। এই ডায়াস্টিরিও সমাবয়বদের ভৌতধর্ম যেমন দ্রাব্যতা, গলনাঙ্ক ইত্যাদি সমান (অভিন্ন) হয় না। ফলে ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে একে অন্যের থেকে আলাদা করা যায়।

যেমন, কোন অ্যাসিডের রেসিমিক মিশ্রণের সঙ্গে আলোকসক্রিয় ক্ষারকের (base) (মনে করি d ক্ষারকের) বিক্রিয়ায় যে লবণ উৎপন্ন হবে সেটি ডায়াস্টিরিও সমাবয়বের মিশ্রণ হবে। এদের ভৌত পদ্ধতিতে (আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতে) পৃথক করা যায়। লবণগুলিকে পৃথক করে তাদের প্রত্যেককে আলাদা আলাদাভাবে



আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে d ও l অ্যাসিড পৃথক পৃথকভাবে পাওয়া যাবে। আলোকসক্রিয় ক্ষারক হিসেবে ব্রুসিন (Brucine), স্ট্রিকনি (Strychnine), কুইনি (Quinine), সিনকোনি (Cinchonine) ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন গাছপালা থেকে এই আলোকসক্রিয় ক্ষারকদের পাওয়া যায়।

রেসিমিক টারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে d সিনকোনি ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব হবে d সিনকোনি d টারটারেট এবং d সিনকোনি l টারটারেট। এই দুই লবণের দ্রাব্যতা বিভিন্ন হওয়ায় এদের

আংশিক কেলাসন করে পৃথক করা হয়। পরে প্রত্যেক লবণকে পৃথকভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে d ও l টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যাবে।

রেসিমিক ক্ষারকের ক্ষেত্রে আলোকসক্রিয় অ্যাসিড যেমন d টারটারিক অ্যাসিড, l ম্যালিক অ্যাসিড ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। রেসিমিক কোহলের ক্ষেত্রেও আলোকসক্রিয় অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করে d ও l কোহল পৃথক করা হয়।

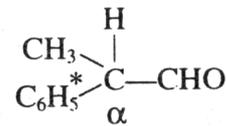
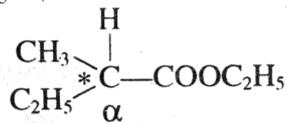
(3) **বায়োকেমিক্যাল পদ্ধতি** : কোন কোন জীবাণু বা ছত্রাক রেসিমিক মিশ্রণের মধ্যে যোগ করলে তারা একটি বিশেষ আলোকসক্রিয় যৌগকে দ্রুত ধ্বংস করে, কিন্তু অপর সমাবয়বকে কিছুই করে না। এইভাবে রেসিমিক মিশ্রণের একটি এনাল্টিয়োমার ধ্বংস হয় এবং অপরটি অপরিবর্তিত থাকে। এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষ এনাল্টিয়োমার পাওয়া যায়। পেনিসিলিয়াম গ্লকাম (Penicillium Glaucum) নামে এক বিশেষ ছত্রাক রেসিমিক অ্যামোনিয়াম টারটারেটে যোগ করলে d সমাবয়বকে ধ্বংস করে। ফলে দ্রবণে l অ্যামোনিয়াম টারটারেট পাওয়া যায়। এই পদ্ধতির অসুবিধা হলো (i) সাধারণত রেসিমিক মিশ্রণের লঘু দ্রবণ ব্যবহার করতে হয়, ফলে পরিত্যক্ত এনাল্টিয়োমারের পরিমাণ কম হয়। (ii) একটি এনাল্টিয়োমার সবসময় ধ্বংস হয়ে যায়। (iii) এই বিক্রিয়ার গতি বেশ মধুর।

9.5 রেসিমাইজেশান (Racemization)

উপযুক্ত অবস্থায় বেশিরভাগ আলোকসক্রিয় যৌগ তাদের আলোকসক্রিয়তা হারিয়ে আলোকনিষ্ক্রিয় পদার্থে পরিণত হয়, যদিও তাদের গঠন অবিকৃত থাকে। d বা l যৌগ একে অন্যের আকৃতিতে পরিবর্তিত হয়ে d/l বা রেসিমিক মিশ্রণে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনকে রেসিমাইজেশান বলে। আলো, তাপ বা রাসায়নিক বিকারকের প্রভাবে এই রেসিমাইজেশান ঘটে থাকে। এতে কোন আলোকসক্রিয় পদার্থের অর্ধাংশ তার এনাল্টিয়োমারে পরিণত হয়। যেমন, d বা l টারটারিক অ্যাসিডকে ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে 170°C-এ উত্তপ্ত করলে আলোকনিষ্ক্রিয় রেসিমিক টারটারিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

যে সকল আলোকসক্রিয় জৈব যৌগে ঋণাত্মক মূলকের সাপেক্ষে C₂-কার্বন (α-কার্বন) অপ্রতিসম এবং এই অপ্রতিসম কার্বনের সঙ্গে যুক্ত H-পরমাণু যদি আল্লিক হয় (ঋণাত্মক মূলকের প্রভাবে) তা হলে ক্ষারকের উপস্থিতিতে রেসিমাইজেশানের ফলে যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয় হবে।

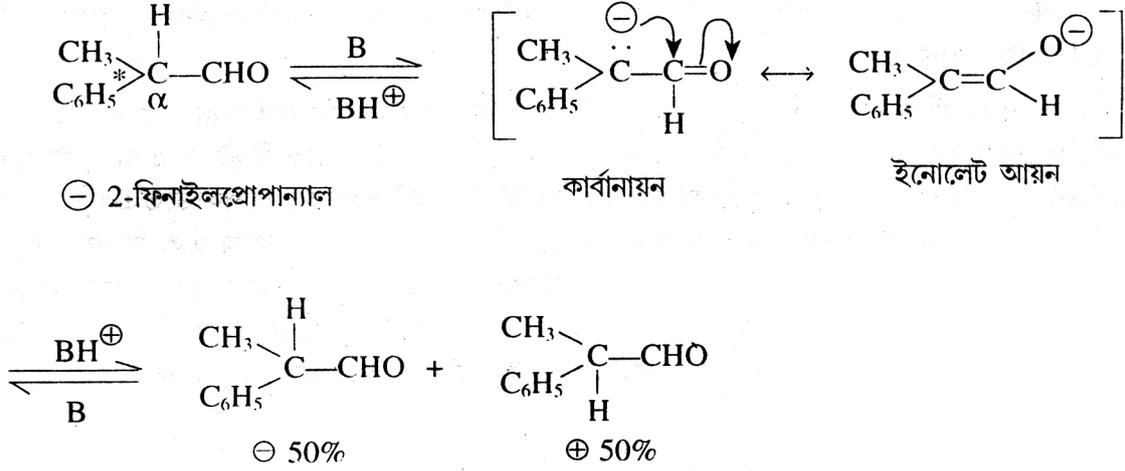
নিচের যৌগ দুটি আলোকসক্রিয়। প্রত্যেকটিতে একটি করে অপ্রতিসম কার্বন (*দিয়ে চিহ্নিত) আছে। এই কার্বনের সঙ্গে যে H-পরমাণু যুক্ত আছে সেটি আল্লিক (একটিতে— COOC₂H₅ মূলক ও অন্যটিতে)—CHO এবং C₆H₅-মূলক থাকার ফলে)।



(+) ইথাইল + 2-মিথাইল-বিউটানোয়েট

(-) 2-ফিনাইলপ্রোপান্যাল

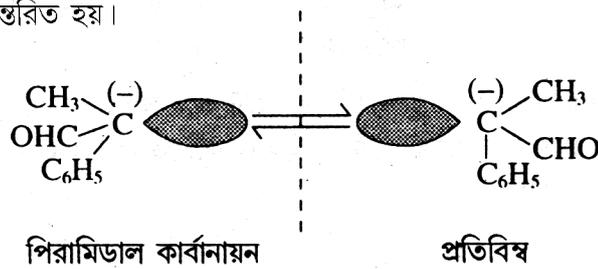
এখানে (-) 2-ফিনাইল প্রোপান্যালকে উদাহরণ হিসেবে নেওয়া হল। এই আলোকসক্রিয় যৌগটি ক্ষারকের উপস্থিতিতে কীভাবে রেসিমাইজেশনের ফলে আলোকনিষ্ক্রিয় হয় তার কলাকৌশল নিচে দেখান হল।



উপরের তৃতীয় বন্ধনীতে যে দুটি রেজনেটিং গঠন দেখান হল তাদের মধ্যে ইনোলেট আয়নের অবদান কার্বানায়নের তুলনায় বেশি।

ইনোলেট আয়ন এবং ইনল সমতলীয়। ইনলের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত H-পরমাণুটি (এখানে H⁺) যখন অক্সিজেন থেকে কার্বনে স্থানান্তরিত হয় তখন দুভাবে তা ঘটতে পারে। H-পরমাণুটি দ্বিবন্ধন তলের উপর বা নিচের দিক থেকে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে। যেহেতু এই সম্ভাবনা 50 : 50, তাই যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয় হবে।

আবার যদি H⁺, কার্বানায়নের সঙ্গে যুক্ত হয় সেক্ষেত্রেও রেসিমাইজেশনের ফলে যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয় হবে। কার্বানায়ন পিরামিডাল আকৃতি বিশিষ্ট। পিরামিডাল কার্বানায়ন ও তার প্রতিবিন্দু সাম্যাবস্থায় থাকে এবং দ্রুত একটি অপরটিতে রূপান্তরিত হয়।

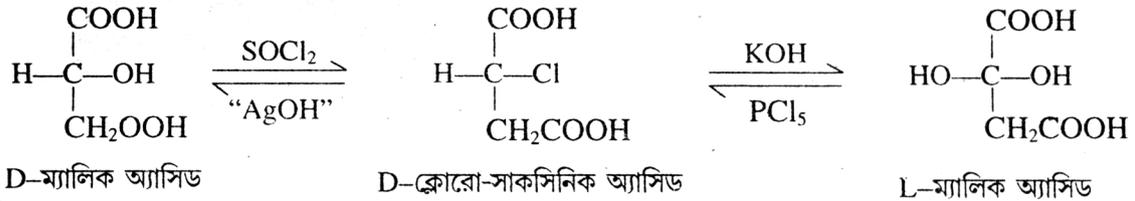


এবার যদি H⁺, কার্বানায়নের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহলেও শেষপর্যন্ত যৌগটি রেসিমাইজেশনের ফলে আলোকনিষ্ক্রিয় হবে। কারণ H⁺ এক্ষেত্রে ডানদিক অথবা বাঁদিক থেকে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হবে। এখানেও সম্ভাবনা 50 : 50 ভাগ। তাই (±) যৌগ সমানভাবে উৎপন্ন হয়।

9.6 ভালডেন উৎক্রমণ (Walden inversion)

1893 খ্রিস্টাব্দে ভালডেন রেজলিউশান ছাড়াই D* শ্রেণীর কোন আলোকসক্রিয় যৌগকে L* শ্রেণীতে বা L শ্রেণী যৌগ থেকে D শ্রেণী যৌগে পরিণত করেন। এই পরিবর্তনকে ভালডেন উৎক্রমণ বলে। এই উৎক্রমণে সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলের ঘোরান দিকের পরিবর্তন হতেও পারে আবার নাও হতে পারে। অনেক সময় এই উৎক্রমণ আংশিক হলেও কখন কখন 100% হতে পারে। সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলের ঘোরান দিক পরিবর্তন হলেই বলা যাবে না যে উৎক্রমণ হয়েছে। যেমন D-গ্লিসার্যালডিহাইড ডান ঘূর্ণক যৌগ এবং এই যৌগটিকে জারিত করলে বাম ঘূর্ণক গ্লিসারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যদিও D-গ্লিসার্যালডিহাইড এবং এর থেকে পাওয়া গ্লিসারিক অ্যাসিডের গঠনবিন্যাস অভিন্ন। অর্থাৎ উভয়েই D শ্রেণীর যৌগ, কিন্তু ঘূর্ণনের দিক আলাদা।

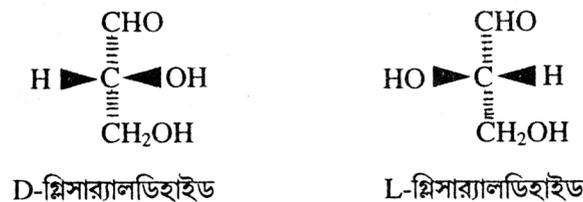
ম্যালিক অ্যাসিডের উপর নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে ভালডেন প্রথম এই উৎক্রমণ করতে সফল হন।



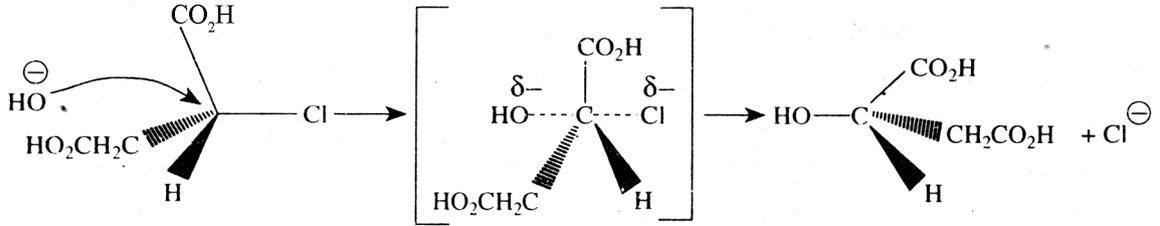
D-ম্যালিক অ্যাসিড থেকে D-ক্লোরো-সাকসিনিক অ্যাসিড হয়ে L-ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হওয়াকে ভালডেন উৎক্রমণ বলে।

D-ম্যালিক অ্যাসিড থেকে D-ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিডে পরিবর্তনের সময় হাইড্রক্সিল মূলকের জায়গায় ক্লোরিন পরমাণু আসে কিন্তু এতে গঠনবিন্যাসের পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ এটি ভালডেন উৎক্রমণ হবে না। কিন্তু D-ক্লোরোসাকসিনিক অ্যাসিড থেকে L-ম্যালিক অ্যাসিডে পরিবর্তনের সময় ক্লোরিনের পরিবর্তে হাইড্রক্সিল মূলক আসে, কিন্তু এতে বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটে। ফলে L শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এটি ভালডেন উৎক্রমণ হবে।

*D বা L এখানে কোন যৌগের বিন্যাস (Configuration) নির্দেশিত করে, ডেক্সট্রো (ডান ঘূর্ণন) বা লিভো (বাম ঘূর্ণন) (Optical rotation) বোঝায় না। সে সকল আলোকসক্রিয় যৌগের কোন সমাবয়ব D-গ্লিসার্যালডিহাইড বিন্যাসের ন্যায় তাকে D শ্রেণীর যৌগ বলা হয়। সেইরকম কোন যৌগের বিন্যাস L-গ্লিসার্যালডিহাইডের মত হলে তাদের L শ্রেণীর যৌগ বলে।



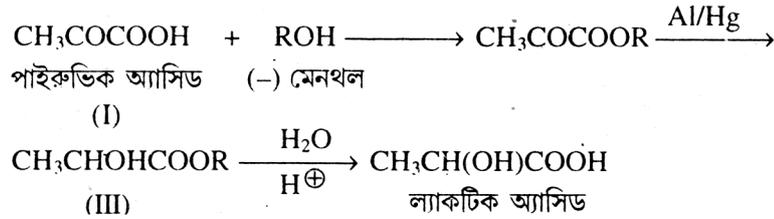
এক্ষেত্রে D-ক্লোরো-সাকসিনিক অ্যাসিডে ক্লোরিন পরমাণু কার্বন পরমাণুর যদিকে সংযুক্ত আছে তার বিপরীত দিক থেকে হাইড্রক্সিল মূলক যৌগটিকে নিউক্লিয়োফিলিক আক্রমণের ফলে গঠনবিন্যাসের পরিবর্তন হয়। সেরকম L-ম্যালিক অ্যাসিড থেকে L-ক্লোরো-সাকসিনিক অ্যাসিড হয়ে D-ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হওয়াকেও ভালডেন উৎক্রমণ বলে।



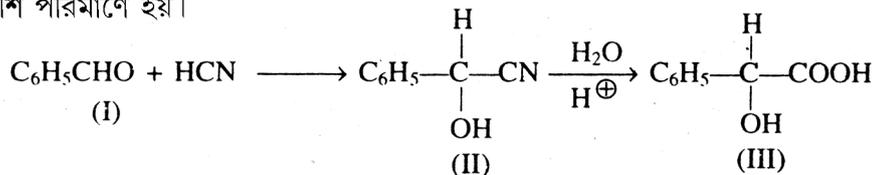
9.7 অপ্রতিসম সংশ্লেষণ (Asymmetric synthesis)

আলোকসক্রিয় যৌগদের সংশ্লেষণ করলে সাধারণত d/ বা রেসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু প্রতিসম যৌগদের থেকে বিশেষ পদ্ধতিতে আলোকসক্রিয় যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব যাতে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে d ও / যৌগ উৎপন্ন হয়। অবশ্য রেজলিউশান করে নয়। আলোকসক্রিয় যৌগের সাহায্যে প্রতিসম যৌগ থেকে আলোকসক্রিয় যৌগ প্রস্তুত করার পদ্ধতিকে অপ্রতিসম সংশ্লেষণ বলে।

(1) যেমন পাইরুভিক অ্যাসিডকে অ্যালুমিনিয়াম পারদসংকর দিয়ে বিজারিত করলে dl বা রেসিমিক ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু পাইরুভিক অ্যাসিডকে (1) আলোকসক্রিয় কোহল [(-) মেনথল] দিয়ে বিক্রিয়া করিয়ে এস্টারে (H) পরিণত করার পর বিজারিত করলে যে ল্যাকটিক অ্যাসিড এস্টার (III) পাওয়া যায় তাকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিড সামান্য বাম ঘূর্ণক হয়। অর্থাৎ / ল্যাকটিক অ্যাসিড d ল্যাকটিক অ্যাসিডের চেয়ে বেশি পরিমাণে এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন হয়।



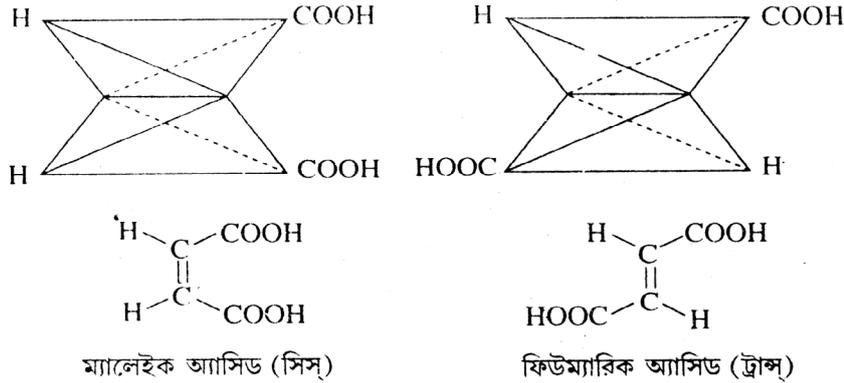
(2) উৎসেচকের উপস্থিতিতে অপ্রতিসম সংশ্লেষণ : একপ্রকার উৎসেচকের (Enzyme) উপস্থিতিতে বেনজ্যালডিহাইডের (I) সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিন (II) -কে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে d ও / ম্যানডেলিক অ্যাসিড (III) উৎপন্ন হয়। কিন্তু / ম্যানডেলিক অ্যাসিড কিছুটা বেশি পরিমাণে হয়।



9.8 জ্যামিতিক বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতা

এই শ্রেণীর সমাবয়বতার সবচেয়ে ভাল উদাহরণ হল ম্যালিক অ্যাসিড ও ফিউমারিক অ্যাসিড। আণবিক সংকেত এক হলেও $[C_4H_4O_4]$ এদের ভৌত ও কিছু কিছু রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। অ্যাসিড দুটি আলোকসক্রিয় (Optically active) নয় বা প্রতিবিশ্ব সমাবয়ব (enantiomer)-ও নয়, কিন্তু ত্রিমাত্রিক সমাবয়ব। এই দুটি যৌগের মধ্যে সম্পর্ক হলো—এরা আলোকনিষ্ক্রিয় (Optically inactive) ও অবিশ্ব সমাবয়ব (Diastereomer)।

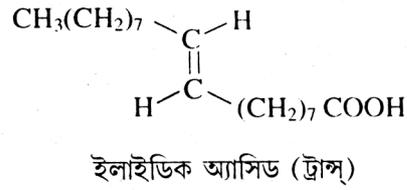
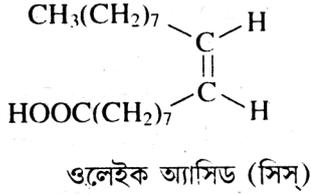
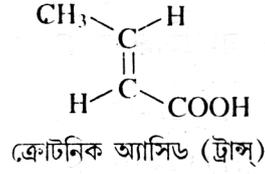
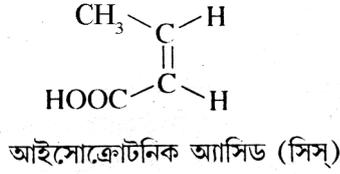
ম্যালিক ও ফিউমারিক অ্যাসিড উভয়ের গঠন (Structure), $HOOC \cdot CH = CH \cdot COOH$ অভিন্ন। কিন্তু পরমাণু ও মূলকের স্থানিক অবস্থান বা বিন্যাসের (Configurations) পার্থক্যের দরুন এই সমাবয়বতার উদ্ভব হয়, কারণ দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণুদ্বয়ের স্বাধীনভাবে ঘোরা সম্ভব নয়। দুটি সমচতুষ্ফলককে ধার বরাবর যুক্ত করে ভ্যান্ট হফ (Van't Hoff) অলিফিনিক দ্বিবন্ধকে উপস্থাপিত করেন। এর ফলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের ঘূর্ণন সম্ভব হয় না। [এখানে একটি যান্ত্রিক উদাহরণের উল্লেখ করা যেতে পারে। একটি প্লেটকে একটি পেরেকের উল্লম্ব অক্ষ (Vertical axis) সাপেক্ষে ঘোরান সম্ভব। কিন্তু প্লেটটিতে যদি কিছু দূরত্বে দুটি পেরেক লাগানো থাকে তবে যান্ত্রিক বাধার দরুন প্লেটটিকে আর ঘোরানো সম্ভব নয়।]



দ্বিবন্ধনের একই দিকে অভিন্ন পরমাণু বা মূলক থাকলে তাকে সিস সমাবয়ব এবং দ্বিবন্ধনের দুই দিকে অভিন্ন পরমাণু বা মূলক থাকলে তাকে ট্রান্স সমাবয়ব বলে। এখানে ম্যালিক অ্যাসিড সিস (cis) সমাবয়ব এবং ফিউমারিক অ্যাসিড ট্রান্স (trans) সমাবয়ব।

অলিফিনিক দ্বিবন্ধনের জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে জ্যামিতিক (Geometrical) বা সিস-ট্রান্স (cis-trans) সমাবয়বতা বলে। কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের জন্য জ্যামিতিক সমাবয়বতার আরও উদাহরণ নিচে দেওয়া হল।





আবার অলিফিনিক দ্বিবন্ধন থাকলেও জ্যামিতিক সমাবয়ব নাও হতে পারে। যেমন

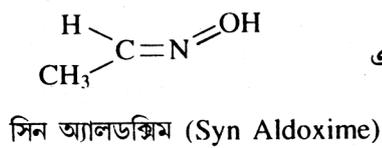
$a_2C = Ca_2$, $a_2C = Cb_2$, $a_2C = Cab$ ইত্যাদি অণুগুলির জ্যামিতিক সমাবয়ব সম্ভব নয়। এখানে a ও b পরমাণু বা মূলক বলে ধরতে হবে।

যদি a = H হয় তবে $a_2C = Ca_2$ হবে, ইথিন, $CH_2 = CH_2$; যদি a = CH_3 এবং b = H হয়, তবে $a_2C = Cb_2$ হবে 2-মিথাইল প্রোপিন $(CH_3)_2C = CH_2$, আর যদি a = H এবং b = CH_3 , হয় তবে $a_2C = Cab$ হবে প্রোপিন, $H_2C = CHCH_3$ ।

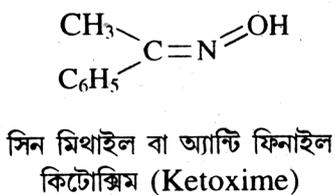
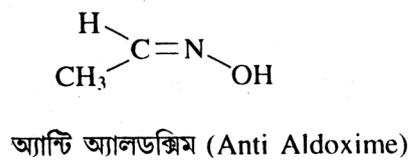
এই যৌগগুলির কোনটিরই জ্যামিতিক সমাবয়বতা সম্ভব নয়।

অলিফিনিক দ্বিবন্ধন যুক্ত যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়বের কয়েকটি উদাহরণ উপরে দেওয়া হয়েছে।

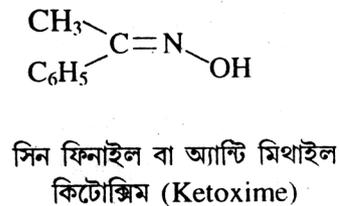
কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ছাড়াও কার্বন-নাইট্রোজেন (C = N) বা নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন (N = N) দ্বিবন্ধন যুক্ত জৈব যৌগেরও জ্যামিতিক সমাবয়ব সম্ভব। প্রথম ক্ষেত্রের উদাহরণ অক্সিম (Oxime) এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রের উদাহরণ অ্যাজো (Azo) যৌগ। যেমন,



এবং



এবং



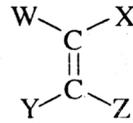
অ্যাজো যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়বতার উদাহরণ নিচে দেওয়া হল :



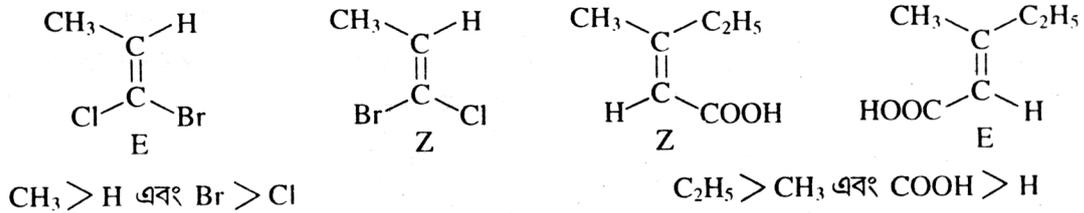
অক্সিম বা অ্যাজো যৌগের ক্ষেত্রে সিস/ট্রান্স না বলে সিন (Syn)/অ্যান্টি (Anti)-ও বলা হয়।

9.8.1 E-Z পদ্ধতি দ্বারা জ্যামিতিক সমাবয়বদের চিহ্নিতকরণ :

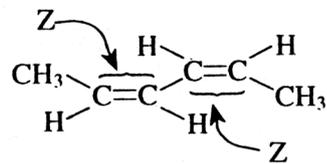
নিম্নলিখিত জ্যামিতিক সমাবয়বদের সহজে সিস-ট্রান্স বলা যাবে না। যদি W, X, Y ও Z পরমাণু বা মূলকগুলি আলাদা হয়।



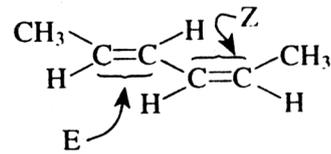
এই ধরনের জ্যামিতিক সমাবয়বদের সুনির্দিষ্ট করতে হলে প্রথমে বিভিন্ন লিগ্যান্ডদের অগ্রাধিকার ঠিক করতে হবে। যে দুটি লিগ্যান্ডের অগ্রাধিকার বেশি সে দুটি দ্বিবন্ধনের বা বলয়ের একই পাশে থাকলে তাকে Z (Zusammen অর্থাৎ together) এবং বিপরীত পাশে থাকলে তাকে E (Entgegen অর্থাৎ Opposite) দিয়ে প্রকাশ করা হয়।



[পরমাণু ক্রমাক অনুসারে]



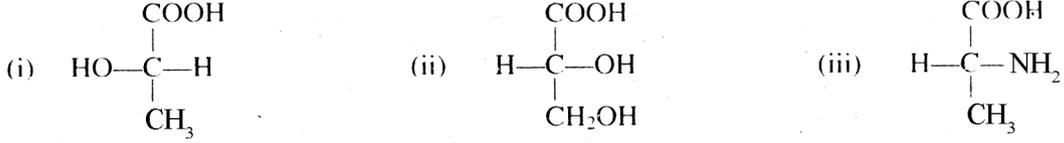
(Z,Z)-2,4-হেক্সাডাইইন
বা (সিস, সিস)-2,4-হেক্সাডাইইন



(E,Z)-2,4-হেক্সাডাইইন
বা (ট্রান্স, সিস)-2,4-হেক্সাডাইইন

অনুশীলনী 4

(I) D এবং L শ্রেণীর যৌগ বলতে কী বোঝেন? নিচের যৌগগুলিকে D/L ও R/S পদ্ধতির সাহায্যে চিহ্নিত করুন।



(II) E - Z পদ্ধতির সাহায্যে নিচের জ্যামিতিক সমাবয়বগুলি নির্দিষ্ট করুন।



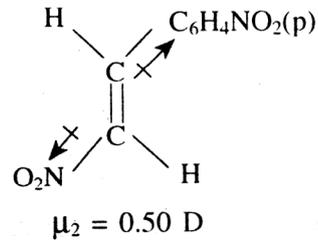
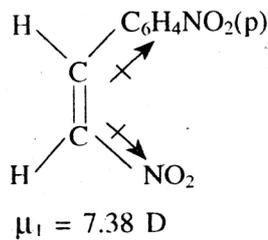
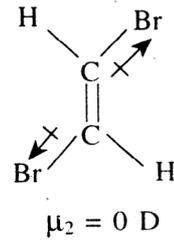
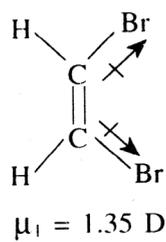
9.8.2 জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয় :

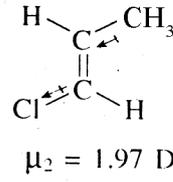
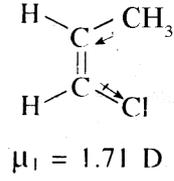
(I) ভৌত পদ্ধতি :

(i) ট্রান্স সমাবয়বের গলনাঙ্ক, ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) সিস সমাবয়ব থেকে বেশি হবে।

আবার সিস সমাবয়বের দ্রাব্যতা, বিয়োজন ধ্রুবতা (dissociation constant, অ্যাসিড হলে) ট্রান্স সমাবয়ব থেকে বেশি হবে।

(ii) ডাইপোলমোমেন্ট (দ্বিমেরু আঘূর্ণের) পরিমাণ সিস-ট্রান্স সমাবয়বের বিন্যাস নির্ধারণ করে। সিস সমাবয়বের ক্ষেত্রে ডাইপোলমোমেন্টের পরিমাণ বেশি হয়, কিন্তু ট্রান্স সমাবয়বের ক্ষেত্রে এর পরিমাণ সাধারণত কম বা শূন্যের কাছাকাছি হয়। পরমাণু বা মূলকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে ট্রান্স সমাবয়বের ক্ষেত্রে ডাইপোলমোমেন্টের (μ) পরিমাণ আবার বেশিও হতে পারে। যেমন—





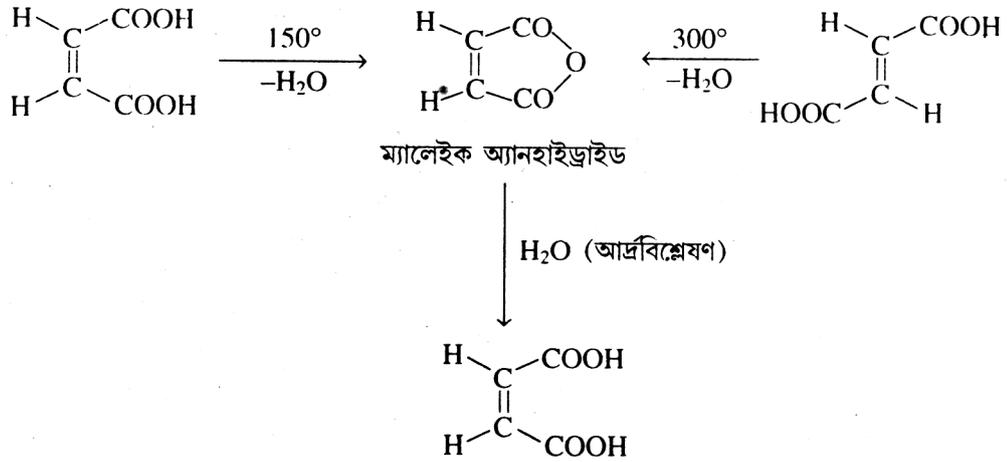
D = ডিবাই একক

উপরের ভৌত পদ্ধতি ছাড়াও UV ; IR ; Raman spectra এবং NMR-এর সাহায্যেও জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয় করা যায়।

(2) রাসায়নিক পদ্ধতি :

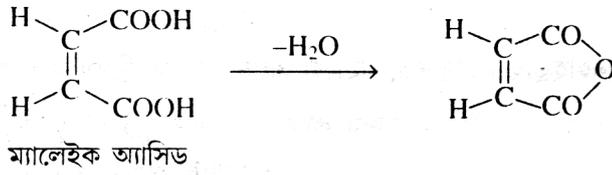
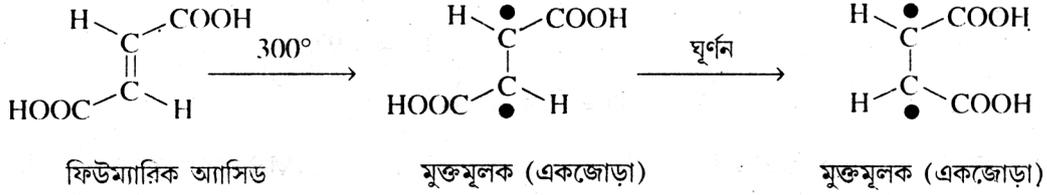
(i) সমাবয়বদুটি অ্যাসিড হলে অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুতির সাহায্যে এদের বিন্যাস নির্ণয় করা যায়।

ম্যালিক অ্যাসিড ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডের বিন্যাস নির্ণয় করতে অ্যাসিড দুটিকে পৃথকভাবে উত্তপ্ত করতে হবে। কম তাপমাত্রায় (150°) ম্যালিক অ্যাসিড ম্যালিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। বেশি তাপমাত্রায় (300°) ফিউম্যারিক অ্যাসিডও ঐ একই অ্যানহাইড্রাইডে রূপান্তরিত হয়। উৎপন্ন অ্যানহাইড্রাইডটিকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এর থেকে প্রমাণ হয় যে ম্যালিক অ্যাসিডে কার্বক্সিল মূলক দুটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের একপাশে আছে অর্থাৎ পরস্পর কাছাকাছি আছে। তাই ম্যালিক অ্যাসিড সহজেই অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।



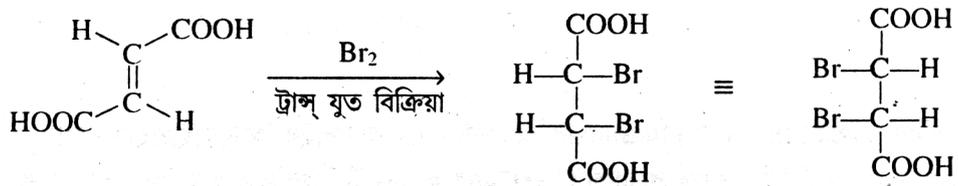
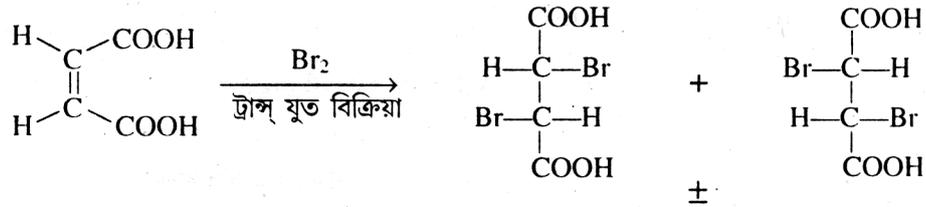
অধিক তাপমাত্রায় (300°) ফিউম্যারিক অ্যাসিড থেকে ম্যালিক অ্যানহাইড্রাইড পাবার কারণ এভাবে ব্যাখ্যা করা যায়— বেশি তাপশক্তি প্রয়োগে C = C-এর π বন্ধনটি বিভাজিত হয়ে একজোড়া মুক্তমূলক তৈরি হয়। এবার C - C একবন্ধনের ঘূর্ণন সম্ভব। এর ফলে যখন -COOH মূলক দুটি পরস্পরের কাছে আসে তখন

আবার $C = C$ তৈরি হয় এবং অ্যানহাইড্রাইডও উৎপন্ন হয়। এটি হবে ম্যালিক অ্যানহাইড্রাইড। বিক্রিয়াটি নিচে দেখান হল।



উপরের উদাহরণ থেকে আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে, উচ্চ তাপমাত্রায় ফিউম্যারিক অ্যাসিড প্রথমে ম্যালিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং পরে ম্যালিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।

(ii) **Stereospecific addition / elimination** বিক্রিয়া : ম্যালিক অ্যাসিড Br_2 -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত যৌগ (\pm) ডাই-ব্রোমো সাকসিনিক অ্যাসিড গঠন করে। কিন্তু ফিউম্যারিক অ্যাসিড Br_2 -এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে মেসো (meso) ডাইব্রোমো সাকসিনিক অ্যাসিড দেয়। উভয়ক্ষেত্রেই ট্রান্স সংযোজন হয়। সুতরাং ম্যালিক অ্যাসিড সিস্ (cis) এবং ফিউম্যারিক অ্যাসিড ট্রান্স্ (trans)।



[meso (মেসো)]

অনুশীলনী 5

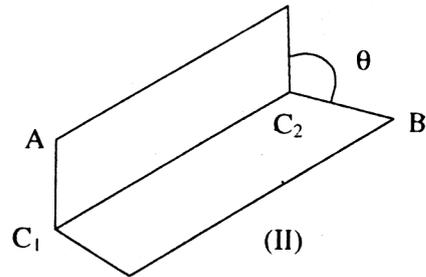
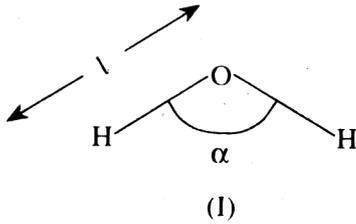
নিচের যৌগগুলির মধ্যে কোন্গুলি জ্যামিতিক সমাবয়ব দেবে এবং কোন্গুলি দেবে না তা চিহ্নিত করুন (হাঁ বা না লিখুন)।

- (i) 2-বিউটাইন
- (ii) আইসোট্রোনিক অ্যাসিড
- (iii) 1-বিউটিন
- (iv) 2, 3-ডাই মিথাইল-2-বিউটিন
- (v) ওলেইক অ্যাসিড
- (vi) 1, 1-ডাইক্লোরোইথিন
- (vii) 1-ক্লোরো-1-ব্রোমোপ্রোপিন

যে যৌগগুলি জ্যামিতিক সমাবয়ব দেবে তাদের বিন্যাস কীভাবে নির্ণয় করবেন?

9.9* অবস্থানিক সমাবয়ব (Conformational isomers)

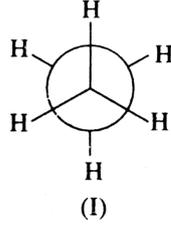
কোন অণুর পরমাণু বা মূলকসমূহের বন্ধনের জ্যামিতি তিনটি প্রধান পরমিত্রের উপর নির্ভর করে। যেমন—(i) বন্ধন দৈর্ঘ্য (Bond length), (ii) বন্ধন কোণ (Bond angle) এবং (iii) দ্বিতল কোণ (Dihedral angle)। অণুতে অবস্থিত দুটি পরমাণু এক, দ্বি বা ত্রি সমযোজক দ্বারা যুক্ত থাকলে ঐ দুই পরমাণুর কেন্দ্রদ্বয়ের মধ্যে যে দূরত্ব থাকে তাকে বন্ধন দৈর্ঘ্য (l) বলে। দুটি পরমাণু তৃতীয় কোণ পরমাণুর সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত থাকলে যে কোণের সৃষ্টি হয়, তাকে বন্ধন কোণ (α) বলে। $A - C_1 - C_2 - B$ এই রকম কোন অণুর $A - C_1 - C_2$ এবং $C_1 - C_2 - B$ দুটি তলের মধ্যে যে কোণ সৃষ্টি হয় তাকে দ্বিতল কোণ (θ) বলে।



কোন অণুর বন্ধন দৈর্ঘ্য একমাত্রিক, বন্ধন কোণ দুই মাত্রিক এবং দ্বিতল কোণ ত্রিমাত্রিক হবে। নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে সহজে জৈব যৌগের দ্বিতল কোণকে প্রকাশ করা যায়, সেখানে পর পর সংলগ্ন

* সংসদ বিজ্ঞান পরিভাষা কোষ দ্রষ্টব্য।

দুই কার্বন পরমাণু একই রেখা বরাবর দেখা হয় এবং সামনের কার্বন পরমাণুকে (C_1) বিন্দু দ্বারা এবং দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুকে (C_2) ছোট বৃত্ত দ্বারা বোঝান হয় এবং প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলি সমান দূরত্বে অরীয়ভাবে (Radially) সমযোজক দ্বারা যুক্ত থাকে। এক্ষেত্রে $C_1 - C_2$ যোজকটি দেখা যায় না। ইথেন অণুর নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত হবে নিম্নরূপ (1)। কোন অণুতে যেকোন দুটি পরমাণু যখন এক সমযোজক দ্বারা যুক্ত থাকে তখন, পরমাণু দুটি যোজক বরাবর স্বাধীনভাবে ঘুরতে পারবে।



কোন জৈব যৌগে $C - C$ বন্ধন দ্বারা যুক্ত যেকোন একটি C -পরমাণুকে স্থির রেখে অপর C -পরমাণুটিকে তার লিগ্যান্ড সমেত একবন্ধন বরাবর স্বাধীনভাবে 0° থেকে 360° পর্যন্ত ঘোরান যেতে পারে।

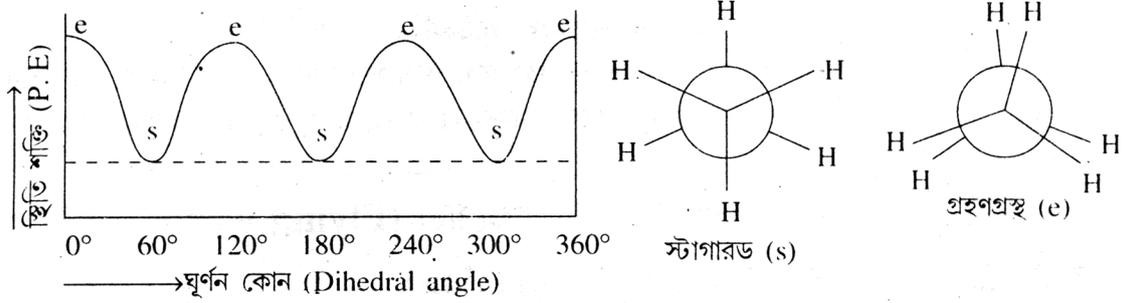
এইভাবে একবন্ধন বরাবর ঘোরালে যদি অভিন্ন গঠনবিশিষ্ট অণুগুলি একে অপরের থেকে বিসদৃশ হয় তবে অণুগুলিকে অবস্থানিক সমাবয়ব (Conformational isomers) বলে। কোন যৌগের অসংখ্য অবস্থানিক সমাবয়ব হতে পারে। তবে যে অণুগুলির শক্তির মাত্রা সর্বনিম্ন সেই অণুগুলিকে অবস্থানিক সমাবয়ব (Conformers বা Conformational isomers) বলে। আর এ ঘটনাকে অবস্থানিক সমাবয়বতা (Conformational isomerism) বলে।

এখন এই অসংখ্য অবস্থানিকের মধ্যে দুটি চরম অবস্থা লক্ষ্য করা যায়। $C - C$ অক্ষ বরাবর দেখলে আমাদের দৃষ্টির নিকটে অবস্থিত C -পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলি দূরবর্তী C -পরমাণুতে যুক্ত পরমাণু বা মূলকগুলির যদি ঠিক পিছনে থাকে তখন সেই অণুবিন্যাসকে গ্রহণগ্রস্থ (Eclipsed) অবস্থানিক সমাবয়ব বলে। আর নিকটবর্তী C -পরমাণুর লিগ্যান্ডগুলি থেকে সবচেয়ে দূরবর্তী স্থানে থাকলে তাকে স্টাগারড (Staggered) অবস্থানিক সমাবয়ব বলে।

9.9.1 অবস্থানিকদের নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত

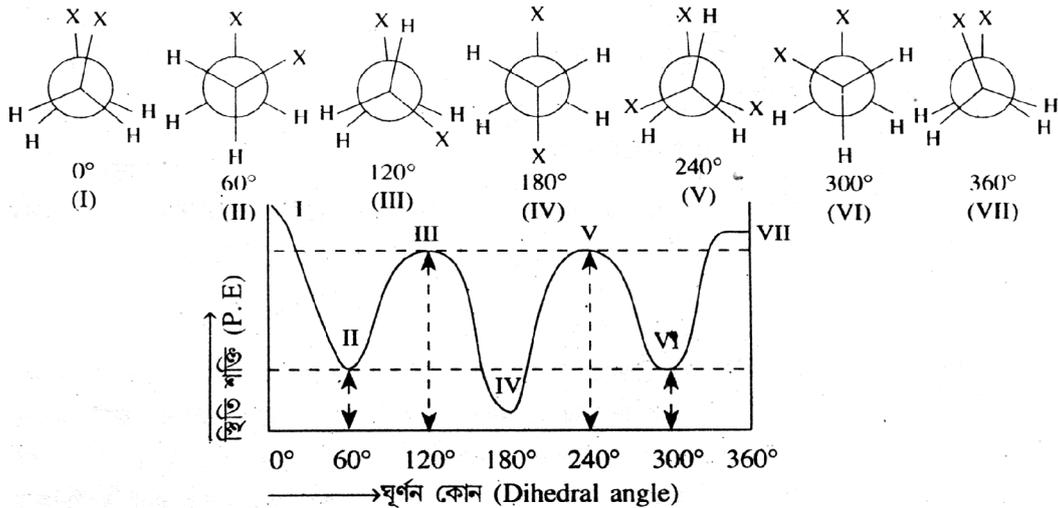
এখানে ইথেন অণু নেওয়া যাক। এই ইথেন অণুর একটি মিথাইল মূলককে স্থির রেখে অপর মিথাইল মূলককে $C - C$ বরাবর ঘোরান যাক এবং শুরু করা হল যখন, $H - C - C - H$ দ্বিতল কোণের মান 0° অর্থাৎ প্রত্যেকটি C -পরমাণুর H -পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে সমান্তরাল অবস্থানে থাকে। এবার দ্বিতল কোণ (θ) পরিবর্তন করা হলে যদি সম্পূর্ণ স্বাধীন ঘূর্ণন সম্ভব হয় তবে অণুটির শক্তির মাত্রা স্থির থাকবে। অর্থাৎ দ্বিতল কোণের মান বনাম শক্তিমাাত্রা লেখচিত্রে বসালে একটি আনুভূমিক (horizontal) রেখা পাওয়া যাবে। এক্ষেত্রে দুটি মিথাইল অংশ যে অবস্থায় থাক না কেন সেগুলির সম্পূর্ণ স্বাধীনতা আছে বলা যায়। অতএব অণুটির এনট্রপি (Entropy) সর্বাধিক হবে। কিন্তু ইথেন অণুর এনট্রপি হিসাব নির্ভর মান পর্যবেক্ষণ মানের থেকে বেশি, অতএব দ্বিতল কোণের মান পরিবর্তনের সঙ্গে অণুটির $C - C$ বন্ধনটি সম্পূর্ণ স্বাধীনভাবে ঘুরতে পারছে না। অর্থাৎ এইরকম ঘূর্ণনে প্রতিবন্ধকতা অতিক্রম করতে অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয় এবং এই শক্তির মান প্রায়

12.55KJ প্রতি মোল। এই শক্তিকে ব্যবর্তন শক্তি (Torsional energy) বলে। ইথেন অণুর C – C বন্ধনের দ্বিতল কোণের মানের পরিবর্তনের সঙ্গে স্থিতিশক্তির পরিবর্তনের লেখচিত্রটি হবে নিম্নরূপ।



গ্রহণগ্রস্থ অবস্থায় ইথেন অণুর শক্তির মাত্রা সর্বাধিক এবং স্টাগারড অবস্থায় সর্বনিম্ন। কিন্তু এই শক্তির পার্থক্যের মাত্রা কম বলে ইথেন অণুর কোন অবস্থানিক সমাবয়ব স্থায়ী নয় এবং প্রতি অণুবিন্যাসী সমাবয়ব সহজেই অপরটিতে পরিবর্তিত হয়। ফলে কোনটিকে পৃথক করা যায় না।

এখন ইথেন অণুর প্রতিটি মিথাইল মূলকের একটি H-পরমাণু অন্য কোন লিগ্যান্ড X দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে চারটি গ্রহণগ্রস্থ (দ্বিতল কোণের মান 0°, 120°, 240°) অবস্থানিক সমাবয়ব এবং তিনটি স্টাগারড (60°, 180° ও 300°) সমাবয়ব পাওয়া যাবে। গ্রহণগ্রস্থ সমাবয়বের মধ্যে দুটি সম্পূর্ণ গ্রহণগ্রস্থ (I) ও VII শক্তির মাত্রা সবচেয়ে বেশি এবং দুটি (III ও V) গ্রহণগ্রস্থ সমাবয়ব হবে, এই দুটির শক্তির মাত্রা সমান কিন্তু সম্পূর্ণ গ্রহণগ্রস্থ সমাবয়বের থেকে কম কিন্তু যে কোন স্টাগারড সমাবয়বের থেকে বেশি। যে স্টাগারড অণুবিন্যাসী সমাবয়বের X ও X-এর মধ্যে দ্বিতল কোণের মান 180°, তাকে ট্রান্সঅয়েড (Transoid) বা বিপরীত (Anti) অবস্থানিক বলে এবং এটির শক্তির মাত্রা সবচেয়ে কম। অপর দুটি স্টাগারড অণুবিন্যাসী সমাবয়বের দ্বিতল কোণের মান 60° ও 300°। এদুটিকে গাউশ (Gauche) বা স্কিউ (Skew) অণুবিন্যাসী সমাবয়ব বলে। এই দুটির শক্তির মাত্রা সমান, কিন্তু ট্রান্সঅয়েডের থেকে বেশি, কিন্তু যেকোন গ্রহণগ্রস্থ অবস্থার থেকে কম। কম তাপমাত্রায় ট্রান্সঅয়েডে অণুবিন্যাস কেবলমাত্র পাওয়া যায়।



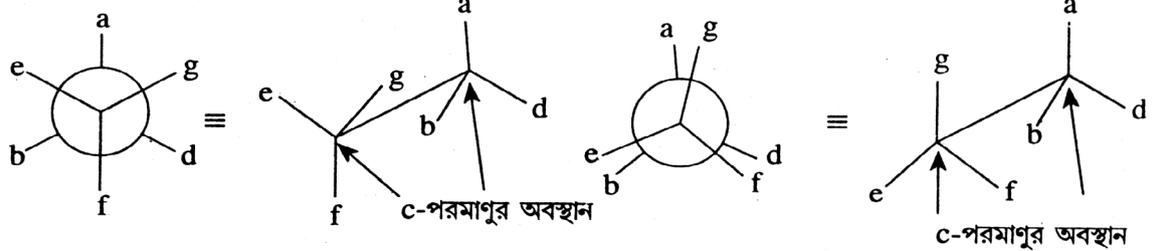
X = Cl হলে 1, 2-ডাইক্লোরো ইথেন হবে এবং X = CH₃ হলে n-বিউটেন হবে। উভয়ের লেখচিত্রের নক্সা প্রায় একই রকম হবে, তবে শক্তির মাত্রার পার্থক্য থাকবে।

II ও VI এবং III ও V অণুবিন্যাসী সমাবয়ব পরস্পরের প্রতিচ্ছবি এবং সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় না। অতএব II ও VI পরস্পরের এনান্টিয়োমার, তেমনি III ও V পরস্পরের এনান্টিয়োমার। এই দুই জোড়া ছাড়া অন্য যেকোন দুটি জোড় পরস্পরের ডায়াস্টিরিয়োমার হবে। যেমন— I ও II, II ও III, III ও IV ইত্যাদি।

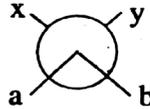
9.10 সহর্স (Sawhorse) সংকেত, ফ্লাইংওয়েজ (Flying wedge) সংকেত এবং ফিসার অভিক্ষেপ (Fischer Projection)

ত্রিমাত্রিক সমাবয়বগুলির অণু ত্রিমাত্রিক হওয়ায় এই অণুগুলিকে দ্বি-মাত্রিক কাগজে বা বোর্ডে উপস্থাপনার জন্য বিশেষ পদ্ধতির প্রয়োজন। নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে ত্রিমাত্রিক অণুর অনেককিছু বোঝানো গেলেও C – C বন্ধনটি দেখতে পাওয়া যায় না। তাই প্রত্যেক পরমাণুর বিশেষ করে কার্বন পরমাণুর সবকটি যোজকে সঠিকভাবে উপস্থিত করার জন্য নিম্নলিখিত সংকেত ব্যবহার করতে পারি। প্রত্যেকটি পদ্ধতির সুবিধে-অসুবিধে দুই-ই আছে।

(i) সহর্স সংকেত : নিউম্যান সংকেতকে C – C বরাবর না দেখে খানিকটা কোণাকুণি দেখলে অণুটির বিভিন্ন পরমাণু ও যোজককে যেমন দেখতে পাওয়া যায়, তাকে সহর্স সংকেত বলে। নিউম্যান সংকেতের মত সহর্স সংকেতে সামনের C-পরমাণুকে ডট (.) চিহ্ন বা পেছনের C-পরমাণুকে বৃত্ত দিয়ে দেখানো হয় না। যে বিন্দুতে চারটি যোজ্যতা যুক্ত হয়েছে সেখানেই কার্বন আছে বলে ধরতে হবে, অন্যান্য লিগ্যান্ডগুলিকে চিহ্ন বা সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যেমন—

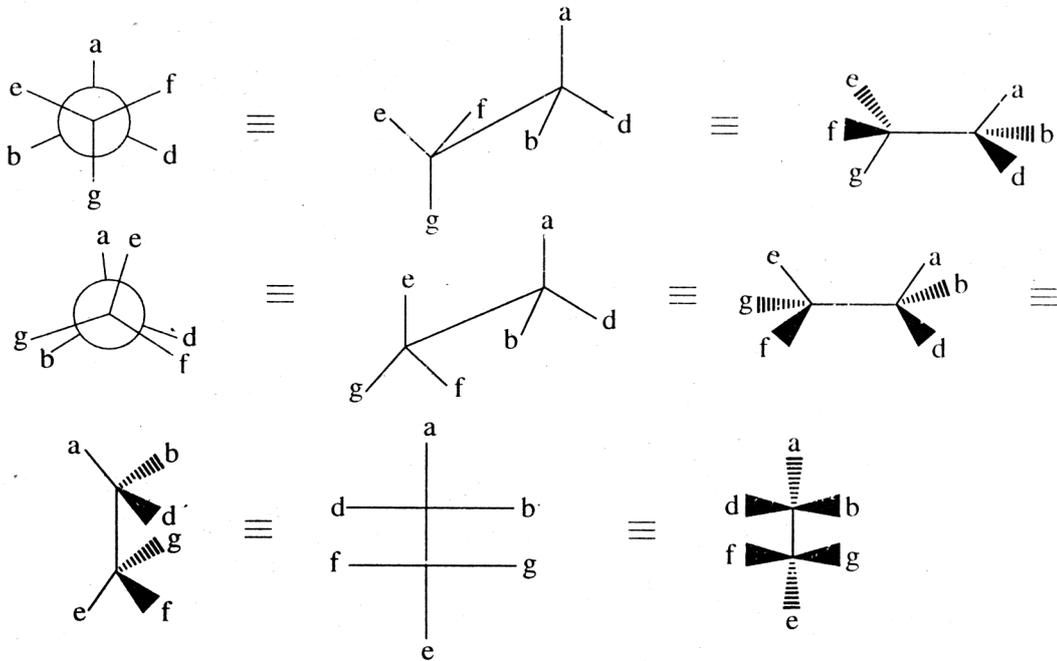


abc = cxy অণুটিকে যে নিউম্যান সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করলে এটি হবে যার দ্বিবন্ধনটি দেখা যাবে না।

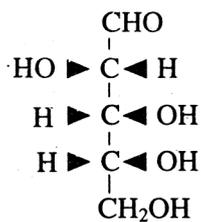


(ii) ফ্লাইংওয়েজ সংকেত : নিউম্যান সংকেতে C – C অক্ষবরাবর না দেখে এই অক্ষের সঙ্গে 90° কোণ বা লম্বভাবে দেখলে অণুটির বিভিন্ন লিগ্যান্ড বা যোজক যেমনটি দেখা যাবে তাকে ফ্লাইংওয়েজ সংকেত বলে। ওয়েজ বা কীলক চিহ্ন (◄) এখানে ব্যবহার করা হয়। কীলক চিহ্ন কাগজের তলের থেকে উপর দিকে নির্দেশ করে অর্থাৎ কীলক চিহ্নে অবস্থিত লিগ্যান্ডটি পাঠকের কাছে আছে এবং বিন্দুচিহ্নিত রেখাটি (dotted line)

কাগজের তলায়, অর্থাৎ পাঠকের থেকে দূরে আছে। শুধু সাধারণ রেখা (-) এবং C-পরমাণু কাগজের তলের সঙ্গে আছে বলে ধরা হয়।

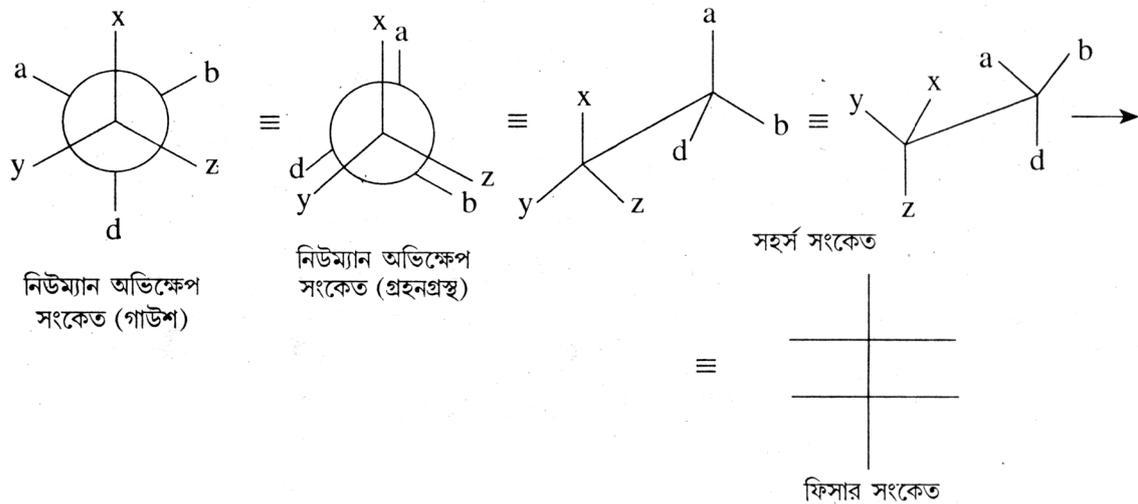


ফ্লাইংওয়েজ সংকেতের সাহায্যে সাধারণত একটি কিংবা দুটি কাইরাল C-পরমাণুবিশিষ্ট যৌগকে প্রকাশ করা হয়। তবে একাধিক কাইরাল C-পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের কার্বন-শৃঙ্খলটি উলম্বভাবে (উত্তর দক্ষিণ) এবং প্রতিটি কাইরাল C-পরমাণুর অন্য দুটি লিগ্যান্ড অনুভূমিক (বা পূর্ব পশ্চিম) বরাবর কীলক চিহ্ন দ্বারা দেখান হয়। সুতরাং এই লিগ্যান্ডগুলি কাগজের তলে বাইরের দিকে গেছে, অর্থাৎ পাঠকের কাছে আছে। প্রতিটি কাইরাল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অন্য C-পরমাণুগুলি কাগজের তলের নিম্নে আছে বলে ধরা হয়।

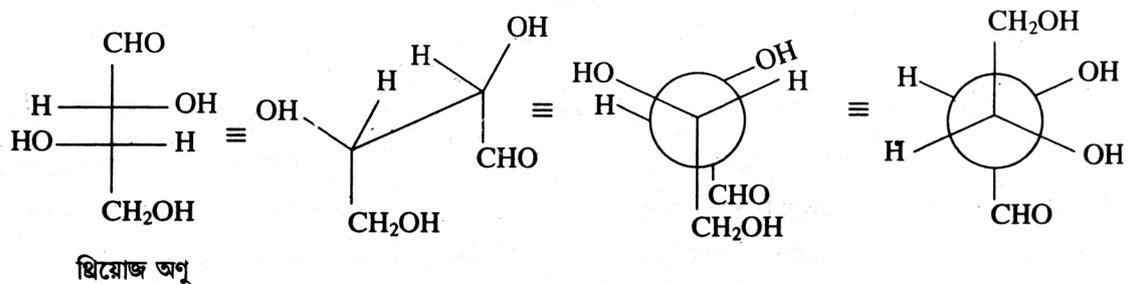
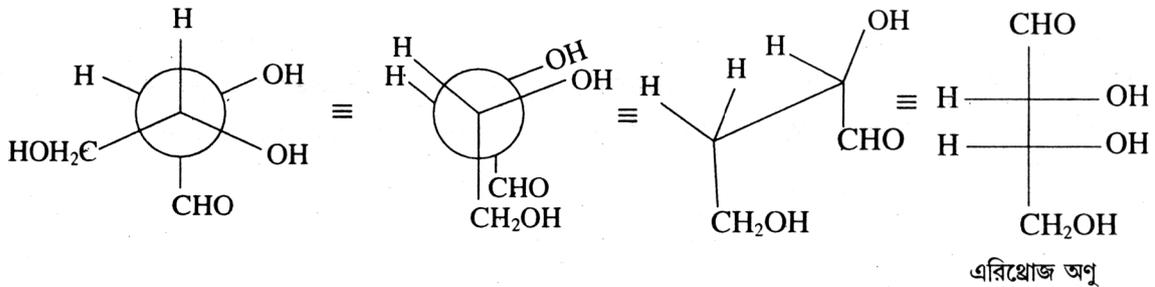


(iii) ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত : ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত সম্বন্ধে 9.2.6-এ আলোচনা করা হয়েছে। এখানে আমরা নিউম্যান সংকেত বা সহস বা ফ্লাইংওয়েজ সংকেত থেকে কীভাবে ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত পরিবর্তন করা যায়, অথবা ফিশার থেকে অন্যান্য সংকেতে পরিবর্তন করা যায় তার আলোচনা করবো। নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত যেভাবেই থাক তার C - C পরমাণুদ্বয়ে যুক্ত লিগ্যান্ডগুলিকে প্রথমেই গ্রহণগ্রস্থ

অবস্থায় নিম্নলিখিতভাবে লিখতে হবে। দ্বিতীয় ধাপে সহস্র সংকেতে লিখতে হবে। তৃতীয় ধাপে ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতে সহজেই আনা যাবে। যেমন—



সেইরকম ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত থেকে নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেতে আনতে হলে প্রথমে সহস্র সংকেত পরিবর্তন করতে হবে, দ্বিতীয় ধাপে নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত গ্রহণগ্রস্থ অবস্থায় আনতে হবে। এখন গ্রহণগ্রস্থ অবস্থায় কোন অণুর শক্তির মাত্রা বেশি বলে এটি নিউম্যান-গাউশ সংকেতে পরিবর্তন করে নেওয়া হয় কারণ এটির শক্তির মাত্রা গ্রহণগ্রস্থ অবস্থা থেকে কম। ফলে অধিকতর স্থায়ী। অতএব বেশি সংখ্যক অণু গাউশ অণুবিন্যাসে থাকবে।



অনুশীলনী 6

কাকে বলে লিখুন এবং উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দিন।

- (i) অবস্থানিক সমাবয়ব
- (ii) দ্বিতল কোণ
- (iii) নিউম্যান ও সহস্র অভিক্ষেপ সংকেত
- (iv) গ্রহণগ্রন্থ ও স্টাগার্ড অণুবিন্যাস

9.11 সারাংশ

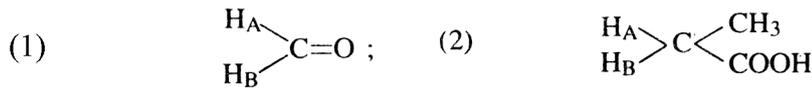
- অভিন্ন আণবিক সংকেত বিশিষ্ট যৌগদের সমাবয়ব এবং এই ঘটনাকে সমাবয়বতা বলে।
- সমাবয়বতা দুপ্রকারের হয়— গঠনগত এবং ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা।
- যে সমাবয়ব অণুর গঠনের পার্থক্য থাকে, তাদের গঠনগত সমাবয়ব বলে। গঠনগত সমাবয়ব তিন প্রকার। যেমন—(i) শৃঙ্খলঘটিত, (ii) অবস্থানঘটিত, (iii) কার্যকরী মূলকঘটিত।
- যে সমাবয়বগুলির গঠন অভিন্ন, কিন্তু অণুতে অবস্থিত পরমাণু বা মূলকগুলির স্থানিক বিন্যাসের পার্থক্যের জন্য যে সমাবয়বতার উদ্ভব তাকে 'ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা' বলে।
- ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দুই প্রকার। যেমন—(1) আলোক সমাবয়বতা (2) জ্যামিতিক সমাবয়বতা।
- যে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বগুলি সমতল সমবর্তিত তলকে ঘড়ির কাঁটার চলার দিকে বা বিপরীত দিকে ঘোরাতে পারে, তাদের আলোক সমাবয়ব যৌগ বলে। আলোক সমাবয়ব যৌগগুলি আলোক সক্রিয় পদার্থ। এবং যে যৌগ সমতল সমবর্তিত রশ্মির তলকে কোন দিকেই ঘোরাতে পারে না, তাদের আলোকনিষ্ক্রিয় যৌগ বলে।
- যে আলোকসক্রিয় পদার্থ সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ডানদিকে ঘোরায় তাকে ডানঘূর্ণক যৌগ বা সংক্ষেপে (d) বা (+) দিয়ে বোঝান হয়। আর বামদিকে ঘোরালে তাকে বাম ঘূর্ণক যৌগ বা (l) বা (-) দিয়ে বোঝান হয়।
- যে যন্ত্রের সাহায্যে সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলের ঘূর্ণন কোণ নির্ণয় করা হয় তাকে পোলারিমিটার বলে।
- ধ্রুবন ঘূর্ণক $[\alpha]$ এই সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয় $[\alpha]_D^{t^{\circ}C} = \frac{\alpha}{l \times C}$
- আণবিক ঘূর্ণন $[M]$ -কে এই সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। $[M]_D^{t^{\circ}C} = \frac{[\alpha]_D^{t^{\circ}C} \times M}{100}$
- যে আলোকসমাবয়বগুলি সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে সমান কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরায়, সেই সমাবয়বদুটিকে এনান্টিয়োমার বলে। এনান্টিয়োমারগুলি একে অন্যের প্রতিবিন্দু হবে, যারা পরস্পরের উপর সম্পূর্ণ বা অঙ্গঙ্গী উপরিপাত হবে না।
- এনান্টিয়োমার দুটিকে সম পরিমাণে মেশালে মিশ্রণটি আলোকনিষ্ক্রিয় হবে, যাকে বহিঃস্থ ক্ষতিপূরক মিশ্রণ বা $[d/l]$ মিশ্রণ বা $[\pm]$ মিশ্রণ বলে।

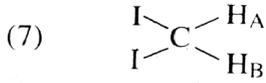
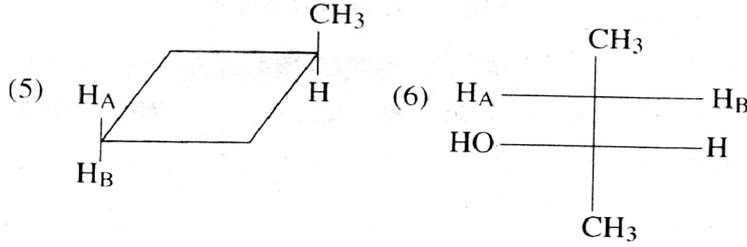
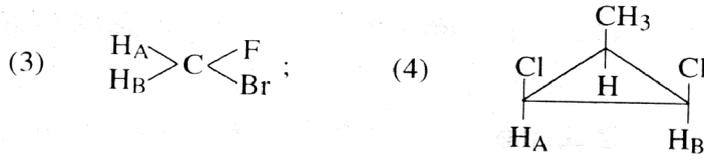
- যে আলোকসমাবয়বগুলি সমতল সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে এবং (একই বা বিপরীত দিকে) ঘোরায়, সেই সমাবয়বগুলিকে ডায়াস্টিরিয়ো সমাবয়ব বলে। কোন দুটো ডায়াস্টিরিয়ো সমাবয়ব একে অন্যের প্রতিবিন্দ্ব হবে না। এমনকি আলোকনিষ্ক্রিয় জ্যামিতিক সমাবয়বগুলিও ডায়াস্টিরিয়োমার হতে পারে।
- কোন জৈব যৌগে একাধিক কাইরাল কার্বন থাকলে সেই যৌগের কোন কোন সমাবয়ব আলোকনিষ্ক্রিয় হতে পারে। যেমন, মেসো টারটারিক অ্যাসিড, যাতে সমমিত তল আছে। এই ধরনের সমাবয়বদের অসুস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ বলে।
- আলোকসমাবয়বগুলির ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের মধ্যে সম্বন্ধ স্থাপনের জন্য রোজানফ D এবং L চিহ্ন ব্যবহার করেন। এই কাজে (+) গ্লিসার্যালডিহাইড যৌগকে আদর্শ হিসেবে ধরে তার গঠনবিন্যাস ধরে নেন এবং একে D যৌগ বলেন। এটির প্রতিবিন্দ্বকে L যৌগ হিসেবে ধরেন।
- D এবং L-এর সঙ্গে সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলে ঘূর্ণনের সঙ্গে কোন সম্বন্ধ নেই। D যৌগও বামঘূর্ণক বা ডানঘূর্ণক হতে পারে, সেরকম L যৌগও (+) বা (-) যৌগ হতে পারে।
- D (বা L) যৌগের সঙ্গে সম্বন্ধবিশিষ্ট যৌগদের D (বা L) যৌগ বলে।
- কোন সমাবয়ব যদি তার প্রতিবিন্দ্বর উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত না হয়, তবেই সেটি আলোকসক্রিয় হবে। আলোকসক্রিয় হওয়ার এটাই অপরিহার্য এবং পর্যাপ্ত শর্ত।
- যে কার্বনের চারিটি লিগ্যান্ডই আলাদা ধরনের সেই C-পরমাণুকে কাইরাল বা অপ্রতিসম কার্বন বলে।
- কোন যৌগের প্রতিসাম্য উপাদান বিভিন্ন ধরনের হয়—(i) প্রতিসাম্য তল, (ii) প্রতিসাম্য কেন্দ্র এবং (iii) প্রতিসাম্য একান্তর অক্ষ।
- কাইরাল C-পরমাণুর পরম বিন্যাস অণুক্রম নিয়ম দ্বারা স্থির করা হয় এবং R ও S দিয়ে বোঝান হয়।
- কোন প্রতিসম যৌগের অভিন্ন লিগ্যান্ডের যে কোন একটিকে অপর কোন লিগ্যান্ড দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে যদি অভিন্ন যৌগ পাওয়া যায়, তবে সেই অভিন্ন লিগ্যান্ডগুলিকে সমরূপী লিগ্যান্ড বলে। আর যদি এনালিয়োমার পাওয়া যায়, তবে সেই লিগ্যান্ডগুলিকে এনালিয়োটপিক বা প্রতিবিন্দ্বরূপী লিগ্যান্ড বলে এবং যদি ডায়াস্টিরিয়োমার পাওয়া যায়, তবে সেই লিগ্যান্ডগুলিকে ডায়াস্টিরিয়োটপিক বা অবিন্দ্বরূপী লিগ্যান্ড বলে।
- প্রতিসাম্য তলবিশিষ্ট কোন জৈব যৌগকে কোন আক্রমণকারী বিকারক প্রতিসাম্য তলের উভয় পাশ দিয়ে বিক্রিয়া করার ফলে যদি এনালিয়োমার জোড় পাওয়া যায়, তবে ঐ প্রতিসাম্য তলের উভয় পাশ হল প্রতিবিন্দ্বরূপী তল। আর অপ্রতিসম তলবিশিষ্ট কোন যৌগকে কোন আক্রমণকারী বিকারক অপ্রতিসম তলের উভয় পাশ দিয়ে বিক্রিয়ায় ডায়াস্টিরিও আইসোমার উৎপন্ন হলে তাকে অবিন্দ্বরূপী তল বলে।
- রেসিমিক বা d/l বা (+) মিশ্রণ থেকে আলোকসক্রিয় যৌগকে পৃথক করার পদ্ধতিকে রেজলিউশন বলে।
- (d) বা (l) যৌগ একে অন্যের বিন্যাসে পরিণত হওয়াকে রেসিমাইজেশন বলে।

- রেজলিউশন ছাড়া D শ্রেণী যৌগকে L শ্রেণীতে বা L শ্রেণী যৌগকে D শ্রেণীতে পরিবর্তন করাকে ভালডেন উৎক্রমণ বলে।
- যে অণুর লিগ্যান্ডগুলির অবস্থান সুনির্দিষ্ট এবং ঐ লিগ্যান্ডগুলি স্বাধীনভাবে সবদিকে ঘুরতে না পারার জন্য জ্যামিতিক বা সিস্-ট্রান্স সমাবয়বের উদ্ভব হয়। অলিফিনিক যৌগ এবং বৃত্তাকার যৌগের জ্যামিতিক সমাবয়ব দেখা যায়। জ্যামিতিক সমাবয়বদের 'সিস্-ট্রান্স' বা E, Z দিয়ে প্রকাশ করা হয়।
- কোন জৈব যৌগে C – C একবন্ধন দ্বারা যুক্ত যে কোন একটি C-পরমাণুকে স্থির রেখে অপর C-পরমাণুকে লিগ্যান্ড সমেত একবন্ধন বরাবর ঘোরালে যদি অণুর আকৃতির বিসদৃশ হয়, তবে সেই অণুকে অবস্থানিক সমাবয়ব। আর এই ঘটনাকে অবস্থানিক সমাবয়বতা বলে।

9.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (1) অবিম্ব সমাবয়বের এমন জোড় যৌগের উল্লেখ করুন যে জোড়ের
 - (i) দুটি যৌগই আলোকসক্রিয়
 - (ii) একটি আলোকসক্রিয় ও অপরটি আলোকনিষ্ক্রিয়
 - (iii) দুটি যৌগই আলোকনিষ্ক্রিয়।
- (2) কোন জৈব যৌগের আলোকসক্রিয় হবার অপরিহার্য ও পর্যাপ্ত শর্ত (Necessary and sufficient condition) কী? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- (3) কাইরাল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত পরমাণু / মূলকের পরম বিন্যাস বলতে কী বোঝেন? নিচের যৌগগুলির পরম বিন্যাস লিখুন।
 - (i) (R) 2-ক্লোরোপ্রোপানয়িক অ্যাসিড
 - (ii) 2R, 3R-টারটারিক অ্যাসিড
 - (iii) 2R, 3S-1, 2-ডাইব্রোমোবিউটেন
 - (iv) S-গ্লিসার্যালডিহাইড
 - (v) 2S, 3S এরিত্রোস
- (4) নিম্নলিখিত প্রত্যেকটি যৌগের দুটি হাইড্রোজেনকে H_A ও H_B দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। কোন যৌগে এই হাইড্রোজেনগুলি
 - (i) সমরূপী ; (ii) প্রতিবিস্বরূপী ; (iii) অবিস্বরূপী তা লিখুন।





(5) (i) মেসোটেরটারিক অ্যাসিড আলোকনিষ্ক্রিয় কেন তা সহস্র অণুবিন্যাস সংকেতের সাহায্যে বুঝাইয়া লিখুন।

(ii) সাধারণ তাপমাত্রায় 1, 2-ডাইব্রোমোইথেনের ডাইপোলমোমেন্ট প্রায় শূন্য ($\mu = 0$)। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে μ -এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। কারণ উল্লেখ করুন।

(iii) নিম্নলিখিত আলোকসক্রিয় যৌগটি NaOCH_3 -এর উপস্থিতিতে আলোকনিষ্ক্রিয় হয়। এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।



(iv) ইথেন-1, 2-ডাই-অলের সবচেয়ে স্থায়ী অণুবিন্যাসী সমাবয়বটি আঁকুন। এর কারণ উল্লেখ করুন।

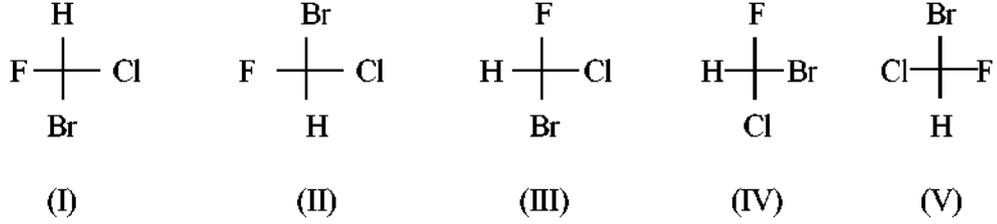
(6) জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয় করার জন্য ভৌত ও রাসায়নিক পদ্ধতির প্রয়োগ উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে লিখুন।

(7) একটি জৈব যৌগের আণবিক সংকেত C_5H_8 । যৌগটির কয়েকটি গঠনগত সমাবয়ব সম্ভব। সমাবয়ব (1)-এর আংশিক বিজারণের ফলে যে যৌগ পাওয়া যায় তার আণবিক সংকেত C_5H_{10} এবং এটি জ্যামিতিক সমাবয়বতা দেখায়। কিন্তু অন্য সমাবয়ব (2)-এর আংশিক বিজারণে একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট যৌগ উৎপন্ন হলেও এটি থেকে জ্যামিতিক সমাবয়ব পাওয়া যায় না। সমাবয়ব (1) ও (2) চিহ্নিত করুন এবং যুক্তির স্বপক্ষে ব্যাখ্যা দিন।

(8) n-বিউটেন-এর $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধনীর ঘূর্ণনের ফলে সম্ভাব্য স্থিতিশক্তির লেখচিত্রটি আঁকুন এবং অবস্থানিক সমাবয়বগুলি দেখান। লেখচিত্রটির প্রকৃতি ব্যাখ্যা করুন। $\text{C}_1 - \text{C}_2$ বন্ধনীর ঘূর্ণনের ফলে লেখচিত্রটির প্রকৃতি কেমন হবে? যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা করুন।

(9) ল্যাকটিক অ্যাসিডের ফিসার ও ফ্লাইংওয়েজ অভিক্ষেপ সংকেত লিখুন।

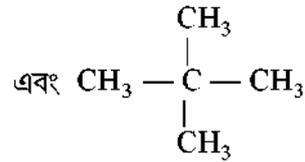
(10) CHFCIBr যৌগটিকে নিচে পাঁচরকম ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতে দেখান হয়েছে। কোন যৌগগুলি অভিন্ন এবং কোন যৌগগুলি প্রতিবিম্ব সমাবয়ব বলুন।



9.13 উত্তরমালা

অনুশীলনী—1

- (1) (i) সদৃশ্যকার (ii) গঠনগত (শৃঙ্খলঘটিত)
 (iii) গঠনগত (কার্যকরী মূলকঘটিত)
 (iv) গঠনগত (কার্যকরী মূলকঘটিত)
- (2) (i) শৃঙ্খলঘটিত — $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$



(ii) কার্যকরী মূলকের অবস্থানঘটিত, সমাবয়ব দুটি হল—



$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}\cdot\text{CH}_3$ - সিস/ট্রান্স্ ক্রিমাত্রিক সমাবয়ব

অনুশীলনী—2

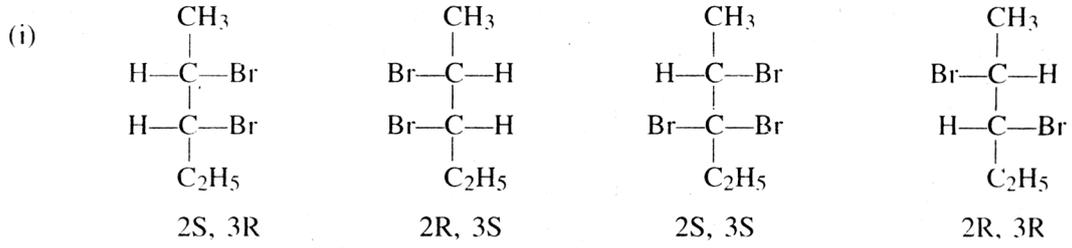
(i), (ii), (iii), (iv), (v), (vi) — 9.2.3 থেকে 9.2.8-এ দেখুন।

অনুশীলনী—3

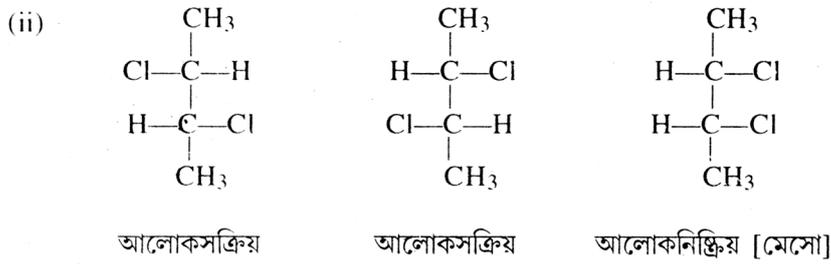
(i) — আলোকসক্রিয় সমাবয়বের সংখ্যা = 4

(ii) — আলোকসক্রিয় সমাবয়ব = 2

আলোকনিষ্ক্রিয় সমাবয়ব = 1



আলোকসক্রিয়



অনুশীলনী—4

- (1) (i) L এবং S ; (ii) D এবং R (iii) D এবং R
 (2) (i) E ; (ii) Z

অনুশীলনী—5

- (1) (i) না ; (ii) হাঁ; (iii) না; (iv) না; (v) হাঁ; (vi) না; (vii) হাঁ।
 পরবর্তী অংশের জন্য 9.8.2 দেখুন।

অনুশীলনী—6

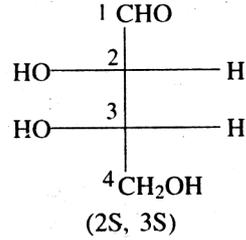
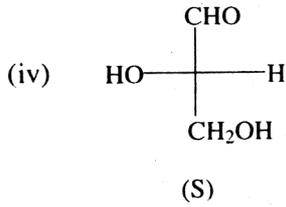
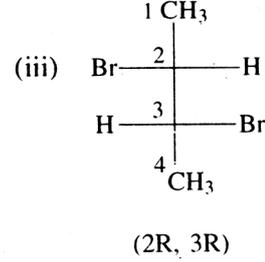
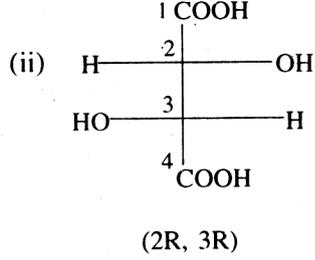
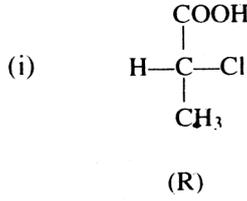
- (i), (ii), (iii) ও (iv) — 9.9 ও 9.10 দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (1) (i) : থ্রিয়োস ও এরিথ্রোস
 (ii) \oplus অথবা \ominus টারটারিক অ্যাসিড ও মেসোটারটারিক অ্যাসিড
 (iii) সিস্ / ট্রান্স 2-বিউটিন
 (2) যৌগ ও তার প্রতিবিন্দ একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে না। এটিই শর্ত।

উদাহরণ — টারটারিক অ্যাসিডে দুটি কাইরাল কার্বন থাকা সত্ত্বেও মেসোটারটারিক অ্যাসিড আলোকনিষ্ক্রিয়। আবার প্রতিস্থাপিত অ্যালিন / বাইফিনাইল / স্পাইরো ইত্যাদি যৌগ অপ্রতিসম কার্বন না থাকা সত্ত্বেও অ্যালোকসক্রিয় (এদের গঠন দিন)।

(3) প্রথম অংশের উত্তর পাঠ্যপুস্তকে দেখুন।

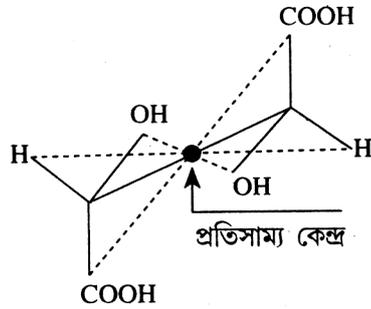


(4) (i) 1, 4, 7

(ii) 2, 3, 5

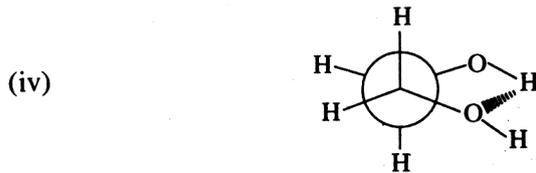
(iii) 6

(5) (i) মেসোটোরটারিক অ্যাসিডের সহস্র স্ট্যাগার্ড অণুবিন্যাসে প্রতিসাম্য কেন্দ্র থাকায় এটি আলোকনিষ্ক্রিয়।



(ii) সাধারণ তাপমাত্রায় 1,2-ডাইব্রোমোইথেনে ব্রোমিন পরমাণু দুটি ট্রান্স অবস্থায় থাকে। তাই $\mu \approx 0$ হয়। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধিকরলে C—C-এর ঘূর্ণন সম্ভব হয়। তখন ব্রোমিন পরমাণু দুটি ট্রান্স কনফরমেশন থেকে সিস কনফরমেশনের দিকে ঘুরে আসে। তাই μ -এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

(iii) 9.5—রেসিমাইজেশান দেখুন।



হাইড্রোজেন বন্ধনীর ফলে সমাবয়বটি সঙ্কচেয়ে স্থায়ী হয়।

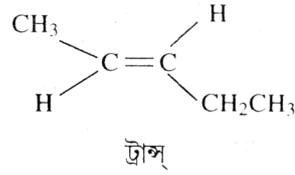
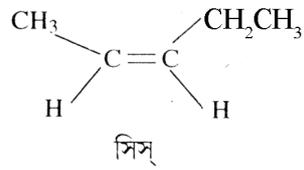
(6) 9.8.2-এ জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয় দেখুন।

(7) সমাবয়ব (1) : $\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$ (2-পেন্টাইন)

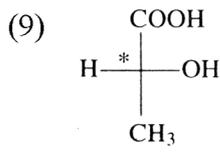
সমাবয়ব (2) : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C} \equiv \text{CH}$ (1-পেন্টাইন)



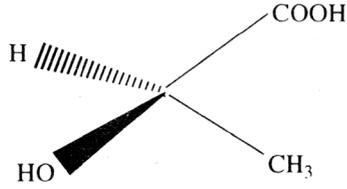
$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCH}_2\text{CH}_3$ যার জ্যামিতিক সমাবয়ব দুটি হবে



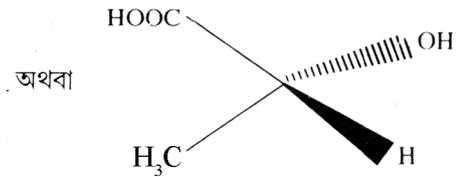
(8) 9.9.1-এ অবস্থানিকদের নিউম্যান অভিক্ষেপ সংকেত' দেখুন।



ফিসার অভিক্ষেপ



নিউম্যান অভিক্ষেপ



ফ্লাইওয়েজ অভিক্ষেপ

(10) অভিন্ন যৌগ : I, IV ও V ;

II ও III

প্রতিবিন্দু সমাবয়ব : I ও II

I ও III ইত্যাদি।

একক 10 □ বৃত্তাকার যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা
(Stereochemistry of cyclic compounds)

গঠন

- 10.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 10.2 সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগের শ্রেণীবিভাগ
 - 10.2.1 বায়ার পীড়ন (Baeyer Strain)
 - 10.2.2 পিটজার পীড়ন (Pitzer Strain)
- 10.3 সাক্সি মোর তত্ত্ব (Sachse Mohr Theory)
- 10.4 সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস
 - 10.4.1 সাইক্লোহেক্সেন অণুর হাইড্রোজেন জোড়গুলির মধ্যে দূরত্ব
 - 10.4.2 দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন যৌগসমূহ
 - 1,1-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন
 - 1,2-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন
 - 1,3-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন
 - 1,4-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন
- 10.5 রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাসের প্রভাব
- 10.6 কাইরাল কার্বনবিহীন জৈব যৌগের আলোকসক্রিয়তা ও জ্যামিতিক সমাবয়বতা
 - 10.6.1 কিউমিউলিনস (Cumulenes)
 - 10.6.2 স্পাইরানস (Spirans)
 - 10.6.3 বাইফিনাইলস (Biphenyls)
- 10.7 সারাংশ
- 10.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 10.9 উত্তরমালা

10.1 প্রস্তাবনা

একক 9-এ আমরা মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে আলোচনা করেছি। এই এককে আমরা বৃত্তাকার যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে আলোচনা করবো। বৃত্তাকার যৌগের মধ্যে একচক্রী যথা সাইক্লোহেক্সেন ও প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন যৌগই আলোচিত হবে। কারণ এই যৌগগুলির কিছু বিশেষ চারিত্রিক বৈশিষ্ট্য আছে।

যে সমস্ত যৌগে কাইরাল কার্বন নেই যেমন প্রতিস্থাপিত অ্যালিনস (Allenenes) [কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনকে দুই পরমাণু বিশিষ্ট চক্র বলে কল্পনা করা যায়।] ও স্পাইরো যৌগ সম্বন্ধে এই এককে আলোচনা করা হবে। বাইফিনাইল যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সংক্ষেপে একক 7-এ আলোচনা করা হয়েছে। আমরা একক 9-এ জেনেছি শুধুমাত্র কাইরাল কার্বন থাকার জন্য জৈব যৌগ আলোকসক্রিয় হয় না। কাইরাল কার্বন থাকলেও যৌগটি আলোকনিষ্ক্রিয় হতে পারে, যেমন, মেসো টারটারিক অ্যাসিড। আবার অনেক জৈব যৌগ জানা আছে যেগুলি আলোকসক্রিয় অথচ এদের কাইরাল কার্বন নেই। অর্থাৎ কোন যৌগের আলোকসক্রিয়তা শুধুমাত্র কাইরাল কার্বনের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতির উপর নির্ভর করে না। যৌগের আলোকসক্রিয়তার অপরিহার্য এবং পর্যাপ্ত শর্ত (Necessary and sufficient condition) হলো যৌগ ও তার প্রতিবিন্দ একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত (Superposable) হবে না। এদিকে লক্ষ্য রেখেই আমরা উপরে উল্লেখিত যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে আলোচনা করবো।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠের পর আপনি নিম্নলিখিত বিষয়ে ধারণা করতে পারবেন এবং বুঝিয়ে দিতে পারবেন—

- কী কী ধরনের সম্পূর্ণ চক্র আছে
- বায়ারের পীড়ন ও পিটজার পীড়ন কাকে বলে
- বায়ারের পীড়নতত্ত্ব (Baeyer strain theory)
- সাকসি মোর তত্ত্ব (Sachse Mohr theory)
- সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস—চেয়ার, নৌকা, অর্ধচেয়ার, মোচড়ান নৌকা অণুবিন্যাস এবং এগুলির শক্তির মাত্রা
- অক্ষীয়, নিরক্ষীয়, ফ্ল্যাগপোল বন্ধন এবং মূলক বা হাইড্রোজেন
- 1, 1-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস
- 1, 2 ; 1, 3 ও 1, 4-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস
- সাইক্লোহেক্সেন ও প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেনের অবস্থানিক অণুবিন্যাস রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর কিরূপ প্রভাব বিস্তার করে।
- কাইরাল কার্বন নেই কিন্তু কাইরাল অক্ষ আছে এমন যৌগও আলোকসক্রিয় হতে পারে

10.2 সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগের শ্রেণীবিভাগ

সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগের পরমাণুগুলি বৃত্তে থাকার ফলে অণুগুলির অবস্থানিক স্বাধীনতা দমিত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ সম্পূর্ণ স্বাধীনতা সীমাবদ্ধ অবস্থায় থাকে। ফলে অণু অবস্থানিকের সংখ্যা সীমিত হয়।

সম্পৃক্ত অ্যালিসাইক্লিক যৌগের বৃত্তগুলিকে চার শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যেমন—(i) ক্ষুদ্র বৃত্ত বা চক্র, যেখানে চক্র 3 বা 4 সদস্যবিশিষ্ট, (ii) স্বাভাবিক চক্র যা 5 থেকে 7 সদস্যবিশিষ্ট, (iii) মাঝারি চক্র (যা 8 থেকে 11 সদস্য বিশিষ্ট) এবং (iv) বৃহৎ চক্র (যা 11-র অধিক সদস্য বিশিষ্ট)।

সম্পৃক্ত অ্যালিসাইক্লিক যৌগের দহন তাপ (ΔH) পরীক্ষা করে এই শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে। নিচের সারণী দ্রষ্টব্য। হাইড্রোকার্বন যৌগগুলিকে অক্সিজেন মাধ্যমে দহন করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, H_2O এবং তাপ নির্গত হয় এবং প্রতি CH_2 মূলকের তাপের পরিমাণ KJ-এ নির্ধারণ করা হয়। এখন মুক্তশৃঙ্খল



হাইড্রোকার্বনের প্রতি CH_2 মূলকের থেকে সম্পৃক্ত চক্রাকার CH_2 মূলকের এই দহন তাপের পার্থক্য যত বেশি হবে, সেই যৌগ অণুর শক্তির মাত্রা তত বেশি হবে, ফলে স্থায়িত্ব কম হবে অর্থাৎ অণুটির পীড়নের মাত্রা তত বেশি হবে।

বায়ারের পীড়ন (Baeyer strain) ও পিটজার পীড়ন (Pitzer strain) হল কোন অণুর মোট পীড়নের মূল জোগানদার। কার্বোচক্রের আকারের পরিবর্তনের সঙ্গে যদি পীড়নের পার্থক্য হয় তবে দহন তাপেরও পরিবর্তন হবে।

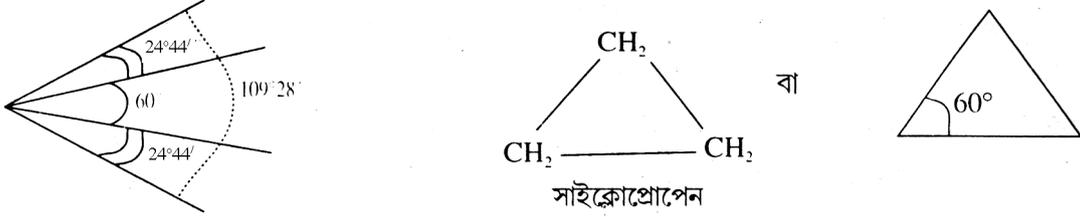
10.2.1 বায়ারের পীড়ন (Baeyer strain) বা কৌণিক পীড়ন (Angle strain) তত্ত্ব :

1885 খ্রিস্টাব্দে অ্যাডোল্ফ ভন বায়ার (Adolph von Baeyer) চক্রাকার অ্যালকেনের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করতে গিয়ে এই তত্ত্ব উপস্থিত করেন। কার্বন পরমাণুর চারটি যোজ্যতা সমচতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত থাকে। অর্থাৎ কার্বনের যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে যোজক কোণের মান $109^\circ 28'$ । বায়ারের তত্ত্ব অনুসারে যদি কোন চক্রাকার অ্যালকেন যৌগে এই স্বাভাবিক মানের পরিবর্তন ঘটে, তবে তার দরুন অণুটিতে একপ্রকার পীড়নের উদ্ভব হবে। যোজক কোণের স্বাভাবিক মানের থেকে পরিবর্তন যত বেশি হবে পীড়নের মাত্রাও তত বেশি হবে এবং পীড়নের মাত্রা যত বেশি হবে যৌগটির স্থায়িত্ব তত কম হবে। অবশ্য এক্ষেত্রে চক্রাকার অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলি অভিন্ন তলে আছে বলে ধরা হয়।

সাইক্লোপ্রোপেন অণুর তিনটি কার্বন পরমাণু সমবাছ ত্রিভুজের শীর্ষ কোণে অবস্থান করে। সমবাছ ত্রিভুজের কোণের মান 60° । সুতরাং যোজক কোণের বিকৃতির পরিমাণ হবে

$$\frac{1}{2}(109^\circ 28' - 60^\circ) = +24^\circ 44'$$

জোর করে কাছে আনা হয়েছে। এক্ষেত্রে পীড়নকে ধনাত্মক পীড়ন বলে। আর যেখানে যোজক দুটিকে দূরে সরিয়ে আনা হয়, সেখানকার পীড়নকে ঋণাত্মক পীড়ন বলে।



সাইক্লোবিউটেনে (\square) এই বিকৃতির পরিমাণ $\frac{1}{2}(190^\circ 28' - 90^\circ) = +9^\circ 44'$

সাইক্লোপেন্টেনের (\pentagon) $\frac{1}{2}(190^\circ 28' - 180^\circ) = +0.44'$ এবং

সাইক্লোহেক্সেনের (\hexagon) $\frac{1}{2}(190^\circ 28' - 120^\circ) = +5^\circ 16'$ ।

সাইক্লোপ্রোপেনের থেকে সাইক্লোবিউটেনের যোজক কোণের বিকৃতির পরিমাণ কম। সুতরাং সাইক্লোপ্রোপেন থেকে সাইক্লোবিউটেন অধিকতর স্থায়ী অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম সক্রিয়। সাইক্লোপেন্টেনের ক্ষেত্রে বিকৃতি সবচেয়ে কম ফলে সবচেয়ে স্থায়ী অর্থাৎ সবচেয়ে কম সক্রিয়। সাইক্লোহেক্সেনের ক্ষেত্রে যোজক কোণের বিকৃতি সাইক্লোপেন্টেনের থেকে বেশি, ফলে কম স্থায়ী বা অধিকতর সক্রিয়। সাইক্লোহেক্সেন থেকে ক্রমাগত উচ্চতর সাইক্লোঅ্যালকেনের যোজক কোণের বিকৃতি হতে থাকবে বেশি, ফলে স্থায়িত্ব কম হবে অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় হবে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায় যে সাইক্লোহেক্সেন ও উচ্চতর সাইক্লোঅ্যালকেনগুলি বেশ স্থায়ী যৌগ, যা বায়রের তত্ত্ব দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায় না। বায়রের পীড়নতত্ত্ব চক্রাকার C_3 থেকে C_5 অ্যালকেনের ক্ষেত্রে ভালোভাবে প্রযোজ্য, কিন্তু উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনের ক্ষেত্রে নয়।

10.2.2 পিটজার পীড়ন (Pitzer strain) :

কোন অণুর নিকটবর্তী অবন্ধনীয় (non-bonded) পরমাণু বা মূলকের পারস্পরিক বিক্রিয়ার ফলে পিটজার পীড়নের উদ্ভব হয়, যা প্রধানত অবন্ধনীয় পরমাণু বা মূলকের কার্যকরী আয়তনের এবং দূরত্বের উপর নির্ভরশীল।

কোন চক্রাকার অ্যালকেনের মোট পীড়ন হবে বায়রের পীড়ন ও পিটজার পীড়নের যোগফল। এখন কোন অণুর মোট পীড়ন নিম্নলিখিতভাবে গণনা করা হয়।

$$\text{মোটপীড়ন} = \text{কার্বোচক্রে মোট C-পরমাণুর সংখ্যা} \times \text{পরীক্ষালব্ধ দহনতাপ} / \text{CH}_2$$

$$-n \times \text{অ্যালকেনের পরীক্ষালব্ধ দহনতাপ} / \text{CH}_2$$

উপরের সমীকরণ অনুসারে প্রাপ্ত মান নিম্নলিখিত সারণীতে দেওয়া হল :

সারণী

কার্বোচক্র (CH ₂) _n	চক্র C-পরমাণুর সংখ্যা	যোজক কোণের পরিমাণ	বিকৃতি	দহনতাপ KJ/CH ₂	মোট পীড়ন (KJ)
ইথিলিন	2	0°	54°44′	711	108
ক্ষুদ্রচক্র	3	60°	24°44′	697	120
	4	90°	9°44′	685	112
স্বাভাবিক চক্র	5	108°	0°44′	664	35
	6	120°	-5°16′	659	12
	7	128°34′	-9°33′	662	35
মাঝারি চক্র	8-11	135°-147°16′	(-12°46′) – (-18°54′)	661-665	32-88
বৃহৎ চক্র	12—	150°-	-20°16′	657-661	0-48
	n-অ্যালকেন	109°28′	0°	657	0

দহনতাপের এই সারণী অনুসারে C₆ কার্বন পরমাণু পর্যন্ত কার্বোচক্রের মোট পীড়ন ক্রমাগত কমে অর্থাৎ স্থায়িত্ব ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়। C₇ থেকে C₁₁ কার্বোচক্রের স্থায়িত্ব ক্রমাগত বৃদ্ধি পায় এবং C₁₂ থেকে অধিক C-পরমাণুবিশিষ্ট কার্বোচক্রের স্থায়িত্ব C₆ কার্বোচক্রের মত, যা বায়রের পীড়ন তত্ত্ব দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায় না।

সারমর্ম :

- অ্যালিসাইক্লিক চক্র চার ধরনের হয়—(i) ক্ষুদ্র চক্র যাতে 3-4টি, (ii) সাধারণ চক্র (5-7), মাঝারি চক্র (8-11) এবং বৃহৎ চক্র (12-র অধিক) C-পরমাণু থাকে।
- দহনতাপের সাহায্যে চক্রের পীড়ন নির্ধারণ করা হয়, যেখানে ক্ষুদ্র চক্রের দহনতাপ সর্বাধিক, সাধারণ চক্রের ক্ষেত্রে কম, মাঝারির ক্ষেত্রে বেশি এবং বৃহদের ক্ষেত্রে অনুপস্থিত।
- কোন চক্রের মোট পীড়ন হবে বায়রের পীড়ন [যা সাধারণ কোণ 109°28′ থেকে বিকৃতির ফলে উদ্ভব হয়] এবং পিটজার পীড়নের [যা অবন্ধনীয় (non-bonded) মূলক বা পরমাণুর পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলে উদ্ভব হয়] যোগফল।
- সাইক্লোপ্রোপেন চক্রটি সমতলীয় হয়, কিন্তু অন্যান্য চক্রগুলি ভাঁজ হয়ে (অর্থাৎ সমতলীয় নয়) থাকার ফলে বায়রের পীড়ন ও পিটজার পীড়ন কম হয়।

অনুশীলনী 1

- সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগের অণুবিন্যাসের সংখ্যা সীমিত হয় কেন?
- সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগগুলিকে কয়টি শ্রেণীতে ভাগ করা যায় এবং কী কী?
- কোন অণুর মোট পীড়ন কোন্ কোন্ পীড়নের উপর নির্ভর করে?
- বায়র পীড়ন ও পিটজার পীড়ন কাকে বলে? উদাহরণ দিন।

10.3 সাক্সি মোর তত্ত্ব (Sachse Mohr Theory)

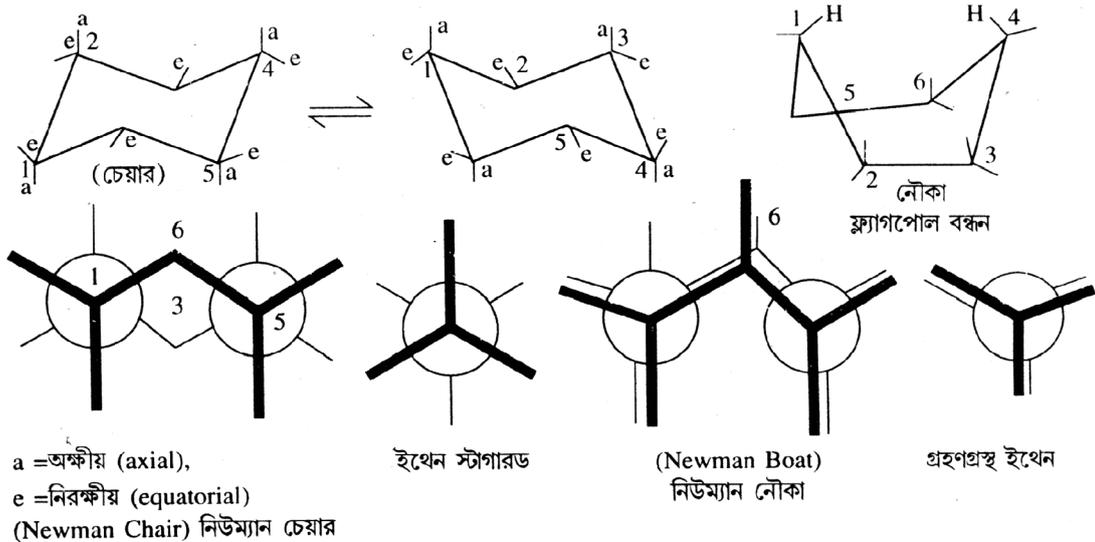
এই তত্ত্বের সাহায্যে C_6 এবং উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করা যায়। এই তত্ত্ব অনুসারে C_6 এবং উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনগুলির C-পরমাণুগুলি অভিন্ন তলে নেই এবং এই যৌগের অণুগুলি ভাঁজ (fold) হয়ে এমন অবস্থায় থাকে যাতে কার্বনের যোজক কোণের মান $109^\circ 28'$ অর্থাৎ স্বাভাবিক থাকে। এতে বিকৃতি ঘটে না। ফলে স্থায়িত্ব লাভ করায় উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনগুলিকে বিশেষ প্রণালীতে প্রস্তুত করা যায় এবং এগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম সক্রিয় হয়।

10.4 সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস (Conformations of cyclohexane)

সাক্সে-মোর তত্ত্ব অনুসারে সাইক্লোঅ্যালকেনের অণু ভাঁজ হয়ে দুরকম বিন্যাস লাভ করতে পারে, চেয়ার (chair) এবং নৌকা (boat) আকৃতি, যেগুলি বায়ার বা কৌণিক পীড়নমুক্ত হবে। কারণ সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাসে যোজক কোণগুলি $109^\circ 28'$ । চেয়ার ও নৌকা অণুবিন্যাসে পিটজার পীড়ন বা স্টেরিক (steric) পীড়নের পার্থক্যের জন্যে উভয়ের মধ্যে শক্তির মাত্রার তারতম্য হবে। চেয়ার অণুবিন্যাসের শক্তির মাত্রা নৌকা অণুবিন্যাসের শক্তির মাত্রা থেকে কম হবে।

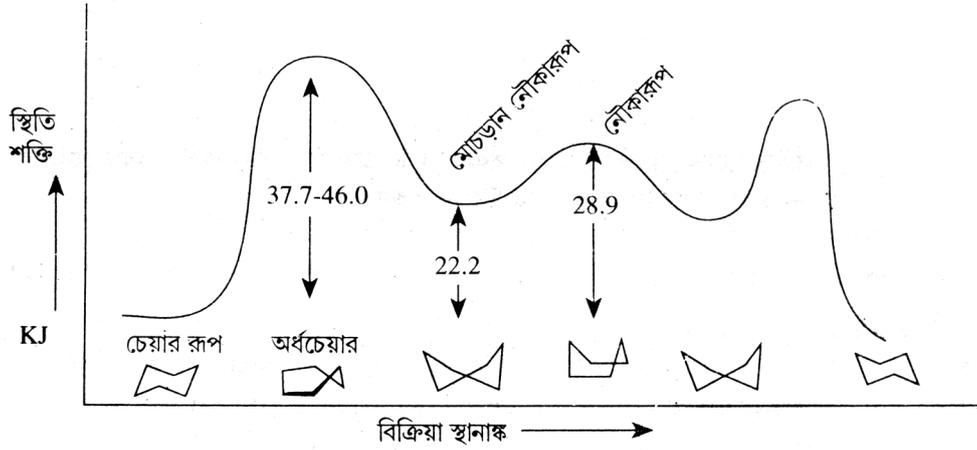
চেয়ার অণুবিন্যাসে সাইক্লোহেক্সেনের ছয়টি কার্বন পরমাণু দুটি তলে অবস্থিত। 1, 3, 5 কার্বন পরমাণুগুলি একটি তলে এবং 2, 4, 6 কার্বন পরমাণুগুলি অন্য তলে অবস্থিত। এই দুই তলের দূরত্ব 50 pm।

চেয়ার অণুবিন্যাসে পার্শ্ববর্তী কার্বন পরমাণুর সবগুলি C – H বন্ধন স্কিউ (skew) অবস্থায় বর্তমান অর্থাৎ দ্বিতল কোণ 60° । কিন্তু নৌকা অণুবিন্যাসে 4টি C – H বন্ধন 1, 2 ; 3, 4 ; 4, 5 ; এবং 6, 1 স্কিউ অবস্থায় এবং দুটি (2, 3 এবং 5, 6) গ্রহণগ্রস্থ (eclipsed) অবস্থান বর্তমান, ফলে নৌকা অণুবিন্যাসে দুজোড়া গ্রহণগ্রস্থ বন্ধনগুলির মধ্যে বন্ধন পীড়নের উদ্ভব হবে এবং এছাড়া 1 ও 4নং C-পরমাণুতে যুক্ত H-পরমাণু একে অন্যের দিকে নির্দেশিত থাকে বলে স্টেরিক পীড়ন যুক্ত হয়। এর জন্যে নৌকা অণুবিন্যাসে মোট শক্তির মাত্রা চেয়ার অণুবিন্যাসের থেকে বেশি হবে।



সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার অণুবিন্যাস গঠনে যে উলম্ব অক্ষ কেন্দ্র দিয়ে অতিক্রম করে তার সঙ্গে সাইক্লোহেক্সেনে প্রতিটি C-পরমাণুর একটি বন্ধন সমান্তরাল থাকে। এই বন্ধনগুলিকে অক্ষীয় (axial) বন্ধন বলে। উলম্ব অক্ষের সঙ্গে যে বন্ধনগুলি $\pm 109^\circ 28'$ কোণে উপস্থিত সেই বন্ধনগুলিকে নিরক্ষীয় (equatorial) বন্ধন বলে।

চেয়াররূপটি অনমনীয় কারণ এটি বিকৃতি প্রতিহত করে। চেয়াররূপটি নৌকা আকৃতিতে রূপান্তরণে কৌণিক বিকৃতি অবশ্যই ঘটাতে হবে এবং এই রূপান্তরণে শক্তি প্রতিবন্ধকতার মান 37.7 – 46.0 KJ প্রতি মোল। গণনায় জানা যায় যে, মোচড়ান নৌকা (twist boat) রূপের শক্তির মাত্রা নৌকা আকৃতির শক্তির মাত্রা থেকে 6.7 KJ প্রতি মোল কম এবং চেয়ার অণুবিন্যাসে শক্তির মাত্রা মোচড়ান নৌকারূপের থেকে প্রায় 22.2 KJ প্রতি মোল কম। সাধারণ তাপমাত্রায় শক্তির এই প্রতিবন্ধকতার (barrier) মান এমন কিছু বেশি নয় যাতে চেয়ার থেকে নৌকারূপে পরিবর্তনে বাধা সৃষ্টি করতে পারে।



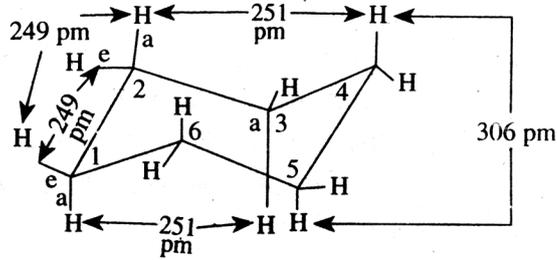
সাম্যাবস্থায় যে কোন রূপের সাইক্লোহেক্সেন বর্তমান। কিন্তু চেয়াররূপের শক্তির মাত্রা সবচেয়ে কম বলে সাম্যাবস্থায় চেয়াররূপটির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি হবে। চেয়াররূপ থেকে নৌকারূপে পরিবর্তনে প্রথমে অর্ধচেয়ার, পরে মোচড়ান নৌকারূপে এবং অবশেষে নৌকারূপে লাভ করে। সেরকম নৌকা থেকে চেয়াররূপে পরিবর্তনে প্রথমে মোচড়ান নৌকা, পরে অর্ধচেয়ার এবং শেষে চেয়াররূপ লাভ করে।

যেহেতু সাম্যাবস্থায় চেয়ার অণুবিন্যাসের পরিমাণ সবচেয়ে বেশি তাই সাইক্লোহেক্সেন এবং এর জাতকগুলি (derivatives) অণুবিন্যাস চেয়াররূপে ধরে আমরা আমাদের আলোচনা করবো।

সাইক্লোহেক্সেনের অণুতে দুধরনের ছয়টি করে C – H বন্ধন আছে। এক ধরনের যে ছয়টি C– H বন্ধন সাইক্লোহেক্সেনের অক্ষের সঙ্গে সমান্তরাল সেই ছয়টি বন্ধনকে অক্ষীয় (axial) সংক্ষেপে a এবং অপর ছয়টি C–H বন্ধন যা অক্ষের সঙ্গে $\pm 109^\circ 28'$ কোণ করে থাকে সেগুলিকে নিরক্ষীয় (equatorial) বা সংক্ষেপে e বন্ধন বলে। সাইক্লোহেক্সেনের প্রতিটি C-পরমাণুতে একটি a এবং একটি e বন্ধন থাকে। সচলতার দরুন একটি চেয়াররূপ থেকে অপর চেয়াররূপে পরিবর্তনে প্রত্যেকটি অক্ষীয় বন্ধন নিরক্ষীয় বন্ধনে এবং প্রত্যেকটি নিরক্ষীয় বন্ধন অক্ষীয় বন্ধনে পরিবর্তন হয়। এক্ষেত্রে দুটি চেয়াররূপই সদৃশ।

10.4.1 সাইক্লোহেক্সেন অণুর H-পরমাণুর জোড়গুলির মধ্যে দূরত্ব :

গণনায় জানা যায় যে, 1e, 2a H-পরমাণু জোড়ের মধ্যে দূরত্ব 249 pm ; 1e, 2e মধ্যেও 249pm; 1a, 2a মধ্যে 306 pm এবং 1a, 3a মধ্যে 251 pm।

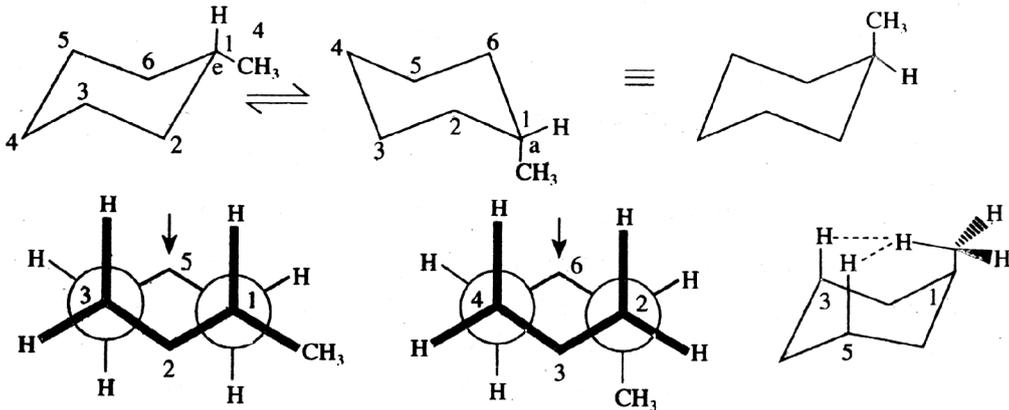


এর থেকে বোঝা যাচ্ছে যে, 1e অবস্থিত H-পরমাণু ও 2a, 2e ; 6a, 6e অবস্থিত চারিটি H-পরমাণু সবচেয়ে কাছে আছে। 1a – H থেকে 2a ও 6a–H-পরমাণুর মধ্যে দূরত্ব সবচেয়ে বেশি। 2a–H ও 4a–H এবং 6a–H মধ্যে দূরত্ব 251 pm।

অনুশীলনী 2

- চেয়ার অণুবিন্যাসে সাইক্লোহেক্সেনের ছয়টি কার্বন পরমাণু দুটি তলে অবস্থিত। কার্বন পরমাণুগুলিকে তলের সাপেক্ষে চিহ্নিত করুন এবং তলদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব উল্লেখ করুন।
- অক্ষীয় ও নিরক্ষীয় বন্ধন কাকে বলে? ফ্ল্যাগপোল বন্ধন কী?
- সাইক্লোহেক্সেনের বিভিন্ন অণুবিন্যাসগুলি শক্তির ক্রমানুসারে সাজান। চেয়ার, নৌকা, মোচড়ান নৌকা, অর্ধচেয়ার।

এখন সাইক্লোহেক্সেনের একটি H-পরমাণু অন্য কোন মূলক (যা H-পরমাণু থেকে আকারে বড়) দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে কী হবে দেখা যাক। এক প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন দুটি ডায়াস্টিরিয়ো চেয়ার অণুবিন্যাসে বিদ্যমান থাকে। একটিতে প্রতিস্থাপিত মূলকটি অক্ষীয় অবস্থায় (axial) (a-অণুবিন্যাস) এবং অন্যটিতে নিরক্ষীয় (equatorial) (e-অণুবিন্যাস) অবস্থায় থাকে।

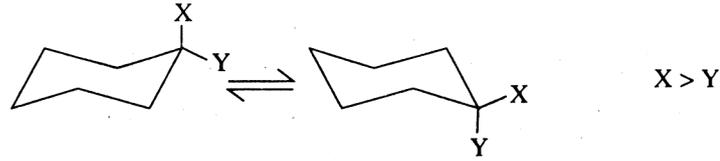


মিথাইল সাইক্লোহেক্সেনে CH_3 মূলক অক্ষীয় অবস্থায় থাকলে CH_3 মূলকের H এবং 3,5 অক্ষীয় H পরমাণুর মধ্যে দূরত্ব কমে যায়, ফলে অবক্ষীয় পারস্পরিক ক্রিয়া বৃদ্ধি পাবে, এবং শক্তির মাত্রা বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু

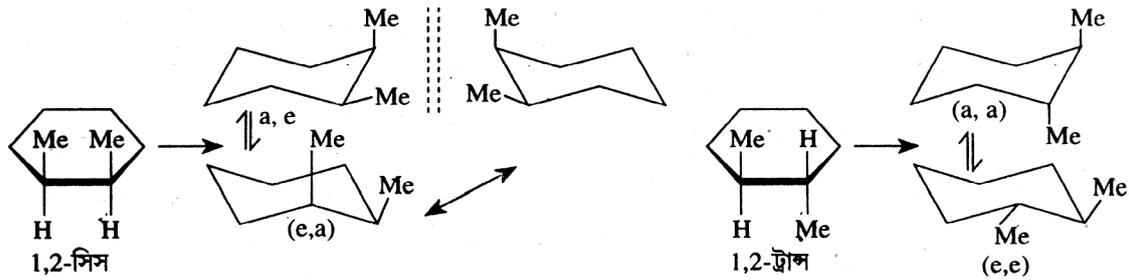
CH₃ মূলক নিরক্ষীয় অবস্থায় থাকলে এমন হবে না। ফলে সাম্যাবস্থায় e-অণুবিন্যাসের পরিমাণ বেশি থাকবে। CH₃-এর পরিবর্তে ক্লোরিন হলেও একই ঘটনা ঘটবে।

10.4.2 দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন যৌগসমূহ :

1, 1-দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন : 1,1-দি প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেনের গঠনগত সমাবয়ব হয় না, কিন্তু পরস্পর রূপান্তরযোগ্য দুটি অণুবিন্যাস হয়, যাতে শক্তির প্রতিবন্ধকতা সাইক্লোহেক্সেনের অনুরূপ। দুটি অভিন্ন প্রতিস্থাপিত মূলক থাকলে দুটি অণুবিন্যাসও অভিন্ন হবে। বিভিন্ন মূলক (যেমন X এবং Y) হলে দুটি ডায়াস্টিরিয়োমার পাওয়া যাবে, যার মধ্যে একটি প্রাধান্য পাবে। সেখানে বৃহত্তর মূলকটি সাধারণত নিরক্ষীয় অবস্থায় থাকবে।



1, 2-ডাইমিথাইলসাইক্লোহেক্সেন : সিস-1, 2-ডাইমিথাইলসাইক্লোহেক্সেন তুল্যমানের শক্তি বিশিষ্ট দুটি অণুবিন্যাসে বিদ্যমান থাকে, যেমন— অক্ষীয়-নিরক্ষীয় (a,e) এবং নিরক্ষীয়-অক্ষীয় (e,a) এই দুটি পরস্পরের

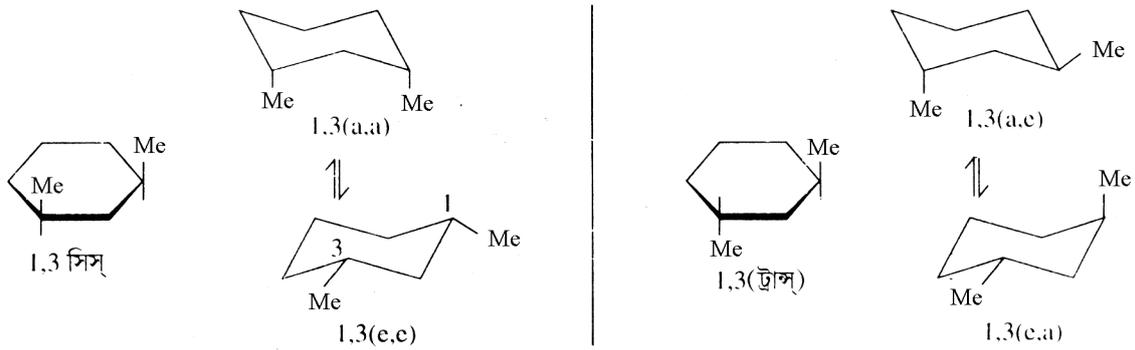


আয়নার প্রতিচ্ছবি হয় এবং একে অন্যের সঙ্গে সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় না। অর্থাৎ এদুটি পরস্পরের এনাল্টিয়োমার। এরা একে অন্যটিতে সহজেই রূপান্তরযোগ্য হয়। ফলে রেসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু 1,2-ডাইমিথাইলসাইক্লোহেক্সেনে সমতলীয় রূপটি মেসো যৌগ হয়। যেকোন রূপের চেয়ার অণুবিন্যাসে তিনটি গুচ বিউটেন পারস্পরিক ক্রিয়া বর্তমান, যেমন দুটি অক্ষীয় মিথাইল মূলকের জন্য এবং একটি নিরক্ষীয়-অক্ষীয় ডাইমিথাইলের জন্য। এতে স্থিতিশক্তির পরিমাণ প্রায় 11.2 KJ প্রতি মোল।

ট্রান্স 1,2-ডাইমিথাইলসাইক্লোহেক্সেন দুটি চেয়ার অণুবিন্যাসে বর্তমান, যেমন একটি (a, a) এবং অপরটি (e, e), যা নাকি সদৃশ নয়। 1,2-ট্রান্স সমাবয়ব দুটি স্বতন্ত্র এনাল্টিয়োমার হয় এবং পৃথকীকরণযোগ্য (+) জোড় গঠিত করে। ট্রান্স দ্বি-অক্ষীয় (a, a) অণুবিন্যাসে 4টি গাউশ (gauche) পারস্পরিক ক্রিয়াসম্পন্ন হয় (প্রতিটি অক্ষীয় মিথাইল মূলকের জন্য দুটি করে হয়)। কিন্তু দ্বি-নিরক্ষীয় (e, e) অণুবিন্যাসে মাত্র একটি গুচ পারস্পরিক ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। ফলে (e, e) অণুবিন্যাসটি (a, a) অপেক্ষা অধিকতর পছন্দমাত্রিক হবে এবং সাম্যাবস্থায় অধিকতর পরিমাণে পাওয়া যাবে।

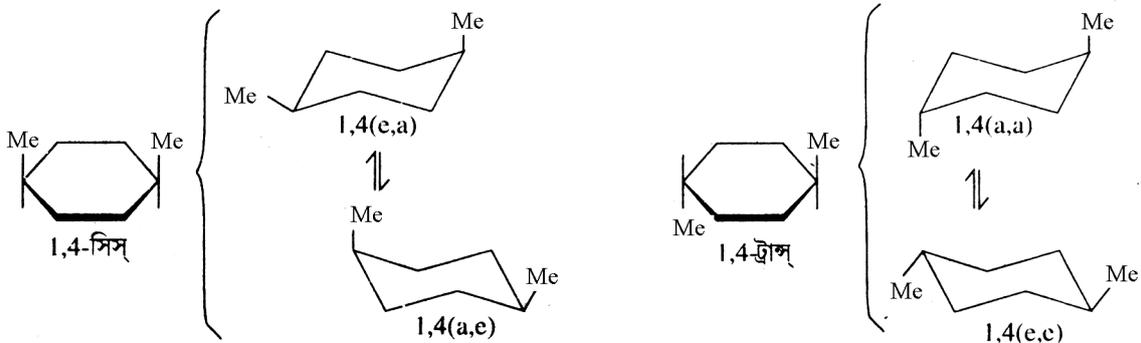
1, 3-ডাইমিথাইলসাইক্লোহেক্সেন : 1, 3-সিস যৌগটির সমতল গঠন এবং দুটি চেয়ার অণুবিন্যাসে (a, a এবং ee) সমতল তল থাকায় যৌগটি মেসো (meso) হয়। ফলে আলোকনিষ্ক্রিয় হবে। দুটি মিথাইল মূলক

নিরক্ষীয় (e, e) অবস্থায় থাকলে তাতে কোন গাউশ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকবে না, কিন্তু দুটি মিথাইল মূলক অক্ষীয় (a, a) অবস্থায় থাকলে প্রতিটি Me মূলকের জন্য একটি গাউশ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকবে। অর্থাৎ দুটি গাউশ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকবে। এতে মোট শক্তির (তাপধেয় enthalpy) মাত্রা হবে 7.5 KJ প্রতি মোল এবং 1, 3 (a, a) অণুবিন্যাসে মিথাইল / মিথাইল পারস্পরিক ক্রিয়ার জন্যে অতিরিক্ত শক্তি লাগবে 15.5KJ প্রতি মোল। অর্থাৎ মোট শক্তির পরিমাণ হবে (7.5 + 15.5) = 23KJ প্রতি মোল। 1, 3(e, e) অণুবিন্যাসটি 1, 3(a, a) অণুবিন্যাস অপেক্ষা 23KJ প্রতি মোল শক্তি কম থাকায় সাম্যাবস্থায় 1, 3(a, a) এর অণুবিন্যাস প্রায় থাকবেই না। অর্থাৎ 1, 3 (e, e) অণুবিন্যাস খুবই স্থায়ী।



1, 3 ট্রান্স সমাবয়বটি দুটি অণুবিন্যাস (a, e এবং e, a) পরস্পরের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে, ফলে আলোকনিক্তিয় এবং প্রত্যেকটিতে দুটি গাউশ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকায় শক্তির মাত্রা হবে 7.5KJ প্রতি মোল। সুতরাং এটি সিস্ 1, 3 (e, e) অণুবিন্যাস থেকে স্থায়ী হবে। কিন্তু ট্রান্স 1, 3 (a, a) অণুবিন্যাস থেকে অধিক স্থায়ী হবে।

1, 4 ডাইমিথাইল সাইক্লোহেক্সেন : 1, 4-সিস সমাবয়বটি দুটি সদৃশ (a, e) এবং (e, a) অণুবিন্যাস দেয়। এবং প্রত্যেকটিতে দুটি গুচ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকবে। 1, 4-ট্রান্স সমাবয়বটি দুটি অসদৃশ (a, a) এবং (e, e) অণুবিন্যাস দেয়। 1, 4-ট্রান্স (a, a) অণুবিন্যাসটিতে 4 গুচ পারস্পরিক ক্রিয়া থাকায় এটির শক্তির মাত্রা 15KJ প্রতি মোল এবং এটি অস্থায়ী। 1,4- ট্রান্স (e, e) অণুবিন্যাসে গুচ পারস্পরিক ক্রিয়া না থাকায় এটি 1,4-সিস (a, e বা e, a) থেকে অধিকতর স্থায়ী। 1, 4-ডাইমিথাইল (বা যেকোন মূলক বিশিষ্ট) সিস্ ও ট্রান্স সমাবয়বে সমমিত তল থাকায় প্রত্যেকটি অণুবিন্যাসই আলোকনিক্তিয় হবে।



অনুশীলনী 3

- (i) সাইক্লোহেক্সেনের একটি অণুবিন্যাসকে চেয়ার ও অন্য একটিকে বোট বলা হয় কেন?
(ii) মিথাইল সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার সমতুল নিউম্যান অণুবিন্যাসগুলি অঙ্কন করুন ও মিথাইল মূলকের অবস্থান চিহ্নিত করুন।

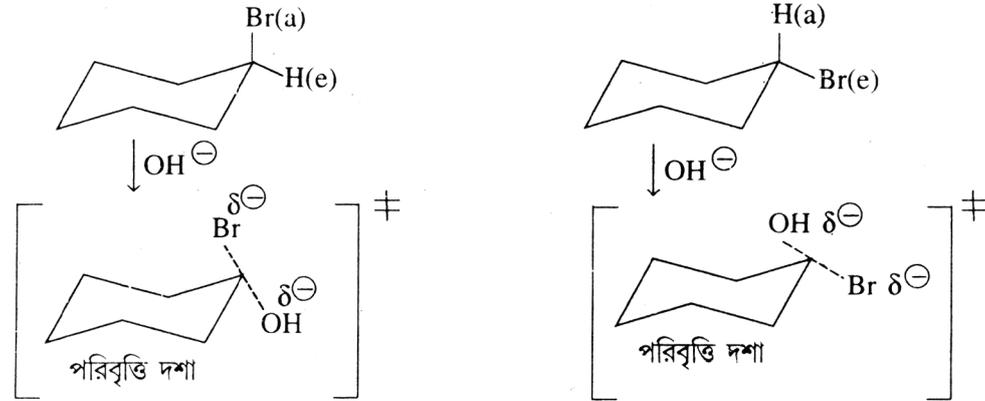
10.5 রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাসের প্রভাব

আমরা জেনেছি যে সাইক্লোহেক্সেন যৌগের কোন হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য কোন পরমাণু বা মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে সেই পরমাণু বা মূলকটি অক্ষীয় বা নিরক্ষীয় স্থান দখল করতে পারে। এর ফলে দুটি অণুবিন্যাসের সৃষ্টি হয়। প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন যৌগে অক্ষীয় বা নিরক্ষীয় পরমাণু বা মূলকের অবস্থানগত পরিবেশ আলাদা। সুতরাং কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করতে গেলে অণুবিন্যাসের পরিবেশের প্রভাবের কথা মনে রাখতে হবে।

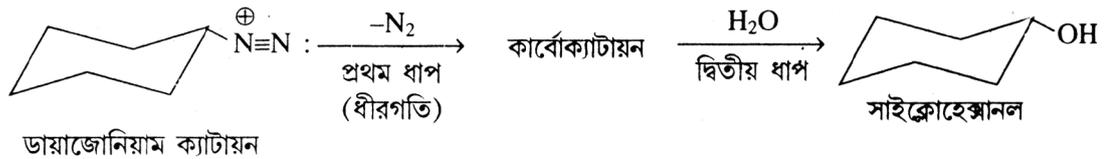
এখানে তিনটি বিক্রিয়া উদাহরণ হিসাবে বেছে নেওয়া হলো।

(1) S_N^2 বিক্রিয়া : 4-টারসিয়ারি বিউটাইলসাইক্লোহেক্সাইল ব্রোমাইডকে লঘু NaOH দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে 4-টারসিয়ারি বিউটাইলসাইক্লোহেক্সানল পাওয়া যায়।

এখানে OH-মূলকটি হচ্ছে নিউক্লিওফাইল (nucleophile)। এই নিউক্লিওফাইলটি ব্রোমিন পরমাণুর বিপরীত দিক থেকে বিনা বাধায় অগ্রসর হতে পারে (S_N^2) যদি ব্রোমিন অক্ষীয় (axial) অবস্থায় থাকে। কারণ এক্ষেত্রে (পরিবৃত্তি দশা) সহজেই তৈরি হতে পারে। কিন্তু ব্রোমিন নিরক্ষীয় (equatorial) অবস্থায় থাকলে তা হওয়া সম্ভব নয়। তাই ব্রোমিন পরমাণু অক্ষীয় অবস্থায় থাকলে বিক্রিয়াটি সহজেই সম্পন্ন হয়।

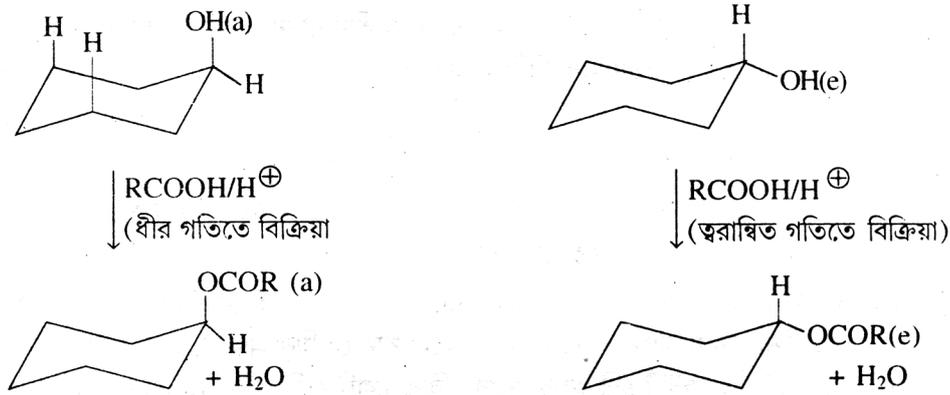


(2) S_N1 বিক্রিয়া : সাইক্লোহেক্সাইল ডায়াজোনিয়াম ক্যাটায়নকে জলের সাহায্যে উত্তপ্ত করলে (solvolysis) সাইক্লোহেক্সানল পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি নিচে দেখান হলো।



এক্ষেত্রে দেখা গেছে যে, ডায়াজো মূলকটি অক্ষীয় বা নিরক্ষীয় যে অবস্থায়ই থাকুক না কেন বিক্রিয়ার গতির খুব বেশি পার্থক্য হয় না। কারণ অক্ষীয় অবস্থায় 1 : 3-diaxial interaction বেশি। কিন্তু যখন কার্বোক্যাটায়ন তৈরি হয় তখন পীড়ন অনেকটা কমে যায়। কিন্তু যদি ডায়াজোনিয়াম মূলকটি নিরক্ষীয় অবস্থায় থাকে তা হলে 1 : 3 - interaction অনুপস্থিত। তাই বিক্রিয়ার গতি সামান্য ত্বরান্বিত হয়।

(3) এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়া : (4-টারসিয়ারি বিউটাইলসাইক্লোহেক্সানল থেকে এস্টার তৈরির সময় যদি OH মূলকটি অক্ষীয় অবস্থায় থাকে তবে এস্টার তৈরির গতি কমে যায়। কিন্তু OH মূলক যদি নিরক্ষীয় অবস্থায় থাকে তবে এস্টার তৈরির গতি ত্বরান্বিত হয়।



এর কারণ অক্ষীয় অবস্থায় 1,3-interaction বেশি। আবার অক্ষীয় OH মূলক নিরক্ষীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়েও বিক্রিয়া ঘটতে পারে। সেক্ষেত্রে কিছু সময়ের প্রয়োজন হবে। তাই অক্ষীয় OH মূলক ধীর গতিতে এস্টারে রূপান্তরিত হয়।

10.6 কাইরাল কার্বনবিহীন জৈব যৌগের আলোকসক্রিয়তা ও জ্যামিতিক সমাবয়বতা

আমরা একক 9-এ জেনেছি যে, কোন জৈব যৌগে যদি কাইরাল কার্বন থাকে তবে সাধারণত যৌগটি আলোকসক্রিয় হয়। আবার একাধিক কাইরাল কার্বন থাকা সত্ত্বেও কিছু কিছু যৌগের সমাবয়ব আলোকসক্রিয় হয় না [যেমন মেসোটেরটারিক অ্যাসিড]। এখানে এখন তিন শ্রেণীর জৈব যৌগের উল্লেখ করা হবে যাদের কাইরাল কার্বন নেই অথচ যৌগগুলি আলোকসক্রিয়। এই যৌগগুলি হলো—

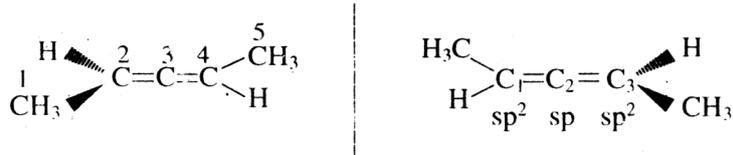
প্রতিস্থাপিত কিউমিউলিনস্, স্পাইরো যৌগ ও বাইফিনাইলস।

10.6.1 প্রতিস্থাপিত কিউমিউলিনস্ (Cumulenes)

কিউমিউলিনস্-এর সাধারণ গঠন-সংকেত হলো।

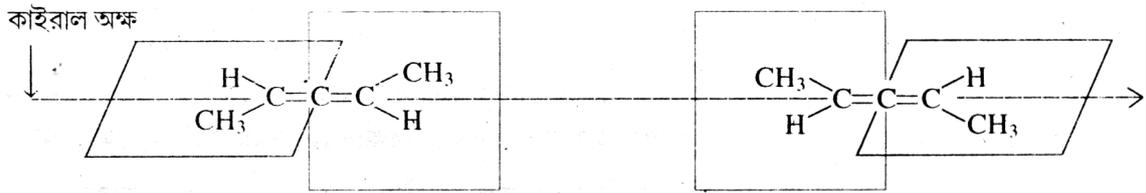


এখানে $a \neq b$ এবং $d \neq e$, n -এর মান জোড় সংখ্যা হলে কিউমিউলিনস আলোকসক্রিয় হবে। আবার n -এর মান বিজোড় সংখ্যা হলে কিউসিউলিনস জ্যামিতিক সমাবয়বতা দেখাবে। যখন $n=2$, তখন কিউমিউলিনটি হবে প্রতিস্থাপিত অ্যালিন (Allene) বা প্রোপাডাইইন। এই অ্যালিনস যৌগগুলি সম্বন্ধে অনেক তথ্য জানা আছে। আমরা এখানে অ্যালিনস-এর ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করবো। যদি $a = H$ এবং $b = CH_3$ হয়, তবে যৌগটি হবে 2,3-পেন্টাডাইইন।



2,3-পেন্টাডাইইন

এই যৌগটি ও তার প্রতিবিম্ব সম্পূর্ণ উপরিপাত হয় না (non-superimposable)। তাই যৌগটি আলোকসক্রিয়। উপরে চিহ্নিত (ডানদিকের ছবি) C_1 ও C_3 কার্বনদুটি sp^2 সংকরিত (Hybridised) ; কিন্তু C_2 কার্বন sp সংকরিত। এর ফলে C_1 , C_2 ও C_3 -কার্বনের সঙ্গে যুক্ত H ও CH_3 মূলক একই তলে অবস্থিত। আবার C_2 , C_3 ও C_2 -কার্বনের সঙ্গে যুক্ত H ও CH_3 মূলক অন্য একটি তলে অবস্থিত। এই তলদুটি পরস্পর লম্ব। নিচের চিত্রে (চিত্র-1) কাইরাল অক্ষ (chiral axis) সহ তলদুটি দেখান হয়েছে। একটি তল অনুভূমিক ও অন্যটি উল্লম্ব (মাছ যখন জলে সাঁতার কাটে তখন লেজটি যেমন উল্লম্ব অবস্থায় থাকে ঠিক (তেমনি)।

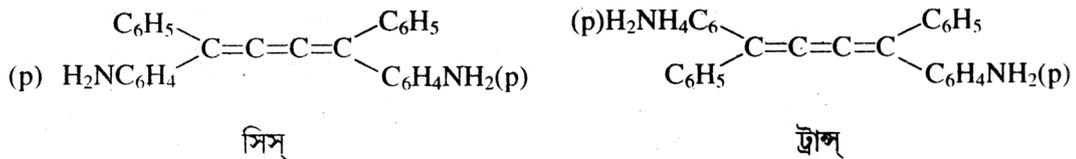


চিত্র-1

আলোকসক্রিয় অ্যালিনস

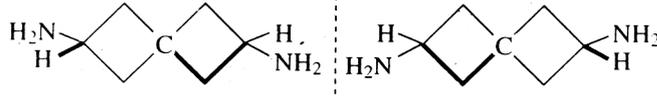
কাইরাল কার্বন থাকলে যেমন যৌগ আলোকসক্রিয় হয়, তেমনি কাইরাল অক্ষ থাকলেও যৌগ আলোকসক্রিয় হতে পারে।

নিচের যৌগটিতে তিনটি দ্বিবন্ধ আছে। যৌগটি আলোকসক্রিয় নয়। এটির দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব (geometrical isomers) দেখান হলো। একটি সিস্ ও অন্যটি ট্রান্স্।



10.6.2 প্রতিস্থাপিত স্পাইরানস (Spirans) :

অ্যালিনের দুটি দিবন্ধের জায়গায় যদি দুটি চক্র (বা বলয়) থাকে তবে যৌগটিকে স্পাইরো যৌগ বলা হবে। স্পাইরো যৌগের বৈশিষ্ট্য হলো চক্রদুটি পরস্পর একটি সাধারণ কার্বন দিয়ে যুক্ত। স্পাইরানের চক্রদুটি পরস্পর লম্ব। তাই প্রতিস্থাপিত স্পাইরান যৌগ অ্যালিনের মতই আলোকসক্রিয় হয়।



আলোকসক্রিয় স্পাইরো যৌগ ও তার প্রতিবিম্ব

10.6.3 প্রতিস্থাপিত বাইফিনাইলস (Biphenyls) :

বাইফিনাইল যৌগসমূহের আলোকসক্রিয়তা সম্বন্ধে এই পর্যায়ের একক 7এ আলোচনা করা হয়েছে। তাই এদের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে এখানে আর আলোচনা করা হলো না।

10.7 সারাংশ

এই এককটি পড়ে আমরা বৃত্তাকার যৌগের এবং কাইরাল কার্বনবিহীন জৈব যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা সম্বন্ধে যে যে তথ্য জানতে পারলাম সেগুলি হলো :

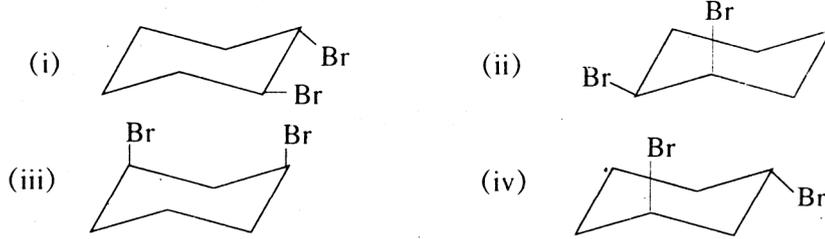
- সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস অনমনীয় চেয়াররূপটি শক্তির মাত্রা সবচেয়ে কম হবে কারণ এতে বন্ধনগুলি স্ট্যাগারড অবস্থায় থাকে। চেয়ার অণুবিন্যাসে অক্ষীয় (a) এবং নিরক্ষীয় (e) দুধরনের H-পরমাণু আছে।
- সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার-চেয়ার পরিবর্তনে অক্ষীয় (a) এবং নিরক্ষীয় (e) এর মধ্যে স্থান পরিবর্তন হয়।
- চেয়ার অণুবিন্যাস ছাড়াও সাইক্লোহেক্সেনের আর কতকগুলি নমনীয় অণুবিন্যাস সম্ভব। যেমন নৌকা, অর্ধচেয়ার, মোচড়ান চেয়ার ইত্যাদি। নৌকা অণুবিন্যাসে দুটি সম্পূর্ণ গ্রহণগ্রস্থ C—C বন্ধন থাকায় এটির শক্তির মাত্রা সর্বাধিক হয়।
- কিন্তু মোচড়ান (twist) নৌকা অণুবিন্যাসে গ্রহণগ্রস্থ অবস্থায় কোন বন্ধন না থাকায় এটির শক্তির মাত্রা কম।
- এক-প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন অণু অক্ষীয় (a) এবং নিরক্ষীয় (e) প্রতিস্থাপিত অণুবিন্যাসের মধ্যে সাম্যাবস্থায় থাকে। কিন্তু নিরক্ষীয় প্রতিস্থাপিত অণুবিন্যাসে ত্রিমাত্রিক বিন্যাস বাধা (steric strain) থাকে না। পক্ষান্তরে অক্ষীয় প্রতিস্থাপিত অণুবিন্যাসে দুটি গাউশ (gauche) পারস্পরিক ক্রিয়া থাকায় এটির শক্তির মাত্রা বেশি হবে। অতএব সাম্যাবস্থায় অক্ষীয় থেকে নিরক্ষীয় প্রতিস্থাপিত অণুবিন্যাস অধিকতর স্থায়ী এবং পরিমাণে খুবই বেশি থাকে।

- 1.1–দ্বিপ্রতিস্থাপিত অণুবিন্যাসে সমাবয়ব হয় না, কিন্তু সাম্যাবস্থায় বৃহত্তর মূলকটি নিরক্ষীয় অবস্থায় থাকলে তা অধিকতর স্থায়ী হবে।
- 1.2–দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন সিস যৌগটি (a,e) বা (e,a) অণুবিন্যাসে থাকবে, যেদুটি পরস্পরের এনালিয়োমার। ট্রান্স যৌগটি (a,a) বা (e,e) চেয়ার অণুবিন্যাসে থাকবে। যেহেতু (e,e) চেয়ার অণুবিন্যাসের শক্তির মাত্রা (a, a) এর থেকে অনেক কম বলে এটি অধিকতর স্থায়ী এবং সাম্যাবস্থায় সবচেয়ে বেশি পরিমাণে থাকবে।
- 1.3–দ্বিপ্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন (a,a) ও (e,e) অণুবিন্যাসে সাম্যাবস্থায় থাকবে। যেহেতু (e,e) অণুবিন্যাসটি শক্তির মাত্রা (a,a) এর থেকে অনেক কম বলে সাম্যাবস্থায় (e,e) অণুবিন্যাসটি খুব বেশি পরিমাণে থাকবে। ট্রান্স যৌগটি (a,e) বা (e,a) রূপে থাকে, উভয়েই আলোকনিষ্ক্রিয় এবং সমশক্তিবিশিষ্ট হবে।
- 1.4–দ্বিপ্রতিস্থাপিত সিস যৌগটি (a,e) বা (e,a) রূপে সাম্যাবস্থায় সমান পরিমাণে থাকবে, কারণ এদের শক্তির মাত্রা সমান। প্রত্যেকটি আলোকনিষ্ক্রিয় কারণ সমমিত তল আছে। 1.4–ট্রান্স যৌগটি (a,a) বা (e,e) রূপে সাম্যাবস্থায় থাকবে, কিন্তু (a,a) রূপের শক্তি (e,e) থেকে অধিক হওয়ায় সাম্যাবস্থায় (e,e) রূপটি সর্বাধিক পরিমাণে থাকবে এবং (a,a) রূপটি নগণ্য পরিমাণে থাকবে।
- কাইরাল কার্বনবিহীন জৈব যৌগ কাইরাল অক্ষের উপস্থিতির জন্য আলোকসক্রিয় হয় অথবা বিজোড় সংখ্যক কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধ থাকার জন্য কিউমিউলিনস্ যৌগগুলি জ্যামিতিক সমাবয়বতা দেখায়।

10.8 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

- (1) সাইক্লোহেক্সেন অণুর একটি হাইড্রোজেন কোন পরমাণু বা মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে কোন অণুবিন্যাসটি অধিকতর স্থায়ী হবে এবং কেন? চেয়ার অণুবিন্যাসের সাহায্যে উত্তর দিন।
- (2) 1,2-ডাইমিথাইল সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার অণুবিন্যাস অঙ্কন করুন এবং দেখান কোন অণুবিন্যাসটি সবচেয়ে বেশি স্থায়ী। এই অণুবিন্যাসগুলির মধ্যে সিস-ট্রান্স অণুবিন্যাস চিহ্নিত করুন।
- (3) 1,3-ডাইব্রোমো সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার অণুবিন্যাসগুলি অঙ্কন করুন। কোন অণুবিন্যাসটি অধিকতর স্থায়ী এবং কোনটি সবচেয়ে কম স্থায়ী? কারণ উল্লেখ করুন।
- (4) ‘রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর অণুবিন্যাসের প্রভাবের ফলে বিক্রিয়ার গতি হ্রাস বা বৃদ্ধি হতে পারে’—উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে দিন। (অবশ্যই উদাহরণটি প্রতিস্থাপিত সাইক্লোহেক্সেন যৌগের বিক্রিয়া হতে হবে)।
- (5) নিচের যৌগদুটির মধ্যে কোনটি আলোকসক্রিয় সমাবয়ব দেবে তা উল্লেখ করে কারণ ব্যাখ্যা করুন।
 - (i) $\text{CH}(\text{Cl})=\text{C}=\text{CH}(\text{Cl})$
 - (ii) $\text{CH}(\text{Cl})=\text{C}=\text{C}=\text{CH}(\text{Cl})$
- (6) 1,2-ডাইব্রোমো সাইক্লোপেন্টেনের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব অঙ্কন করুন। দেখান যে একটি সমাবয়বের একজোড়া এনানসিওমার হতে পারে এবং অন্যটি মেসো যৌগ।

(7) নিচের অণুবিন্যাসগুলির মধ্যে কোনটি সিস ও কোনটি ট্রান্স চিহ্নিত করুন।



(8) প্রাসঙ্গিকতা উল্লেখ করে উদাহরণের সাহায্যে সাক্সি-মোর তত্ত্বটি বিশ্লেষণ করুন।

10.9 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

(i) ও (ii) 10.2 অংশ দেখুন।

(iii) বায়ার পীড়ন ও পিটজার পীড়নের যোগফলের উপর নির্ভর করে।

(iv) 10.2.1 ও 10.2.2 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী-2

(i) 1,3 ও 5 কার্বন তিনটি একটি তলে এবং 2, 4 ও 6 কার্বন তিনটি অন্য তলে অবস্থিত। তলদ্বয়ের দূরত্ব 50 pm।

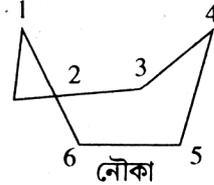
(ii) 10.4 দেখুন।

(iii) শক্তি বৃদ্ধির ক্রমানুসারে :

চেয়ার < মোচড়ান নৌকা < নৌকা < অর্ধচেয়ার

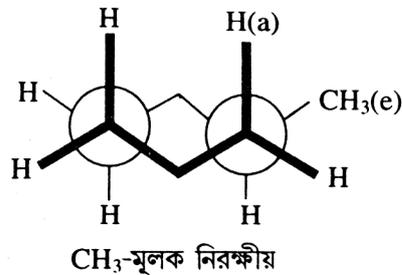
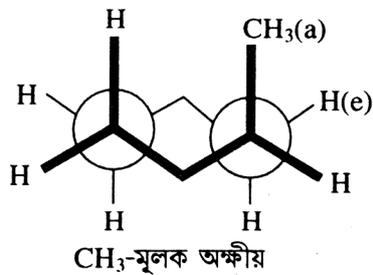
অনুশীলনী-3

(i) চেয়ার অণুবিন্যাস বলার কারণ হলো ছয়টি কার্বনের মধ্যে চারটি কার্বন মিলে (এখানে 2, 3, 5 ও 6) একটি চেয়ারে বসার স্থান কল্পনা করা হয়েছে। আর 1,2 ও 6 কার্বন তিনটি মিলে হেলান দেবার জায়গা এবং 3,4 ও 5 কার্বনগুলি পা রাখার জায়গা ভাবা যায়।



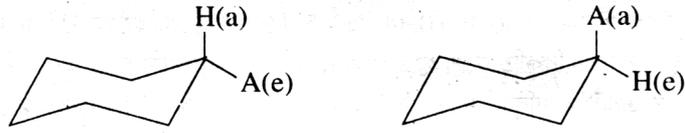
নৌকা কনফর্মেশনটিতে 2, 3, 5 ও 6 কার্বন চারটি মিলে নৌকার তলদেশ কল্পনা করা হয়েছে।

(ii)



সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1)

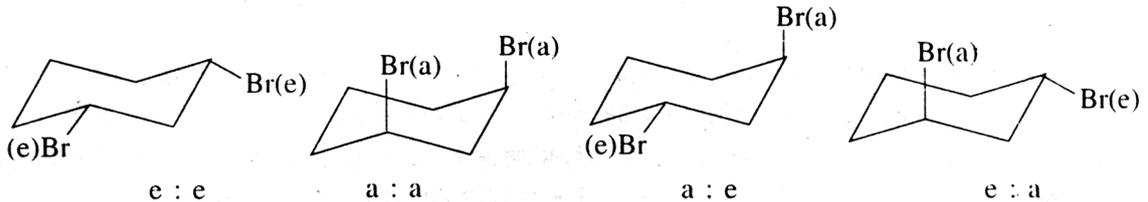


A = প্রতিস্থাপিত পরমাণু বা মূলক

নিরক্ষীয় (e) প্রতিস্থাপিত অণুটি অধিকতর স্থায়ী কারণ এটিতে ত্রিমাত্রিক বিন্যাস বাধা (1,3-interaction) থাকে না। অক্ষীয় (a) প্রতিস্থাপিত অণুতে এই বিন্যাস বাধা থাকে। তাই অক্ষীয় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত যৌগটির শক্তির মাত্রা বেশি হয় এবং স্থায়িত্ব কম হয়।

(2) 10.4.2 অংশ দেখুন।

(3) 1,3-ডাই-ব্রোমো সাইক্লোহেক্সেনের অণুবিন্যাস এরূপ



সিস্- $\left. \begin{array}{l} e : e \\ a : a \end{array} \right\}$

ট্রান্স- $\left. \begin{array}{l} a : e \\ e : a \end{array} \right\}$

সিস্-1:3 — a:a-অণুবিন্যাসটিতে দুটি ব্রোমিন অক্ষীয় হওয়ায় বন্ধনবিহীন 1:3 দ্বিঅক্ষীয় ক্রিয়া (1:3 diaxial interaction) সবচেয়ে বেশি। কিন্তু e:e অণুবিন্যাসটিতে এই বাধা সবচেয়ে কম।

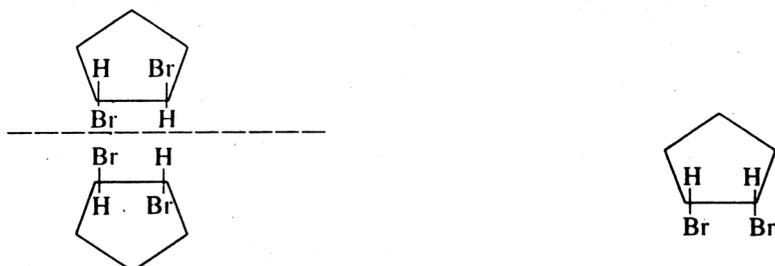
তাই 1:3 — e:e সিস্ অণুবিন্যাস অন্য অণুবিন্যাসগুলি অপেক্ষা বেশি স্থায়ী।

(4) 10.5 অংশ দেখুন।

(5) (1) আলোকসক্রিয় সমাবয়ব এবং (2) জ্যামিতিক সমাবয়ব দেবে।

ব্যাখ্যা—10.6.1 অংশ দেখুন।

(6)



একজোড়া ট্রান্স-এনানসিওমার

সিস্-মেসো

(7) (i) 1:2 ; e:e-ট্রান্স্

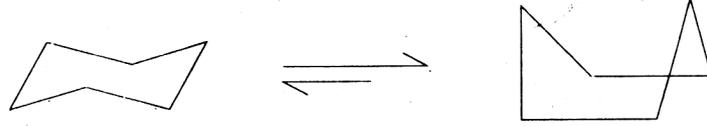
(ii) 1:2 ; e:a-সিস্

(iii) 1:3 ; a:a-সিস্

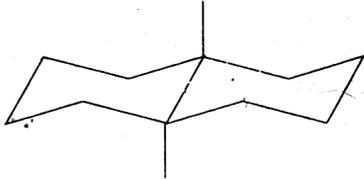
(iv) 1:3 ; a:e-ট্রান্স্

(৪) বায়র পীড়ন তত্ত্বে সাইক্লো-অ্যালকেনগুলিকে সমতলিক কল্পনা করা হয়েছিল। সাইক্লোপেন্টেন ও সাইক্লোহেক্সেনের কৌণিক পীড়ন যথাক্রমে $+0.44'$ ও $-5^{\circ}16'$ । সাইক্লোহেক্সেন থেকে ক্রমান্বয়ে উচ্চতর সাইক্লো-অ্যালকেনগুলির যোজক কোণের বিকৃতি বেশি হতে থাকবে। ফলে এদের স্থায়িত্ব কম হবে। কিন্তু বাস্তবে তা নয়। উচ্চতর সাইক্লোহেক্সেনগুলি প্রায় একই আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট মুক্তশৃঙ্খল অ্যালকেন যৌগগুলির মতই স্থায়। বায়র তত্ত্ব দিয়ে এর ব্যাখ্যা করা যায় না।

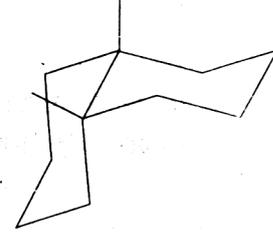
এর পরিপ্রেক্ষিতেই সাকসি (1890) তাঁর নতুন তত্ত্ব পেশ করেছিলেন। সাকসির তত্ত্ব অনুসারে সাইক্লোহেক্সেন অণু সামতলিক নয়। কার্বন পরমাণুগুলি ভিন্ন তলে অবস্থিত হয়ে নৌকা ও চেয়ার কনফরমেশনে অবস্থান করে। ফলে এতে কৌণিক পীড়ন থাকবে না।



সাকসির এই পীড়নহীন চক্রের তত্ত্ব (Theory of strainless rings) কিন্তু সহজে স্বীকৃতি পায়নি। কারণ সাইক্লোহেক্সেনের চেয়ার ও নৌকা অণুবিন্যাস দুটির পৃথক অস্তিত্ব সমবন্ধে কোনও প্রমাণ মেলেনি। মোর (1918) বলেছিলেন যে সাইক্লোহেক্সেনের নৌকা ও চেয়ার অণুবিন্যাস দুটি দ্রুত রূপান্তরিত হয়ে সাম্যাবস্থায় থাকে। কিন্তু ডেকালিনের ক্ষেত্রে এই রূপান্তর সম্ভব নয়। সিস ও ট্রান্স ডেকালিনের আলাদা অস্তিত্ব পরে প্রমাণিত হয়েছে।



(e:e)-ট্রান্স-ডেকালিন



(e:a)-সিস-ডেকালিন

একক 11 □ জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি (1)—প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

গঠন

- 11.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 11.2 বিকারকের প্রকৃতি
 - 11.2.1 নিউক্লিওফাইল
 - 11.2.2 ইলেকট্রোফাইল
 - 11.2.3 মুক্ত মূলক
- 11.3 প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ
- 11.4 সম্পৃক্ত কার্বনে এক-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
 - 11.4.1 S_N1 বিক্রিয়া প্রভাবিত হবার কারণসমূহ
 - বিক্রিয়কের প্রকৃতি
 - দ্রাবকের প্রভাব
 - নিউক্লিওফাইলের প্রভাব
 - প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণের প্রভাব
 - 11.4.2 S_N1' বিক্রিয়া
- 11.5 দ্বি-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N2)
 - 11.5.1 S_N2 বিক্রিয়া প্রভাবিত হবার কারণসমূহ
 - বিক্রিয়ক পদার্থের গঠন ও প্রকৃতি
 - নিউক্লিওফাইলের প্রকৃতি
 - বিদায়ী মূলকের প্রভাব
 - দ্রাবকের প্রভাব
 - প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণের প্রভাব
 - 11.5.2 S_N2' বিক্রিয়া
 - 11.5.3 আভ্যন্তরীণ নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_{N_i})

- 11.6 অসম্পৃক্ত কার্বনে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়া)
- 11.7 অ্যারোমেটিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
- 11.7.1 S_N1 অ্যারোমেটিক বিক্রিয়া
- 11.7.2 S_N2 অ্যারোমেটিক বিক্রিয়া (অপনয়ন-সংযোজন বিক্রিয়া)
- 11.8 অ্যারোমেটিক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
- 11.8.1 হাইড্রোজেন অপসারণের পর বেঞ্জিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
- 11.8.2 বেঞ্জিন বলয়ে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার কলাকৌশল
- নাইট্রেশন
- হ্যালোজিনেশন
- ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেশন ও অ্যাসাইলেশন
- সালফোনেশন
- 11.9 সারাংশ
- 11.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 11.11 উত্তরমালা

11.1 প্রস্তাবনা

জৈব যৌগের রসায়নে রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতি-প্রকৃতি সম্বন্ধে আলোচনা করতে গেলে বিক্রিয়াকারী পদার্থ এবং বিকারকের প্রকৃতি সম্বন্ধে সম্যক ধারণা থাকা প্রয়োজন। আমরা কী ধরনের বিক্রিয়ালব্ধ জৈব যৌগ পেতে চাই সেইদিকে লক্ষ্য রেখে প্রথমে বিক্রিয়ক নির্দিষ্ট করতে হবে। বিক্রিয়কের সঙ্গে কী ধরনের বিকারকের বিক্রিয়া ঘটালে আশানুরূপ ফল পাওয়া যাবে এ সম্বন্ধে সঠিক ধারণা থাকা অবশ্যই প্রয়োজন। বিক্রিয়ক এবং বিকারকের মনোনয়ন যদি ভুল হয়, তবে হয় বিক্রিয়াটি আদৌ ঘটবে না অথবা ঘটলেও বিক্রিয়াজাত পদার্থের উৎপাদনের শতকরা হার খুব কম হবে। পরীক্ষাগারে অথবা শিল্পে এই দূরদৃষ্টির বিশেষ প্রয়োজন।

জৈব রসায়নে বিভিন্ন ধরনের বিক্রিয়া ঘটতে পারে। যেমন—প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, সংযোজন বা যুত বিক্রিয়া এবং অপনয়ন বিক্রিয়া।

এই এককটিতে আমরা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোচনা করবো। সংযোজন বিক্রিয়া এবং অপনয়ন বিক্রিয়া একক 12-এ বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অ্যালিফ্যাটিক এবং অ্যারোমেটিক দুধরনের যৌগেই ঘটতে পারে। হেটারোসাইক্লিক যৌগে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এই এককটিতে আলোচনা করা হয়নি। যথাস্থানে এ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা করা হবে।

সাধারণ সম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক যৌগের সঙ্গে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং অ্যারোমেটিক যৌগের বেঞ্জিন বলয়ে বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটতে দেখা যায়।

আবার কখনও সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়া অথবা অপনয়ন-সংযোজন বিক্রিয়ার সাহায্যেও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটান হয়।

এছাড়াও জৈব যৌগে মুক্ত মূলক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হতে পারে। এই এককটিতে তিনধরনের বিক্রিয়াই আলোচনা করা হয়েছে।

উপরের আলোচনা থেকে আপনি নিশ্চয়ই ধারণা করতে পেরেছেন যে, প্রধানত তিন ধরনের বিকারকের সঙ্গেই জৈব যৌগের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হতে পারে। এই বিকারকগুলি হল : নিউক্লিওফাইল, ইলেকট্রোফাইল এবং মুক্ত মূলক। বিকারকের প্রকৃতি উদাহরণসহ এই একক আলোচনা করা হয়েছে।

উদ্দেশ্য

এই এককটি অধ্যয়নের পর আপনি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্বন্ধে বিশদ ধারণা করতে পারবেন—

- জৈব বিক্রিয়ার সাধারণ শ্রেণীবিভাগ করতে পারবেন।
- নিউক্লিওফাইল, ইলেকট্রোফাইল, মুক্ত মূলকের সংজ্ঞা ও উদাহরণ নির্দেশ করতে পারবেন।
- নিউক্লিওফাইলের সঙ্গে ক্ষারক ও নিউক্লিওফিলিসিটির সঙ্গে ক্ষারকীয়তার পার্থক্য বুঝিয়ে দিতে পারবেন।
- প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ অর্থাৎ S_N1 , S_N2 , S_Ni বিক্রিয়ার উদাহরণ এবং বিক্রিয়াগুলির ক্রিয়া-কৌশল সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন।
- অ্যারোমেটিক যৌগের বেঞ্জিন বলয়ে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া কেন সহজে হয় এবং বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে নিউক্লিওফিলিক (S_NAr) বিক্রিয়াও ঘটতে পারে—এর কারণ কী— এই বিষয়গুলি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- সংযোজন-অপনয়ন এবং অপনয়ন-সংযোজন বিক্রিয়া বলতে কী বোঝায় এবং কোন কোন ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়াগুলি ঘটে তা নির্দেশ করতে পারবেন।
- মুক্ত মূলকের প্রস্তুতি এবং মুক্ত মূলকের সাহায্যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনা করতে পারবেন।

11.2 বিকারকের প্রকৃতি

বিভিন্ন ধরনের বিকারক জৈব বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এই বিকারকগুলির শ্রেণীবিভাগ দেখান হল। ক্ষণস্থায়ী নিউক্লিওফাইল এবং ইলেকট্রোফাইল জৈব বিক্রিয়ার সময় বিক্রিয়াস্থলেই উৎপন্ন হয়।

11.2.1 নিউক্লিওফাইল :

যে সমস্ত পরমাণু বা মূলক অপরাতিং বহন করে অ্যানায়নে পরিণত হয় তাদের নিউক্লিওফাইল বলে। শুধু অ্যানায়নই নয়, যে সকল তড়িৎ উদাসীন অণুর কোন পরমাণুতে এক বা একাধিক অব্যবহৃত ইলেকট্রন জোড় আছে তারাও নিউক্লিওফাইল। নিউক্লিওফাইল শব্দটি এসেছে নিউক্লিয়াস লাভিং (nucleus loving) কথা থেকে। নিউক্লিওফাইলের কিছু উদাহরণ দেওয়া হল।

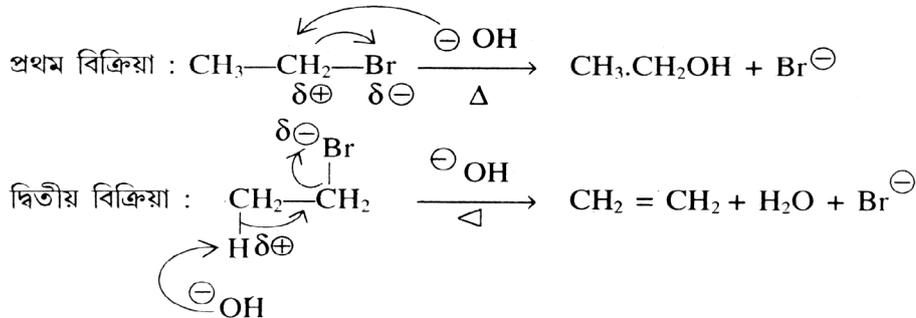
অ্যানায়নিক নিউক্লিওফাইল	তড়িৎ উদাসীন বা প্রশম নিউক্লিওফাইল
$H^{\ominus}, R^{\ominus}, ^{\ominus}CN, R-C \equiv C^{\ominus},$	$:NH_3, RNH_2,$
$^{\ominus}NH_2, ^{\ominus}OH, R-O^{\ominus},$	$H_2O:, R-OH,$
$R-\overset{O}{\parallel}C-O^{\ominus}, HS^{\ominus},$	$R-\ddot{S}H, RMgX$
X^{\ominus} ইত্যাদি।	ইত্যাদি।

উপরের আলোচনা থেকে ইহা পরিষ্কার যে নিউক্লিওফাইলের একটি পরমাণুতে ইলেকট্রনের আধিক্য আছে। তাই এগুলি ক্ষারকের ভূমিকাও পালন করতে পারে।

আবার কোন বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন যুক্ত হওয়াকে বিজারণ বলে। সুতরাং নিউক্লিওফাইল বিজারক হিসাবেও কাজ করে।

নিউক্লিওফাইল এবং ক্ষারক :

কখন একটি বিকারক নিউক্লিওফাইল এবং কখন ক্ষারক হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে? নিচে উল্লেখিত দুটি বিক্রিয়াকে উদাহরণ হিসাবে নেওয়া যেতে পারে।



প্রথম বিক্রিয়ায় $\ominus\text{OH}$ আংশিক পরাতড়িৎ বহনকারী কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে Br^{\ominus} অপসারণ করেছে। এটি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে $\ominus\text{OH}$ নিউক্লিওফাইল।

আবার দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় $\ominus\text{OH}$ আল্লিক হাইড্রোজেন (H^{\oplus}) অপসারণ করে অপনয়ন বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করেছে (এক অণু HB_1 অপনিত হয়েছে)। এই বিক্রিয়ায় $\ominus\text{OH}$ ক্ষারক।

সুতরাং যে সকল জৈব বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইল আল্লিক হাইড্রোজেন অপসারণ করে তখন ঐ নিউক্লিওফাইলকে ক্ষারক বল।

ক্ষারকীয়তা ও নিউক্লিওফিলিসিটি :

কোন বিকারকের ক্ষারকীয়তা বলতে আমরা বুঝি এই বিকারকটি অম্ল-ক্ষারক বিক্রিয়াতে প্রোটন গ্রহণ করতে কতটা সক্ষম। অর্থাৎ প্রোটন গ্রহণ করার দক্ষতাই ক্ষারকীয়তার মাপকাঠি।

কোন নিউক্লিওফাইলের তুলনামূলক শক্তি নিউক্লিওফিলিসিটির সাহায্যে মাপা হয়।

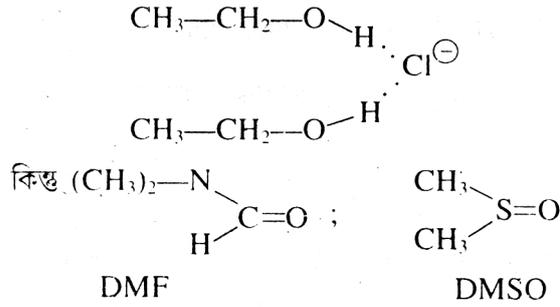
নিউক্লিওফাইলের ক্ষমতা বিভিন্ন কারণের উপর নির্ভরশীল। যেমন, ইলেকট্রনদানকারী পরমাণুর প্রকৃতি, পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান, আকৃতি, পোলারাইজেবিলিটি, দ্রাবকের প্রকৃতি ইত্যাদি। কিছু বিকারকের নিউক্লিওফিলিসিটির তুলনা করা হল।

$\text{HO}^{\ominus} > \text{F}^{\ominus}$	অক্সিজেনের তুলনাং 'F' অধিক অপরাতড়িৎধর্মী। তাই F^{\ominus} -এর ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা অক্সিজেনের তুলনায় কম।
$\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O} > \text{HF}:$ $\text{R}_2\text{CH}^{\ominus} > \text{R}_2\text{N}^{\ominus} > \text{RO}^{\ominus} > \text{F}^{\ominus}$	ইলেকট্রনজোড় যুক্ত পরমাণুগুলি একই পর্যায়ের অন্তর্ভুক্ত। এদের অপরাতড়িৎধর্মিতা : $\text{F} > \text{O} > \text{N} > \text{C}$
$\text{R}-\text{O}^{\ominus} > \text{OH}$	$\oplus \text{I}$ এফেক্টের জন্য ; এক্ষেত্রে অ্যালকিল মূলক (R) অক্সিজেনকে ইলেকট্রন দান করে। তাই অক্সিজেন পরমাণুর ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।
$\text{I}^{\ominus} > \text{Br}^{\ominus} > \text{Cl}^{\ominus} > \text{F}^{\ominus}$	একই শ্রেণীতে অবস্থিত। F থেকে I পরমাণুর পোলারাইজেবিলিটি বৃদ্ধি পায়।

এছাড়া কোন অ্যানায়নের নিউক্লিওফিলিসিটি দ্রাবকের জন্য কীভাবে প্রভাবিত হয় তা একটি উদাহরণের সাহায্যে বুঝান হল।

Cl^{\ominus} ইথানল দ্রবণে দুর্বল নিউক্লিওফাইল। কিন্তু DMF বা DMSO দ্রবণে Cl^{\ominus} -এর নিউক্লিওফিলিসিটি

বৃদ্ধি পায়। এর কারণ, ইথানল প্রোটিন দ্রাবক। ক্লোরাইড আয়নকে (Cl^{\ominus}) হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা দ্রবীভূত করে রাখে। কিন্তু DMF বা DMSO প্রোটিন দ্রাবক নয়। তাই মুক্ত Cl^{\ominus} সহজেই নিউক্লিওফাইল হিসাবে বিক্রিয়া করে।

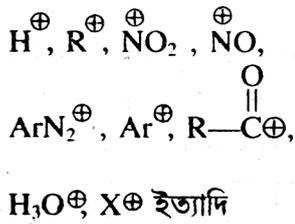


এই দুটি দ্রাবকের কোনটির সঙ্গেই Cl^{\ominus} এর হাইড্রোজেন বন্ধন ঘটবে না।

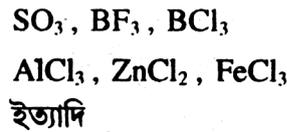
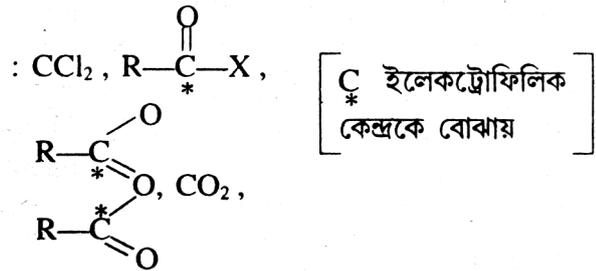
11.2.2 ইলেকট্রোফাইল :

যে সকল পরমাণু বা মূলক ইলেকট্রন বর্জন করে পরাতড়িৎযুক্ত ক্যাটায়নে পরিণত হয় তাদের ইলেকট্রোফাইল বলে। ক্যাটায়ন ছাড়াও তড়িৎউদাসীন ইলেকট্রোফাইল বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। নিউক্লিওফাইলের মতই ক্যাটায়নিক ইলেকট্রোফাইল ক্ষণস্থায়ী। যে বিক্রিয়াকেন্দ্রে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বেশি ইলেকট্রোফাইল সেখানেই বন্ধন রচনা করে। অর্থাৎ ইলেকট্রোফাইল 'ইলেকট্রন লাভিৎ' (Electron loving)। ইলেকট্রন গ্রহণ করে বলে এদের অম্ল বলা হয়। ইলেকট্রোফাইলের কিছু উদাহরণ দেওয়া হল।

ক্যাটায়নিক ইলেকট্রোফাইল



প্রশম ইলেকট্রোফাইল



11.2.3 মুক্ত মূলক :

যে সকল পরমাণু বা পরমাণুসমষ্টি সরাসরি বা অন্যভাবে অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বা অন্য কোন অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বা অন্য কোন মৌলিক উপাদানের মুক্ত মূলক বলে। মুক্ত মূলক বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই অস্থায়ী। কিন্তু কখনও কখনও মুক্ত মূলক স্থায়ী হয়। মুক্ত মূলকের বৈশিষ্ট্য হল, এরা নিজেদের ইলেকট্রন দান করে। উদাহরণ :

মুক্ত মূলক পরমাণু	মুক্ত মূলক পরমাণুসমষ্টি
H^+ , Cl^+ , Br^+	RCH_2^+ , R_2C^+ , $\dot{C}H_2^+$
Ag^+ , Na^+ , $\overset{\ominus}{O} = \overset{\ominus}{O}$ (অক্সিডাইজেশন)	R_2C^{\ominus} , $\dot{C}H_2^{\ominus}$, PCl_4^+
ইথানি	Ar^+ ইথানি

অনুশীলনী :

- (1) নিচের বিক্রিয়াকর্মণের মধ্যে কোনটি ইলেকট্রোফিলিক, কোনটি নিউক্লিওফিলিক এবং কোনটি মুক্ত মূলক? ব্যক্তিক্রমে উত্তর লিখুন।



- (2) নিচের উত্তরে বঙ্গ বিক্রিয়াকর্মণের মধ্যে কোনটি আয়নিক এবং কোনটি মুক্ত মূলক বিক্রিয়াকর্মণ? কারণ উত্তরে লক্ষ্য করুন।



(3) লিখক উত্তর দিও :

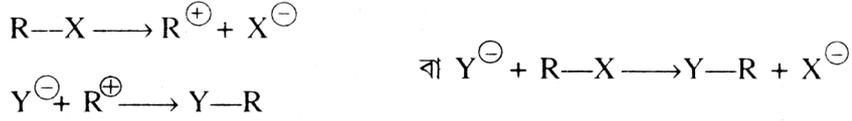
- (i) R_2N^{\oplus} এবং HO^{\ominus} -এর মধ্যে কোনটি বেশি নিউক্লিওফিলিক?

- (ii) Cl^{\ominus} , Br^{\ominus} এবং I^{\ominus} আয়নগুলির মধ্যে কোনটির নোন্সোলভেইজেশন সফটবে বেশি?

- (iii) $\overset{\ominus}{C}H_3$, $\overset{\ominus}{C}H_2$ এবং $\overset{\ominus}{C}(CH_3)_2$ -এর মধ্যে কোনটির আয়নীয়তা সফটবে বেশি এবং কেন?

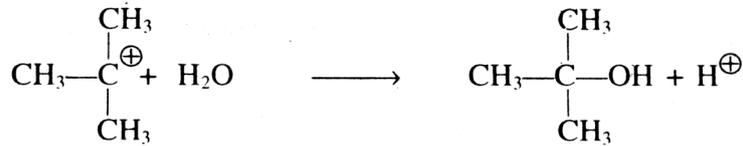
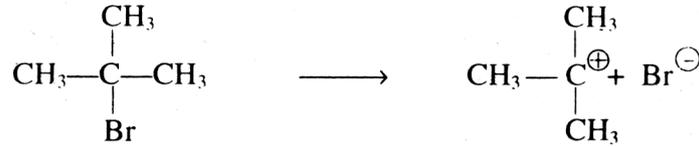
11.3 প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ

(1) নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া [S_N বিক্রিয়া—Substitution nucleophilic]

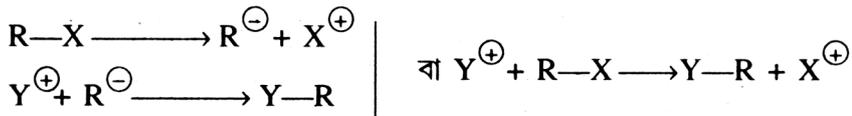


এ ধরনের বিক্রিয়ায় R ও X এর মধ্যে আধান পৃথকীকরণের জন্য Y^{\ominus} নিউক্লিওফাইল দ্বারা X^{\ominus} প্রতিস্থাপিত হয়। এখানে R মূলকের বিক্রিয়াকেন্দ্রে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় এবং X^{\ominus} গঠিত হয় বলে এটি হেটারোলাইটিক বিভাজন বিক্রিয়া।

উদাহরণ : 2-ব্রোমো-2-মিথাইলপ্রোপেনের আর্দ্রবিশ্লেষণ :

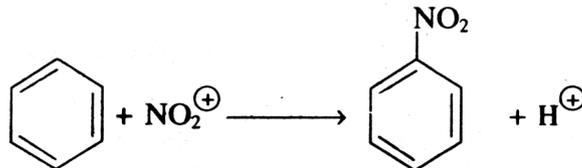


(2) ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া [S_E বিক্রিয়া—Substitution electrophilic]



এই বিক্রিয়া সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগে বেশি দেখা যায়।

উদাহরণ :

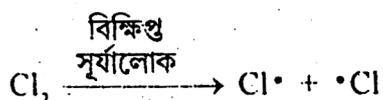


এখানে নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^{\oplus}) একটি ইলেকট্রোফাইল।

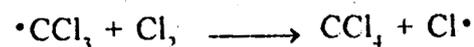
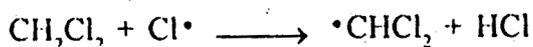
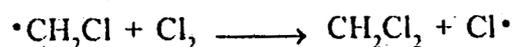
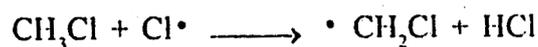
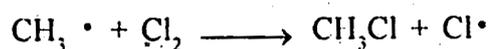
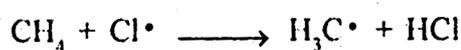
(3) মুক্ত মূলক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :

আগেই বলা হয়েছে বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত পরমাণু বা মূলকই মুক্ত মূলক। যৌগ বা মৌল থেকে মুক্ত মূলক উৎপন্ন করার জন্য সাধারণত সূর্যালোক, তেজস্ক্রিয় রশ্মির বিকিরণ বা তাপের সাহায্যে লওয়া হয়। একটি বহুল প্রচারিত বিক্রিয়া— যথা মিথেনের ক্লোরিনেশন। এখানে সবিস্তারে আলোচনা করা হল যা তিনটি ধাপে ঘটে।

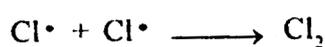
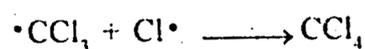
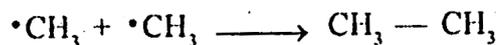
প্রথম ধাপ : এই ধাপে বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকের প্রভাবে মুক্ত মূলক তৈরি হয়।



দ্বিতীয় ধাপ : এই ধাপে প্রথমে উৎপন্ন মুক্ত মূলক দিয়ে আরও মুক্ত মূলক তৈরি হয়।

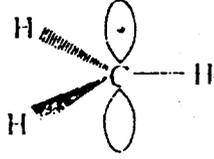


তৃতীয় ধাপ : এই ধাপে মুক্ত মূলক গঠন বন্ধ হয়।

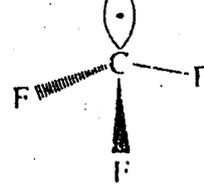


সুতরাং মুক্ত মূলক বিক্রিয়ায় অনেকগুলি যৌগ উৎপন্ন হয়। মুক্ত মূলকের মধ্যে কার্বনঘটিত মূলকটির গঠন

সমতলীয় ত্রিভুজ বা পিরামিড আকৃতির হতে পারে। কোনটি হবে তা কার্বনের সঙ্গে যুক্ত মূলকগুলির উপর নির্ভর করে। যেমন, $\cdot\text{CH}_2$ -এর গঠন সমতলীয় ত্রিভুজ। আবার $\cdot\text{CF}_3$ -এর গঠন পিরামিডের মত।

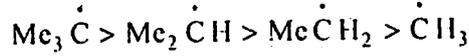


সমতলীয় ত্রিভুজাকৃতি মিথাইল মুক্ত মূলক



পিরামিডাকৃতি ট্রাইফ্লোরো মিথাইল মুক্ত মূলক

মুক্ত মূলকগুলির সুস্থিরতা হাইপারকঞ্জুগেশন (বন্ধনহীন রেজোন্যান্স) দ্বারা নির্দেশিত হয়। অর্থাৎ,

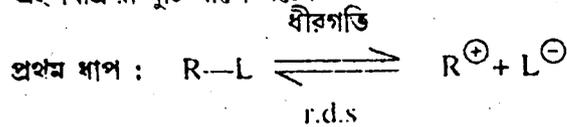


বন্ধনহীন রেজোন্যান্স যে মূলকের যত বেশি সেটিই তত বেশি সুস্থির।

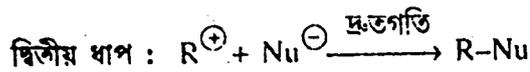
11.4 সম্পৃক্ত (Sp^3) কার্বনে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়া

(1) এক-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ($\text{S}_{\text{N}}1$ বিক্রিয়া—Substitution nucleophilic unimolecular) : যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইল প্রতিস্থাপক হিসাবে কাজ করে এবং বিক্রিয়ার হার শুধুমাত্র বিক্রিয়কের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে, তাকেই $\text{S}_{\text{N}}1$ বিক্রিয়া বলে।

এই বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে।

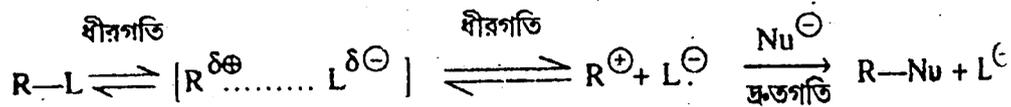


এখানে L^{\ominus} = বিদায়ী নিউক্লিওফাইল
এবং R^{\oplus} = কার্বোক্যাটায়ন
r.d.s. = rate determining step



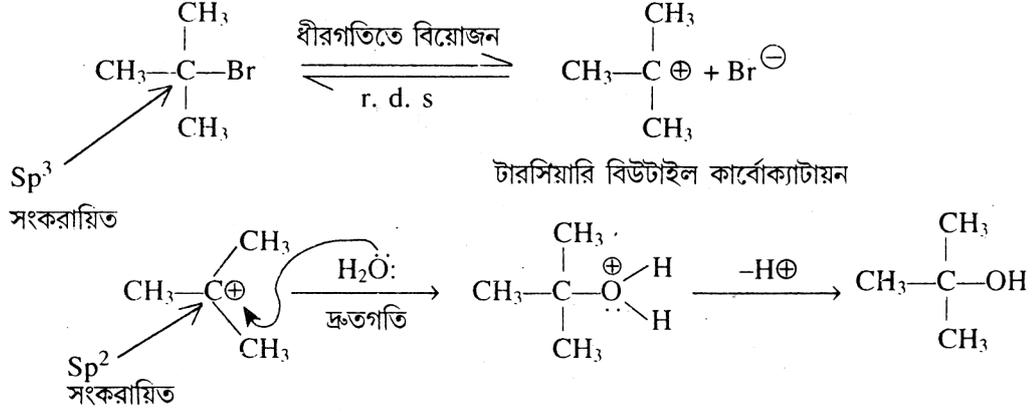
এই ধাপে আগমনকারী নিউক্লিওফাইলের সঙ্গে কার্বোক্যাটায়নের দ্রুত বিক্রিয়া হয়।

এই বিক্রিয়ার পরিবৃত্তি দশা (Transition state) সংক্ষেপে T.S. সহ পুরো বিক্রিয়াটিকে এইভাবে দেখান যায়।

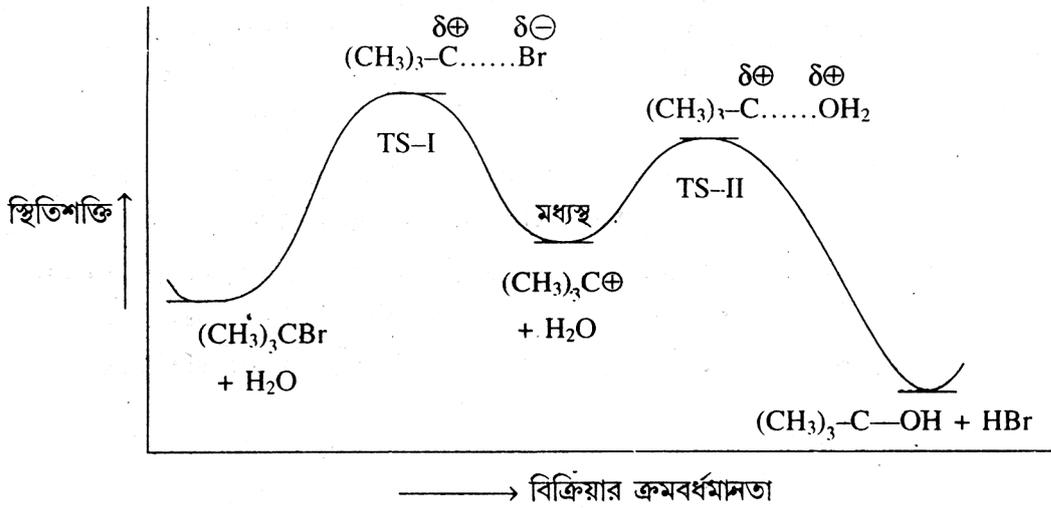


যেহেতু বিক্রিয়ার হার ধীরতম গতির দশা মাপা হয়, তাই এই বিক্রিয়ার হার = $k[\text{R}-\text{L}]$ অর্থাৎ এটি শুধু বিক্রিয়কের মোলার গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে, নিউক্লিওফাইলের উপর নয়।

টারসিয়ারি বিউটাইল ব্রোমাইডের আদ্রবিশ্লেষণ অ্যালিফ্যাটিক যৌগের S_N1 বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ হিসাবে লওয়া হল। এই বিক্রিয়ার লেখচিত্রের প্রকৃতিও বিশ্লেষণ করা হল।



টারসিয়ারি বিউটাইল ব্রোমাইড ও জলের S_N1 বিক্রিয়ার লেখচিত্র নিচে দেখান হল।



এই লেখচিত্রের বৈশিষ্ট্যগুলি হল :

(i) বিক্রিয়াকারী পদার্থের স্থিতিশক্তি অপেক্ষা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের স্থিতিশক্তি কম। তাই বিক্রিয়াটি বাঁদিক থেকে ডানদিকে ঘটবে। অর্থাৎ টারসিয়ারি বিউটাইল ব্রোমাইড টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহলে রূপান্তরিত হবে।

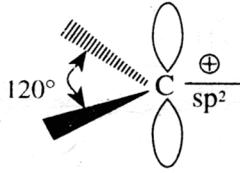
(ii) TS-I-এর উচ্চতা TS-II-এর উচ্চতা অপেক্ষা বেশি। তাই TS-II তুলনামূলকভাবে TS-I থেকে বেশি সুস্থির।

(iii) বিক্রিয়াটিতে মধ্যস্থ (intermediate) উৎপন্ন হয়। যে সকল বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে সে সকল বিক্রিয়ার দুটি TS এবং একটি মধ্যস্থ হবে। এখানে মধ্যস্থ $(\text{CH}_3)_3\text{C}^{\oplus}$ ।

(iv) TS অপেক্ষা মধ্যস্থের আভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal energy) কম। তাই মধ্যস্থের স্থায়িত্ব TS-I অথবা TS-II অপেক্ষা বেশি।

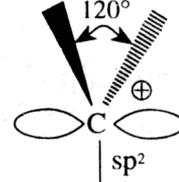
(v) TS-কে সংগ্রহ (isolate) করা যায় না কিন্তু মধ্যস্থকে সংগ্রহ করা সম্ভব।

S_N1 বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের যে কার্বনে প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ঘটেছে সেটি সম্পৃক্ত অর্থাৎ sp^3 সংকরায়িত। কিন্তু উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নটি sp^2 সংকরায়িত, ফলে কার্বোক্যাটায়নের কার্বন এবং কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তিনটি বন্ধন একই সমতলে অবস্থিত। কার্বনের ফাঁকা p-কক্ষকটি ঐ তলের সঙ্গে উল্লম্বভাবে (90° কোণে) যুক্ত থাকে।



চিত্র (1)

কার্বোক্যাটায়নের কার্বন এবং কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তিনটি বন্ধন কাগজের তলে অবস্থিত ; p-কক্ষকটি লম্বভাবে কাগজের উপরে ও নিচে অবস্থিত। চিত্র (1)

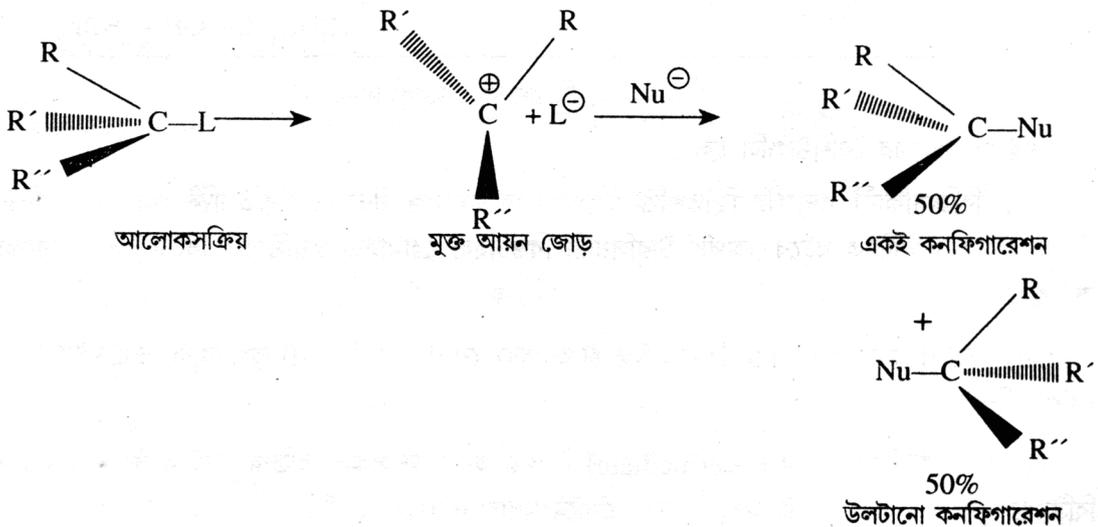


চিত্র (2)

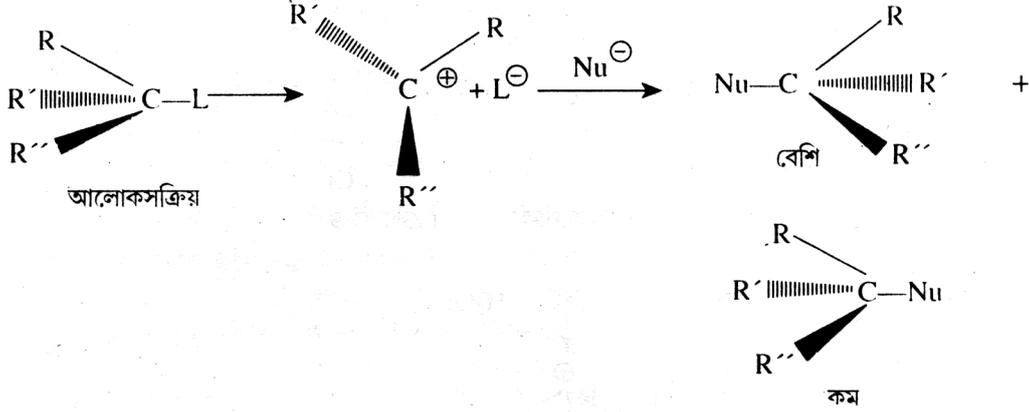
কার্বোক্যাটায়নের কার্বন এবং কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তিনটি বন্ধন তিনটি কাগজের উল্লম্ব তলে অবস্থিত। p-কক্ষকটি লম্বভাবে কাগজের তলে ডান ও বাঁদিকে দেখান হয়েছে। চিত্র (2)

কার্বোক্যাটায়নের কার্বনটি অপ্রতিসম কার্বন হলে নিউক্লিওফাইল p-কক্ষকের সঙ্গে উপরে বা নিচে যুক্ত হতে পারে। (সম্ভাবনা 50%)। ফলে sp^2 কার্বন আবার sp^3 কার্বনে সংকরায়িত হবে।

আবার নিউক্লিওফাইল p-কক্ষকের ডান বা বাঁদিকেও যুক্ত হতে পারে। এখানেও সম্ভাবনা 50%। এর ফলে উৎপন্ন পদার্থ 50% একই কনফিগারেশন এবং 50% উলটানো কনফিগারেশন হবে। অর্থাৎ কাইরাল বা আলোকসক্রিয় বিক্রিয়াকারী পদার্থটি রেসেমিক মিশ্রণে পরিণত হবে এবং বিক্রিয়কের আলোকসক্রিয়তা থাকবে না।



অনেকসময় দেখা যায় যে, পরিবৃদ্ধি দশায় যে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় তার স্থায়িত্ব অত্যন্ত কম। সেসব ক্ষেত্রে কার্বোক্যাটায়ন সম্পূর্ণ মুক্ত অবস্থায় থাকে না; আংশিক মুক্ত অবস্থায় থাকে। অর্থাৎ বিদায়ী মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়াকেন্দ্রের কার্বনের সঙ্গে বন্ধন পুরোপুরি ছিন্ন হয় না। ফলে সেসব ক্ষেত্রে মিশ্রণে উলটানো কনফিগারেশনের পরিমাণ বেশি এবং মিশ্রণের আলোকসক্রিয়তা পুরোপুরি নষ্ট হয় না।

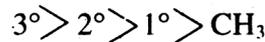


মিশ্রণে এনাল্টিয়োমার দুটির শতকরা পরিমাণ কত হলে তা আলোকসক্রিয় বিক্রিয়কের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

11.4.1 S_N1 বিক্রিয়া প্রভাবিত হবার কারণসমূহ :

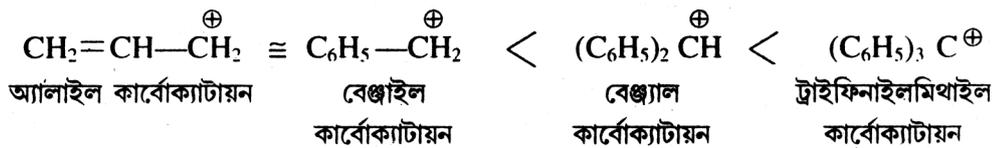
(1) বিক্রিয়কের প্রকৃতি : S_N1 বিক্রিয়ার অ্যাকটিভেশন শক্তি (activation energy) যত কম লাগে বিক্রিয়ার হার তত ত্বরান্বিত হয়। অর্থাৎ পরিবৃদ্ধি দশার কার্বোক্যাটায়ন তত সুস্থির হয়। আপনি জানেন যে কার্বোক্যাটায়নের সুস্থিরতা ইনডাকটিভ এফেক্ট, রেজোন্যান্স এফেক্ট-এবং হাইপার-কনজুগেটিভ এফেক্ট-এর উপর নির্ভর করে।

অ্যালকিল মূলকের ইলেকট্রন প্রদানকারী ইনডাকটিভ এফেক্ট [⊕ I এফেক্ট] ব্যবহার করে কার্বোক্যাটায়নের আপেক্ষিক সুস্থিরতা ব্যাখ্যা করা যায়। যত বেশি ⊕ I এফেক্ট যুক্ত অ্যালকিল মূলক পরাতড়িৎ আধানবাহী কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে তত বেশি কার্বোক্যাটায়নের সুস্থিরতা বাড়ে। যেমন—

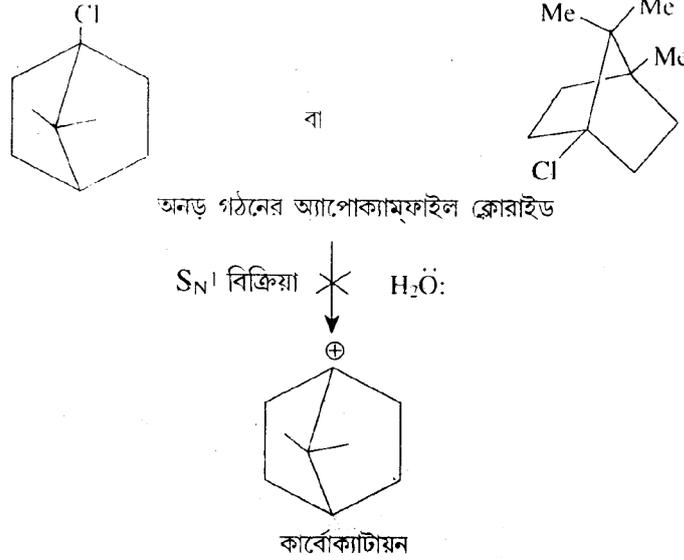


কার্বোক্যাটায়নের তুলনামূলক সুস্থিরতা হাইপারকনজুগেশনের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় [পর্যায় (1) : একক (2)-এর 2.3-তে দেখুন]।

ফিনাইল বা অ্যারাইল মূলকের সঙ্গে যুক্ত কার্বোক্যাটায়নের সুস্থিরতায় রেজোন্যান্সের প্রভাব লক্ষণীয়। যেমন, নিচের কার্বোক্যাটায়নগুলির ক্রমবর্ধমান সুস্থিরতা



সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, S_N1 বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ইন্ডাকটিভ, রেজোন্যান্স ও হাইপার কন্জুগেটিভ এফেক্ট-এর উল্লেখযোগ্য ভূমিকা আছে। বিক্রিয়কের গঠন-বৈচিত্রের জন্য S_N1 বিক্রিয়া বাধাপ্রাপ্ত হয়। যেমন, অ্যাপোক্যাম্ফাইল ক্লোরাইডের মত অনড় গঠনের যৌগ সহজে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না। কারণ কার্বোক্যাটায়নটির সুস্থিরতার জন্য যে সমতলীয় গঠন প্রয়োজন এ ধরনের যৌগ তা করতে পারে না। তাই S_N1 বিক্রিয়াও হয় না।



(2) **দ্রাবকের প্রভাব :** দ্রাবকের ধ্রুবীয়তা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে S_N1 বিক্রিয়ার হারও দ্রুততর হয়। কারণ ধ্রুবীয়তা বৃদ্ধিতে দ্রাবকের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক বৃদ্ধি পায়। ফলে কার্বোক্যাটায়নকে দ্রাবকবেষ্টিত (solvate) করার ক্ষমতাও বাড়ে। সুতরাং H_2O , $R-OH$, CH_3COOH ইত্যাদি পোলার হাইড্রোফিলিক দ্রাবকগুলি S_N1 বিক্রিয়ার পক্ষে ভাল। এদের ঋণাত্মক মেরু কার্বোক্যাটায়নের আধান দ্বারা আকর্ষিত হওয়ায় দ্রাবক বেষ্টিত করার ক্ষমতা বেশি হয়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বন্ধনও উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নেয়।



আয়ন দ্রাবক আকর্ষণ

সুতরাং অধ্রুবীয়, অহাইড্রক্সিলিক দ্রাবকে S_N1 বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত করে।

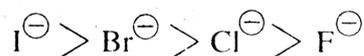
(3) **নিউক্লিওফাইল-এর প্রভাব :** যেহেতু S_N1 বিক্রিয়ায় আগমনকারী নিউক্লিওফাইল পরিবৃতি দশার সঙ্গে যুক্ত হওয়ার দ্বিতীয় ধাপের ওপর বিক্রিয়ার হার নির্ভর করে না, সেহেতু এর প্রকৃতি বা গাঢ়ত্ব কোনটাই S_N1 বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করতে পারে না।

(4) **বিদায়ী মূলকের প্রভাব :** বিদায়ী মূলকের সক্রিয়তা বোঝার জন্য এর ক্ষারকীয়তা ও আবেশীয় ধ্রুবীয়তা প্রাপ্ত হওয়ার ক্ষমতা দেখা হয়।

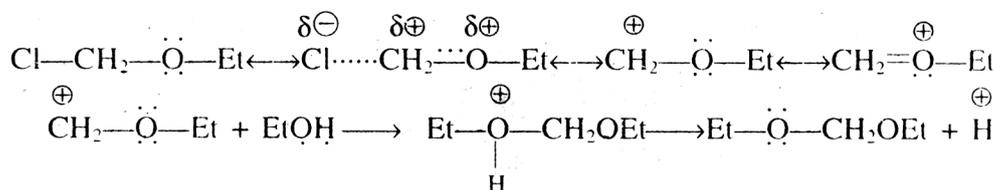
যে মূলকের ক্ষারকীয়তা যত কম সেটি তত ভাল বিদায়ী মূলক হয়।



যে মূলকের আবেশীয় ধ্রুবীয়তা প্রাপ্ত করার ক্ষমতা যত বেশি সে তত সক্রিয় বিদায়ী মূলক হয়—



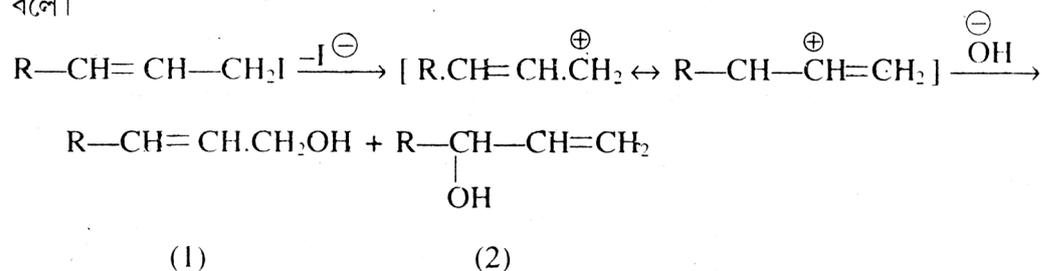
(5) প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণের প্রভাব : যদি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় দ্বিতীয় কোন মূলক বিক্রিয়াকে উপস্থিত থাকে এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তবে ঐ বিক্রিয়াকে প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণ বিক্রিয়া বলে। অনেকসময় এর ফলে বিক্রিয়ার হার ও পথ দুইই পরিবর্তিত হয়। যেমন, 1° হ্যালাইড S_N2 বিক্রিয়া দেখায়; S_N1 বিক্রিয়ার হার খুব কম। কিন্তু EtOH দ্রাবকে ClCH₂OEt অত্যন্ত দ্রুত S_N1 বিক্রিয়া করে কারণ Cl⁻ আয়ন অপনিত হয়ে কার্বোক্যাটায়ন গঠিত হয়।



সাধারণত দ্বিতীয় কার্যকরী মূলকের উপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় এধরনের প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণ করতে প্রয়োজন হয়।

11.4.2 S_N1' বিক্রিয়া :

আলাইলিক ($\text{—}\overset{\text{—}}{\text{C}}\text{—CH=CH}_2$) পুনর্বিন্যাস সহযোগে যে S_N1 বিক্রিয়া ঘটে তাকে S_N1' বিক্রিয়া বলে।



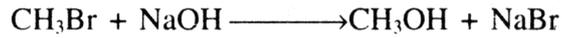
(1) এবং (2) যথাক্রমে S_N1 ও S_N1' বিক্রিয়াজাত যৌগ।

অনুশীলনী 2

- S_N1 বিক্রিয়া বলতে কী বুঝায়? একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- S_N1 বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে এমন তিনটি কারণ উল্লেখ করুন।
- পরিবৃদ্ধি দশা এবং মধ্যস্থ— এই দুটির মধ্যে কোনটি বেশি সুস্থির? কারণ উল্লেখ করুন।
- টারসিয়ারি বিউটাইল ক্লোরাইডের আর্দ্রবিলেপনে পরিবৃদ্ধি দশা (TS) এবং মধ্যস্থ চিহ্নিত করুন।

11.5 দ্বি-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N2)

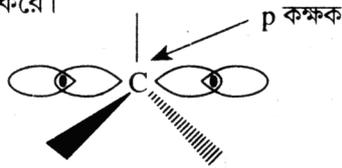
যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় কোন বিক্রিয়কের সঙ্গে নিউক্লিওফাইলের বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইল প্রতিস্থাপক হিসেবে কাজ করে এবং বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ক ও নিউক্লিওফাইল উভয়ের গাঢ়ত্বের উপরই নির্ভর করে, তাকে দ্বি-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N2) বলে। যেমন :



এই বিক্রিয়ার হার = $K [\text{CH}_3\text{Br}] [\text{OH}]^\ominus$

অর্থাৎ এই বিক্রিয়ার পরিবৃদ্ধি দশায় উভয়েই অংশগ্রহণ করে।

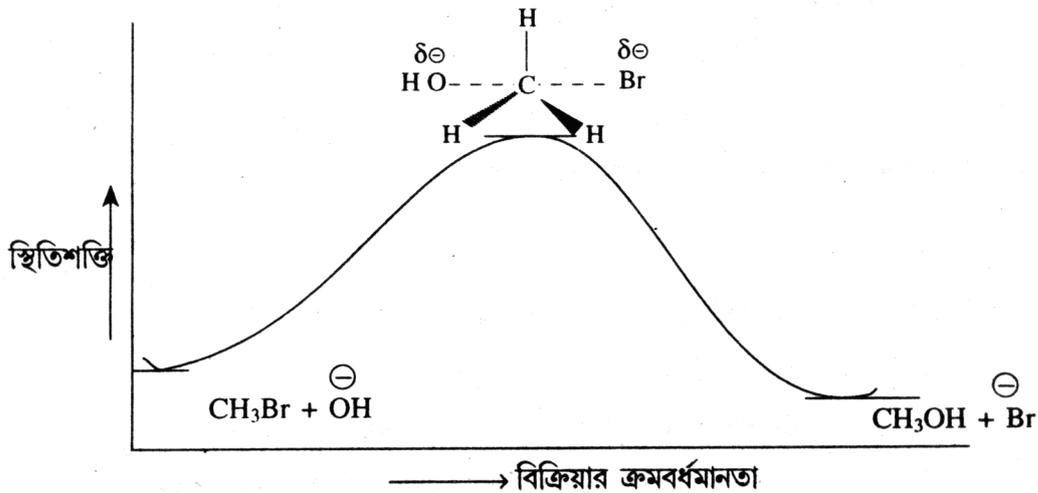
এই বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইল বিদায়ী মূলকের বিপরীত দিক থেকে বিক্রিয়কের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং p-কক্ষক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।



সুতরাং এই বিক্রিয়াকে নিম্নলিখিতভাবে দেখানো যায়।



মিথাইল ব্রোমাইড এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের S_N2 বিক্রিয়ার লেখচিত্র নিচে দেখান হল।



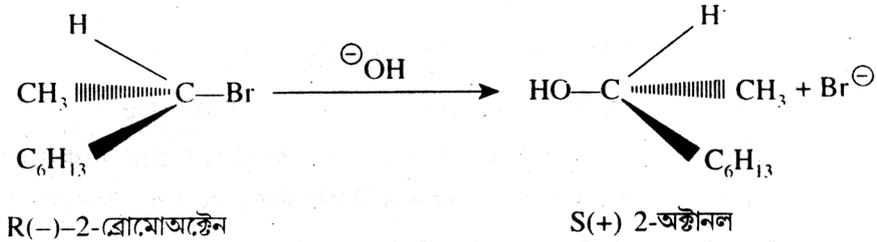
এই বিক্রিয়ার লেখচিত্রের বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করা হল :

- (1) বিক্রিয়কের স্থিতিশক্তি বিক্রিয়াজাত পদার্থের স্থিতিশক্তি অপেক্ষা বেশি। তাই বিক্রিয়াটি বাঁদিক থেকে ডানদিকে ঘটেবে।
- (2) S_N2 বিক্রিয়ার একটিমাত্র পরিবৃ্ত্তি দশা হয়। পরিবৃ্ত্তি দশাতে বিদায়ী নিউক্লিওফাইল, বিক্রিয়কের কার্বন এবং আক্রমণকারী নিউক্লিওফাইল এক সরলরেখায় অবস্থান করবে।
- (3) পরিবৃ্ত্তি দশাতে বিক্রিয়কের কার্বনের সঙ্গে বিদায়ী নিউক্লিওফাইল (এখানে Br^-) এবং আক্রমণকারী নিউক্লিওফাইল (এখানে OH^-) উভয়ই দুর্বল বন্ধনের সাহায্যে যুক্ত থাকে। কার্বনের সঙ্গে বিদায়ী মূলকের বন্ধনদূরত্ব আক্রমণকারী মূলকের সঙ্গে কার্বনের বন্ধনদূরত্বের সমান।

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের কার্বন ও বিদায়ী নিউক্লিওফাইলের মধ্যে সমযোজী বন্ধনের বিভাজন এবং বিক্রিয়কের কার্বন ও আক্রমণকারী নিউক্লিওফাইলের মধ্যে সমযোজী বন্ধন গঠন উভয়ই একসঙ্গে ঘটে।

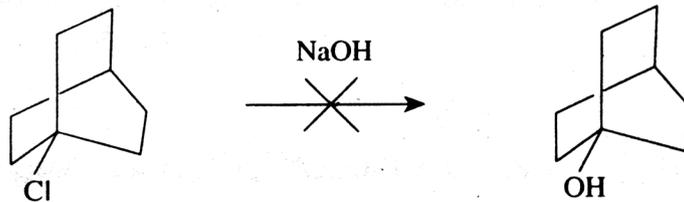
S_N2 বিক্রিয়ায় আক্রমণকারী নিউক্লিওফাইল সর্বদাই বিদায়ী নিউক্লিওফাইলের বিপরীত দিক থেকে অগ্রসর হয়। এর ফলে বিক্রিয়কের কনফিগারেশন এবং বিক্রিয়াজাত যৌগের কনফিগারেশন সম্পূর্ণ বিপরীত হবে। অর্থাৎ বিক্রিয়কের কনফিগারেশন **R** হলে উৎপন্ন যৌগের কনফিগারেশন **S** হবে।

ক্ষারের উপস্থিতিতে $R(-)-2-$ ব্রোমোঅক্টেনের S_N2 প্রতিস্থাপন ক্রিয়া দেখান হল :



এই বিক্রিয়াকে ভালডেন উভক্রমণ (Walden inversion) বলে।

যদি বিপরীত দিক থেকে নিউক্লিওফাইলের আসার কোন সমস্যা থাকে (steric crowding) তবে S_N2 বিক্রিয়া করা সম্ভব হয় না। যেমন, নিচের ক্লোরাইড যৌগের S_N2 বিক্রিয়া হয় না।



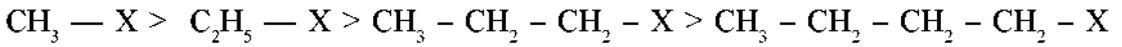
11.5.1 S_N2 বিক্রিয়া প্রভাবিত হবার কারণসমূহ :

S_N2 বিক্রিয়া নিম্নলিখিত কারণগুলি দ্বারা প্রভাবিত হয়

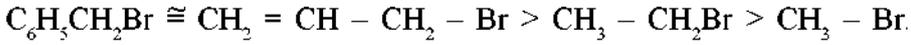
(1) বিক্রিয়ক পদার্থের গঠন ও প্রকৃতি : নিচে বিভিন্ন অ্যালকিল মূলক বিক্রিয়াকেন্দ্রের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকলে কীভাবে বিক্রিয়ার হার পরিবর্তিত হয় তা দেখানো হয়েছে।

অ্যালকিল মূলক	বিক্রিয়ার হার
মিথাইল (CH ₃ —)	30
ইথাইল (C ₂ H ₅ —)	1
আইসোপ্রোপাইল [(CH ₃) ₂ CH—]	0.025
টারসিয়ারি বিউটাইল [(CH ₃) ₃ C—]	0.0001
বেঞ্জাইল (C ₆ H ₅ CH ₂ —)	120

সুতরাং সাধারণ হ্যালাইডের মধ্যে S_N2 বিক্রিয়ার হার প্রাইমারি > সেকেন্ডারি > টারসিয়ারি। আবার প্রাইমারি হ্যালাইডের মধ্যে।



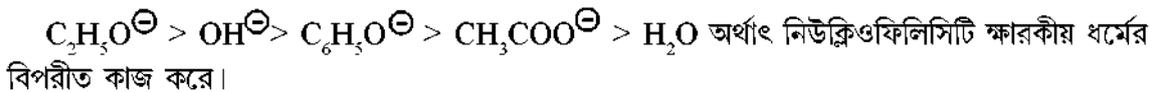
বিক্রিয়াকেন্দ্রের কার্বনের সঙ্গে কোন অসম্পৃক্ত কার্বন যুক্ত থাকলে ঐ বিক্রিয়ার হার দ্রুততর হয়।



সুতরাং যদিও এর জন্য ইলেকট্রনীয় প্রভাব (electronic effect) দায়ী হয় তবুও বলা যায় যে Steric প্রভাব অত্যন্ত বেশি মাত্রায় S_N2 বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে। বিক্রিয়াকেন্দ্রের Sp³ সংকরায়িত কার্বনের সঙ্গে H-এর জায়গায় উচ্চতর আয়তনের মূলক থাকলে পরিবৃদ্ধি দশায় Nu-এর বিপরীত দিক থেকে প্রবেশ করার পক্ষে আয়তনজনিত বাধার সৃষ্টি হয়। আবার এইসব মূলকের নিজেদের মধ্যে অবক্ষনজনিত বিভিন্ন আকর্ষণ বলও কাজ করে। ফলে পরিবৃদ্ধি দশা গঠন শক্ত, ক্ষেত্রবিশেষে অনিশ্চিত হয়ে পড়ে।

(2) নিউক্লিওফাইলের (Nu) প্রকৃতি : যেহেতু S_N2 বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ক ও নিউক্লিওফাইল উভয়ের মোলার গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে, সেহেতু নিউক্লিওফাইলের প্রকৃতির উপর S_N2 বিক্রিয়া নির্ভরশীল। দেখা গেছে যে, নিউক্লিওফাইল যত তীব্র হয় S_N2 বিক্রিয়ার হার তত দ্রুত হয়।

বিক্রিয়ার হার :



অ্যালকিল হ্যালাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ H₂O অপেক্ষা কোন ক্ষারকে নিউক্লিওফাইল হিসেবে ব্যবহার করলে এই বিক্রিয়ার হার দ্রুততর হয়। আবার নিউক্লিওফাইলের আয়তনের উপরও S_N2 বিক্রিয়ার হার নির্ভর করে। যেমন, CH₃O[⊖] অপেক্ষা (CH₃)₃CO[⊖] অনেক দুর্বল নিউক্লিওফাইল কারণ পরিবৃদ্ধি দশা গঠনের সময় Nu এর আয়তন যত ছোট হয় তত (backside attack) বিপরীত দিক থেকে আক্রমণ ফলপ্রসূ হয়।

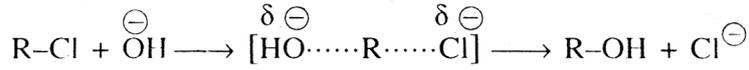
(3) বিদায়ী মূলকের প্রভাব : S_N2 বিক্রিয়ার হার বিদায়ী মূলকের উপরও নির্ভরশীল, বিদায়ী মূলকের ক্ষারকতা যত কম হয় এবং উহার আবেশীয় প্রবীণতা যত বেশি হয় বিক্রিয়ার হার তত দ্রুত হয়। যেমন, বিক্রিয়ার হার—



এবং

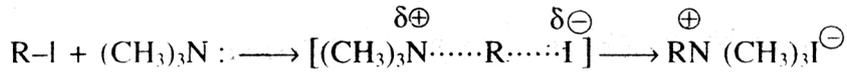


(4) দ্রাবকের প্রভাব : S_N2 বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক যদি প্রশম ও নিউক্লিওফাইল যদি অপরাতিত আধান যুক্ত হয় তবে পরিবৃদ্ধি দশায় ঐ -ve আধান বিস্তৃত হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে কম প্রবীণ দ্রাবক বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি করে।

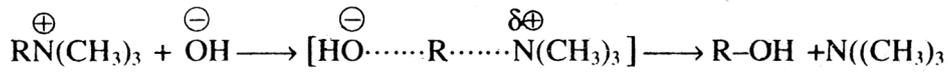


পরিবৃদ্ধি দশা

কিন্তু যখন বিক্রিয়ক ও নিউক্লিওফাইল উভয়ই প্রশম হয় তখন পরিবৃদ্ধি দশায় আধানায়িত হওয়ায় এক্ষেত্রে প্রবীণ দ্রাবকে বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।

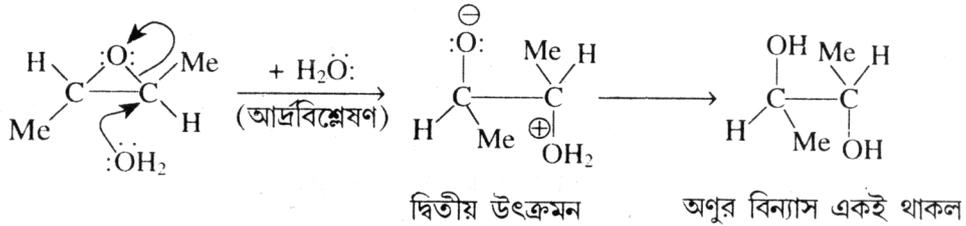
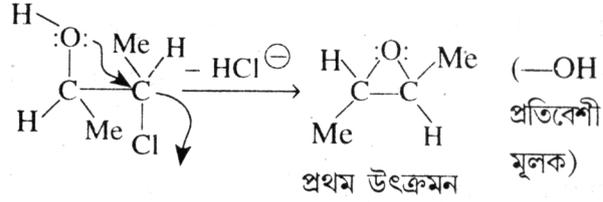


আবার যখন বিক্রিয়ক ও নিউক্লিওফাইল উভয়েরই ফর্মাল চার্জ থাকে তখন পরিবৃদ্ধি দশা প্রশম হওয়ায় অপ্রবীণ দ্রাবকে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়।



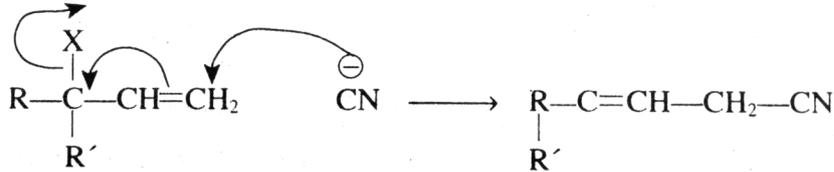
(5) প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণের প্রভাব : এই বিক্রিয়ায় সাধারণ S_N2 বিক্রিয়ার সময় বিক্রিয়কের মধ্যে উপস্থিত কোন প্রতিবেশী মূলক প্রথমে বিপরীত দিক থেকে ('back-side attack')- S_N2 বিক্রিয়া করে একটি শৃঙ্খল গঠন উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়াকেন্দ্রে Nu[⊖] বিপরীত দিক থেকে আক্রমণ করে শৃঙ্খল খুলে সাধারণ S_N2 বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। ফলে পরপর দুবার পরপর বিপরীত দিক থেকে ('back-side attack') সংযোগ হওয়ায় বিক্রিয়কের আলোকসক্রিয়তা থাকলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থেরও একই প্রকারের

আলোকসক্রিয়তা থাকে—অর্থাৎ এক্ষেত্রে S_N2 -এর ফলে যৌগটি মূলবিন্যাসের কোন পরিবর্তন হবে না।



11.5.2 S_N2' বিক্রিয়া :

কার্যকরী মূলকের স্থান পরিবর্তনের মাধ্যমে যে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে তাকে S_N2' বিক্রিয়া বলে।



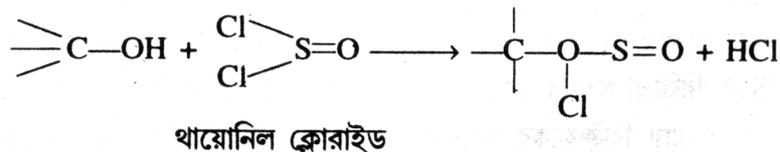
এই বিক্রিয়ার হার সাধারণ S_N2 অপেক্ষা অনেক দ্রুততর হয়।

11.5.3 আভ্যন্তরীণ নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_{Ni}) :

যখন কোন নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বিদ্যমান মূলকের একটি অংশ বিক্রিয়াকেন্দ্রের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং নিজেকে ঐ মূলকের থেকে সম্পূর্ণ মুক্ত করে নেয় তখন ঐ বিক্রিয়াকে আভ্যন্তরীণ নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বা S_{Ni} বিক্রিয়া বলে।

এই বিক্রিয়া নিম্নে বর্ণিত ধাপে ঘটে।

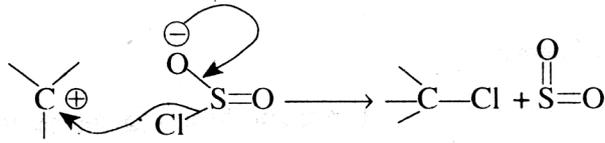
প্রথম ধাপ :



দ্বিতীয় ধাপ : এই ধাপে ঘনিষ্ঠ আয়ন-জোড় তৈরি হয়।

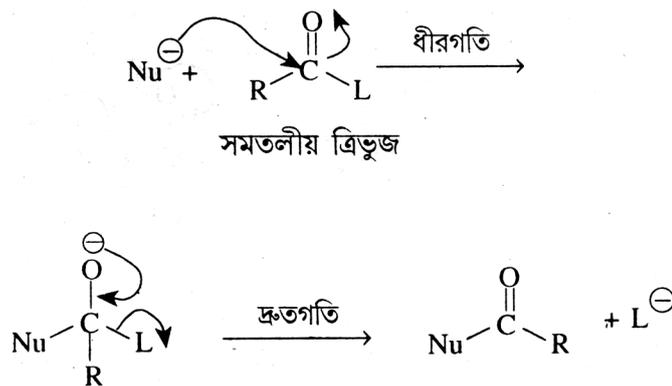


তৃতীয় ধাপ : বিক্রিয়াকেন্দ্রের কার্বনে Cl যুক্ত হয়।



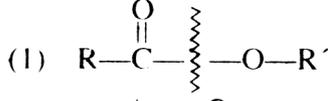
যেহেতু এই বিক্রিয়ায় আগের কনফিগারেশন বজায় থাকে, তাই ধরে নেওয়া হয় যে এই বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপে গঠিত কার্বোক্যাটায়ন ও $\text{SO}_2\text{Cl}^{\ominus}$ আয়ন দুটি সম্পূর্ণ বিমুক্ত হয় না। সেজন্য কার্বনের যেদিকে $-\text{OSOCl}$ যুক্ত ছিল সেই দিকেই $-\text{Cl}$ যুক্ত হয়ে যায়।

11.6 অসম্পূর্ণ কার্বনে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : (সংযোজন ও অপনয়ন বিক্রিয়া)

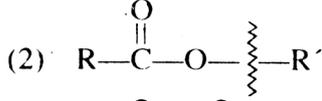


এই বিক্রিয়ার হার Nu^{\ominus} এবং বিক্রিয়ক উভয়ের মোলার গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল।

এই বিক্রিয়ার প্রকৃষ্ট উদাহরণ এস্টারের আর্দ্রবিশ্লেষণ। এস্টারের আর্দ্রবিশ্লেষণ দুভাবে হতে পারে :



অ্যাসাইল-অক্সিজেন বন্ধন বিভাজন



অ্যালকিল-অক্সিজেন বন্ধন বিভাজন

কোন বিভাজনটি ঘটেছে তা তেজস্ক্রিয় অক্সিজেনের O^{18} সাহায্য নিয়ে বিক্রিয়ার কৌশল ব্যাখ্যা করা যায়।

(1) অ্যাসাইল-অক্সিজেন বিভাজন :

(i) ক্ষারক অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া

— $\text{B}_{\text{AC}}2$ বিক্রিয়া-কৌশল।

(ii) অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া

— $\text{A}_{\text{AC}}2$ বিক্রিয়া-কৌশল।

(2) অ্যালকিল-অক্সিজেন বিভাজন :

অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া

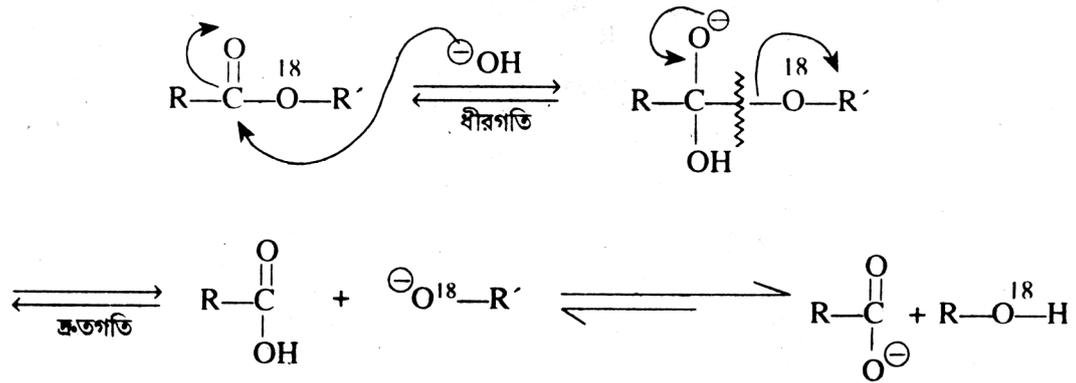
— $\text{A}_{\text{AL}}1$ বিক্রিয়া-কৌশল।

$\text{B}_{\text{AC}}2$: Base catalysed acyl-oxygen fission bimolecular

$\text{A}_{\text{AC}}2$: Acid catalysed acyl-oxygen fission bimolecular

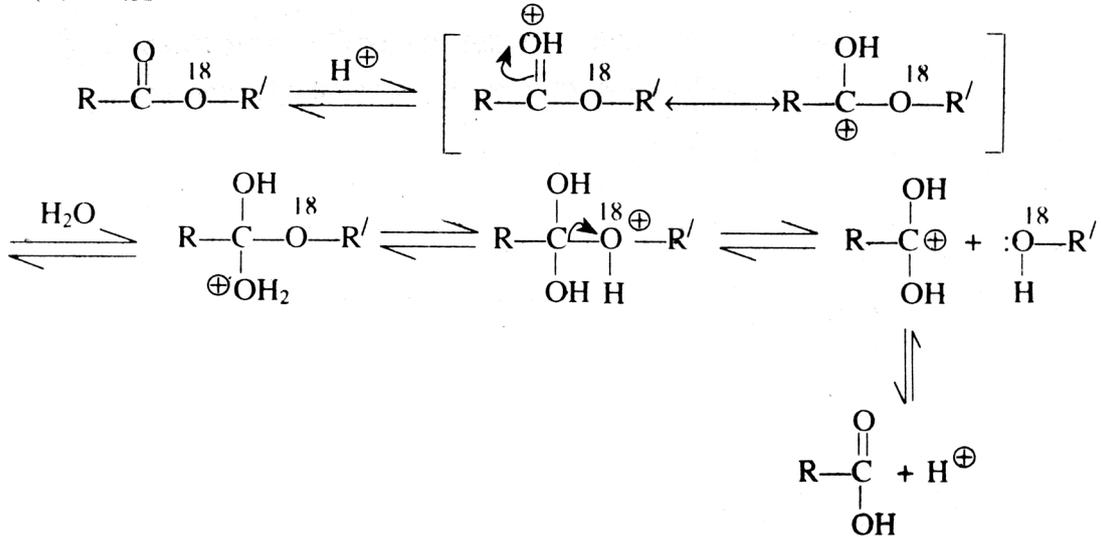
$\text{A}_{\text{AL}}1$: Acid catalysed alkyl-oxygen fission unimolecular

(1) (i) $\text{B}_{\text{AC}}2$ বিক্রিয়া-কৌশল :



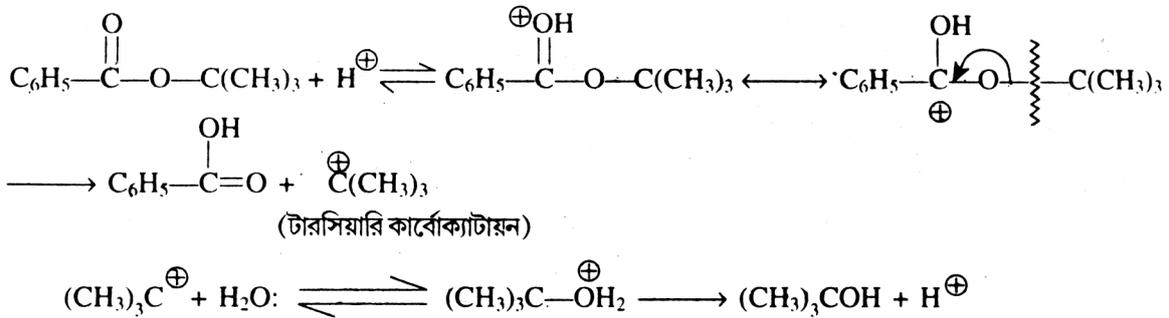
এই বিক্রিয়ার হার এস্টার ও ক্ষারক উভয়ের মোলার গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে।

(ii) $A_{AC}2$ বিক্রিয়া-কৌশল :



(2) $A_{AL}1$ বিক্রিয়া-কৌশল :

অ্যালকিলমূলক যখন টারসিয়ারি, বেঞ্জাইল ইত্যাদি হয় তখন আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়ন সুস্থিরতা লাভ করে। এই কার্বোক্যাটায়ন অ্যালকিল-অক্সিজেন বিভাজনের ফলেই তৈরি হয়েছে।



11.7 অ্যারোমেটিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

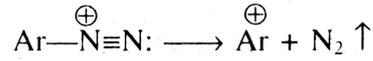
তিনধরনের অ্যারোমেটিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া উল্লেখ করা যায়।

- (1) এক-অণুক কার্বোক্যাটায়ন গঠনে মধ্য দিয়ে S_N1 অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন।
- (2) দ্বি-অণুক জটিল অ্যানায়ন গঠনের মধ্য দিয়ে S_N2 অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন। এটিকে সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়াও বলা যেতে পারে।
- (3) অপনয়ন-সংযোজন বা অ্যারাইন গঠনের মধ্য দিয়ে অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন।

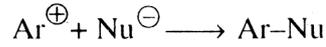
11.7.1 S_N1 অ্যারোমেটিক বিক্রিয়া :

এই বিক্রিয়া খুব কমই ঘটে। একটি উদাহরণ হিসাবে অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম লবণ থেকে ডায়াজোনিয়াম মূলকের প্রতিস্থাপনকে উল্লেখ করা যেতে পারে। এই বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে—

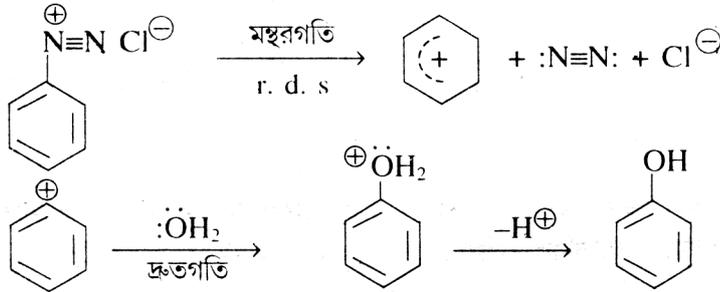
প্রথম ধাপ : এই ধাপে অ্যারাইল কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয়।



দ্বিতীয় ধাপ : অ্যারাইল কার্বোক্যাটায়নের সঙ্গে নিউক্লিওফাইলের বিক্রিয়া

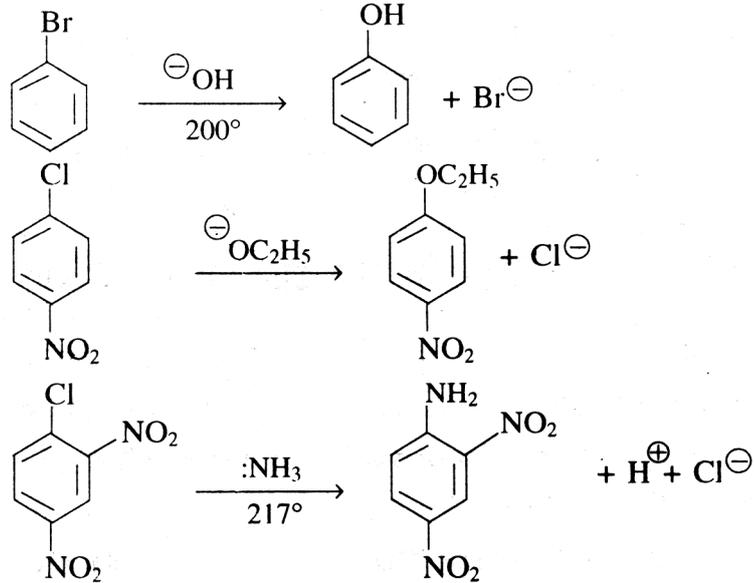


যেমন, বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে ফিনল তৈরি হয়।



11.7.2 S_N2 অ্যারোমেটিক বিক্রিয়া :

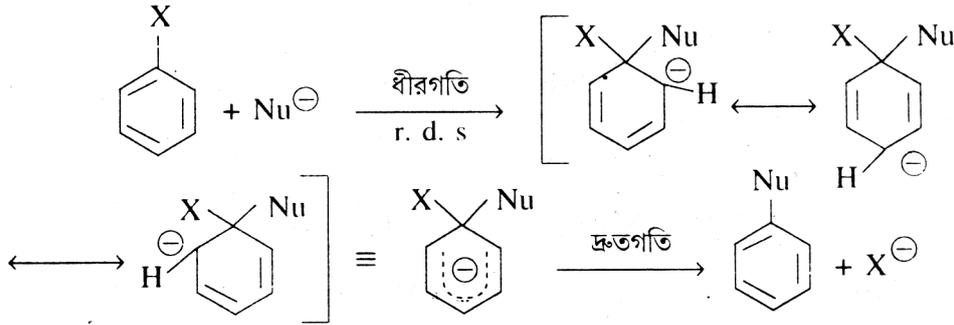
অ্যারোমেটিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মধ্যে এই বিক্রিয়া সবচেয়ে বেশি উল্লেখযোগ্য। বিক্রিয়াটির কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেওয়া হল।



বিক্রিয়াটিকে সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়া বলা হয়। দুটি ধাপে বিক্রিয়াটি ঘটে।

প্রথম ধাপে নিউক্লিওফাইল (Nu^-) বেঞ্জিন বলয়ের sp^2 -সংকরায়িত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়। ফলে, যৌগটি অ্যারোমেটিসিটি বিনষ্ট হওয়ার জন্য সুস্থিরতা হারায়। এই ধাপটি ধীরগতিতে সম্পন্ন হয় এবং এটি r.d.s।

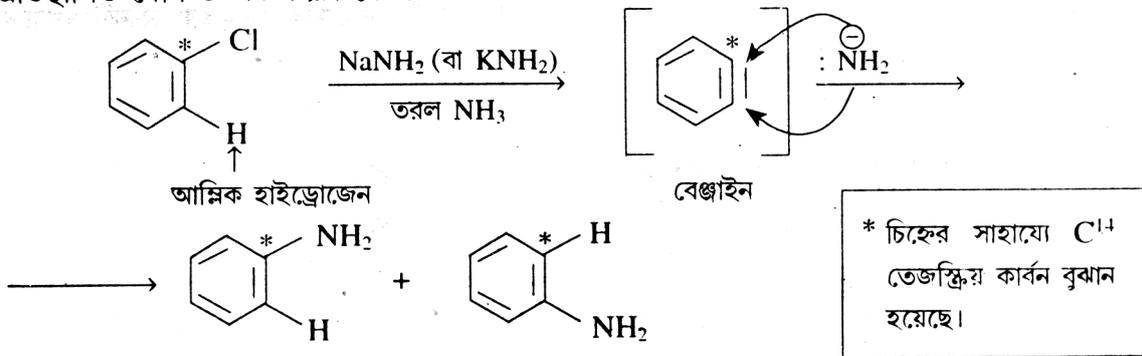
পরের ধাপটি দ্রুতগতিতে ঘটে। অ্যারোমিটিসিটি পুনরায় প্রাপ্ত হওয়ার জন্য যৌগটি সুস্থির হয়।



এই বিক্রিয়ায় Nu^- -এর নিউক্লিওফিলিসিটি বিদায়ী নিউক্লিওফাইল X^- -এর নিউক্লিওফিলিসিটি অপেক্ষা বেশি। তাই X^- এর অপনয়ন সহজ হয়।

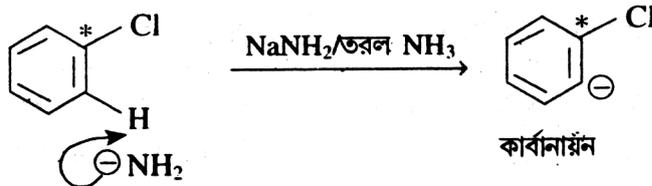
অপনয়ন-সংযোজন বিক্রিয়া :

অ্যারোমেটিক হ্যালাইড তীব্র ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে প্রথমে HX অপনিত হয় এবং অস্থায়ী বেঞ্জাইন (বা অ্যারাইন) মধ্যস্থ গঠন করে। পরে এই অস্থায়ী মধ্যস্থ তীব্র ক্ষারকের সঙ্গে সংযোজন ক্রিয়ার মাধ্যমে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন—

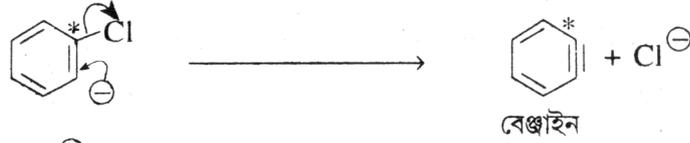


বিক্রিয়ার কলাকৌশল দেখান হল।

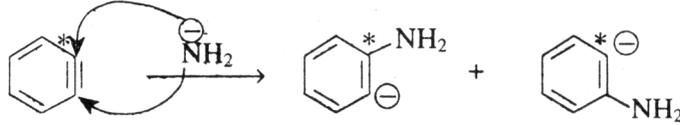
প্রথম পর্যায়ে তীব্র ক্ষারকের প্রভাবে অর্থাৎ-অবস্থানের আম্লিক হাইড্রোজেন অপসারিত হয়ে কার্বানায়ন উৎপন্ন হয়েছে।



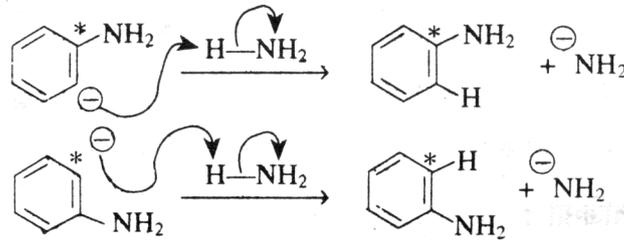
দ্বিতীয় পর্যায়ে Cl^- অপনিত হয়ে বেঞ্জাইন তৈরি হয়।



তৃতীয় পর্যায়ে NH_2^- নিউক্লিওফাইল বেঞ্জাইনের Sp^2 -কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বানায়ন উৎপন্ন করে।



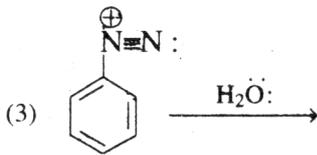
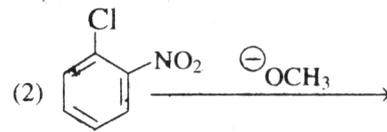
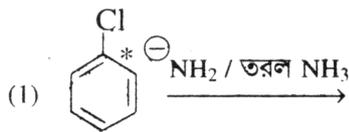
চতুর্থ পর্যায়ে উৎপন্ন কার্বানায়ন দ্রাবক ($:\text{NH}_3$) থেকে প্রোটন গ্রহণ করে।



উপরের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াকে ‘সাইন প্রতিস্থান’ (Cine substitution) বিক্রিয়া বলে।

অনুশীলনী 3

নিচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করুন। কোন্টি অ্যারোমেটিক $\text{S}_{\text{N}}1$, কোন্টি অ্যারোমেটিক $\text{S}_{\text{N}}2$ এবং কোন্টি অপনয়ন সংযোজন বিক্রিয়া। বিক্রিয়ার এই নামকরণের ব্যাখ্যা দিন।



11.8 অ্যারোমেটিক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

পর্যায় (1)-এর একক (6) পাঠ করে আপনি জেনেছেন যে, বেঞ্জিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ। অ্যারোমেটিসিটি কাকে বলে এবং উৎস কী তার ব্যাখ্যাও আপনি একক (6)-এ জানতে পেরেছেন।

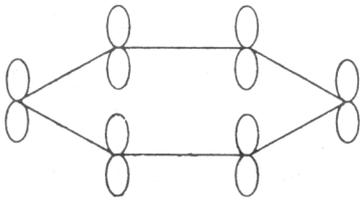
পর্যায় (1)-এর (4) এবং (5) একক দুটিতে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (অ্যালকিন এবং অ্যালকাইনে) ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ার (যুত যৌগ গঠনের) কারণসহ অনেক উদাহরণ পেয়েছেন।

বর্তমান পর্যায়ের [পর্যায় (2)] একক 12-তেও অসম্পৃক্ত যৌগে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। বর্তমান এককটির প্রথম অংশের আলোচনায় অ্যালিফ্যাটিক যৌগের Sp^3 সংকরায়িত সম্পৃক্ত কার্বনে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N1 / S_N2) সম্বন্ধে আপনি জেনেছেন।

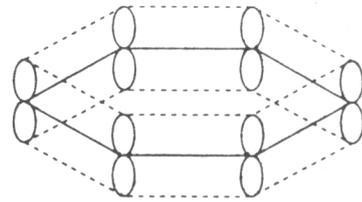
উপরের আলোচনার উদ্দেশ্য হল যাতে আপনি বুঝতে পারেন যে, সম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক যৌগে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া খুবই সাধারণ (very common) এবং অসম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক যৌগে (অ্যালকিন / অ্যালকাইন) ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়াই প্রধান।

বেঞ্জিন বা বেঞ্জিনজাত যৌগে অসম্পৃক্ততা (তিনটি দ্বিবন্ধন) থাকা সত্ত্বেও এই যৌগগুলি ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ার পরিবর্তে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অর্থাৎ বেঞ্জিন বলয়ে তিনটি দ্বিবন্ধন থাকা সত্ত্বেও এই দ্বিবন্ধনগুলি অ্যালকিনের দ্বিবন্ধন থেকে আলাদা চরিত্রের। অ্যালকিনের দ্বিবন্ধন যেমন সক্রিয়ভাবে ইলেকট্রোফাইলের সঙ্গে সংযোজন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, বেঞ্জিন বা বেঞ্জিনজাত যৌগ কিন্তু ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় সহজেই অংশগ্রহণ করে, সংযোজন বিক্রিয়ায় নয়।

অ্যারোমেটিক যৌগে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া আলোচনার আগে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেঞ্জিনের আণবিক কক্ষকের ভূমিকা সম্বন্ধে আলোকপাত করার প্রয়োজন।



বেঞ্জিন-কার্বনের P_z পারমাণবিক কক্ষক



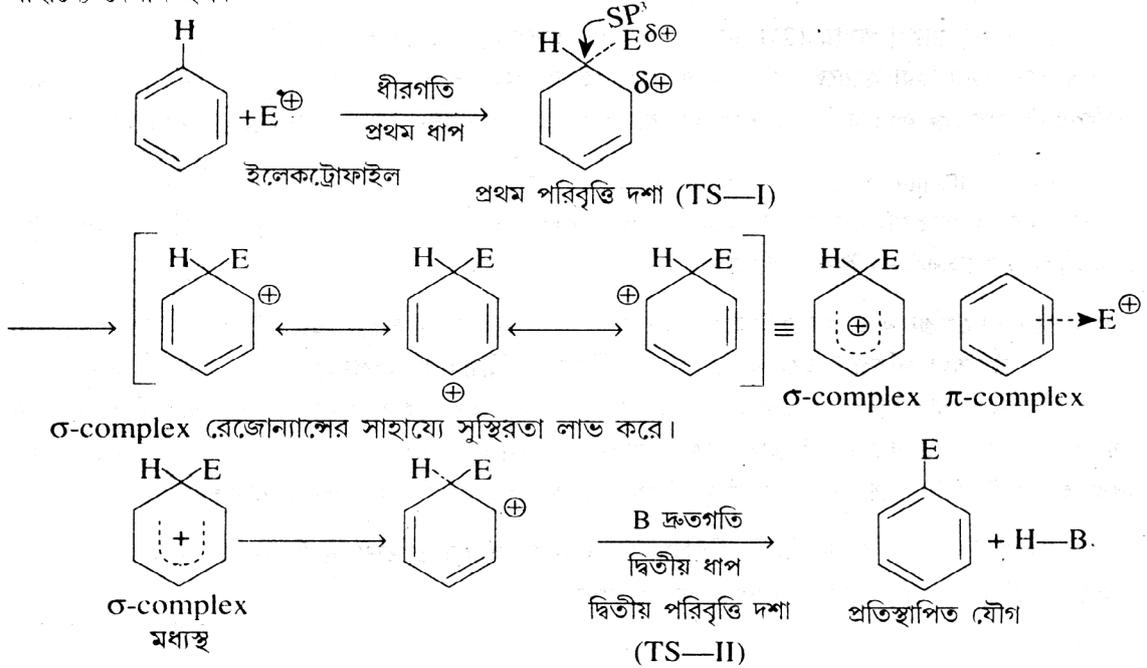
বেঞ্জিনের আণবিক কক্ষক

বেঞ্জিনের ছয়টি কার্বন সমযোজী বন্ধনসহ সমতলীয় (কাগজের সমতলে অবস্থিত)। P_z -পারমাণবিক কক্ষকগুলি বেঞ্জিন বলয়ের উপর ও নিচে লম্বভাবে অবস্থিত। পাশাপাশি কার্বনের সমান্তরাল p_z -কক্ষকগুলি অভিলেপনের ফলে বেঞ্জিনের আণবিক কক্ষকের উৎপত্তি হয় এবং সমতলীয় বেঞ্জিন বলয়ের উপরে ও নিচে অপরাতড়িৎবাহী ইলেকট্রন মেঘের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ বেঞ্জিনের ছয়টি কার্বনই যেন একটি ইলেকট্রন এনভেলপের (Electron envelope) ভিতরে সাম্যাবস্থায় অবস্থিত। তাই কোন নিউক্লিওফাইল, Nu^- বেঞ্জিন বলয়ের নিকটে আসলেই বিকর্ষণের ফলে এটি দূরে সরে যায়। তাই নিউক্লিওফিলিক বিক্রিয়া বেঞ্জিন বলয়ে সহজে ঘটে না। পক্ষান্তরে যদি কোন ইলেকট্রোফাইল, E^+ বেঞ্জিন বলয়ের নিকটে আসে তবে সহজেই ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা আকর্ষিত হয় এবং কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়।

আমরা এখন বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিনজাত যৌগের ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বিশদভাবে আলোচনা করবো।

অ্যারোমেটিক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

অ্যারোমেটিক ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়ার সাধারণ কলাকৌশল অধিক গ্রহণযোগ্য δ -complex গঠনের সাহায্যে দেখান হল।



প্রথম পরিবৃত্তি দশাতে (TS-1) ইলেকট্রোফাইল বেঞ্জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে পুরোপুরি সমযোজী বন্ধন তৈরি করে না। এটি পরে সুস্থির σ -complex এ পরিণত হয়। σ -complex-এ বেঞ্জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে হাইড্রোজেন (H) ও (E^{\oplus}) দুটিই সমযোজী বন্ধন দ্বারা যুক্ত।

এই মধ্যস্থ σ -complexটি যখন দ্বিতীয় পরিবৃত্তি দশাতে (TS-II) রূপান্তরিত হয় তখন H-পরমাণু বেঞ্জিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে দুর্বল বন্ধন দ্বারা এবং ইলেকট্রোফাইল (E^{\oplus}) এ কার্বনের সঙ্গে সমযোজী বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে। বিক্রিয়াস্থলে অবস্থিত কোন ক্ষারক [B] আম্লিক হাইড্রোজেন অপসারিত করে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে।

11.8.1 হাইড্রোজেন অপসারণের পর বেঞ্জিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :

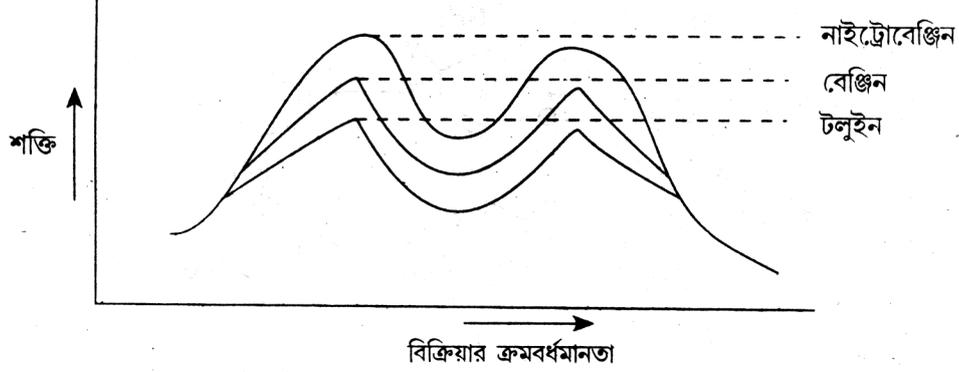
যদি অ্যারোমেটিক বলয়ের একটি H আগেই $-X$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে তবে ঐ যৌগটি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করে দিতে পারে— কী হতে পারে তা ঐ $-X$ মূলকের প্রকৃতির উপর সম্পূর্ণ নির্ভরশীল হবে।

যেমন, এখানে ইলেকট্রন প্রদানকারী কোন মূলক যেমন, $-R$ মূলক যুক্ত থাকলে X^{\oplus} দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হবে।

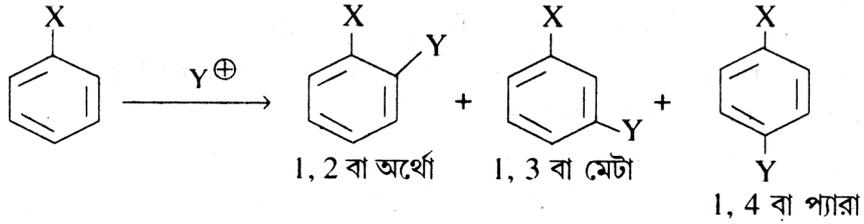
অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার : বেঞ্জিন < টলুইন

আবার যদি অ্যারোমেটিক বলয়ে কোন ইলেকট্রন আকর্ষণকারী মূলক যেমন নাইট্রোমূলক থাকে তাহলে বিক্রিয়ার হার অপেক্ষাকৃত মন্দীভূত হয়ে যায়।

অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার : বেঞ্জিন > নাইট্রোবেঞ্জিন
নিম্নে বর্ণিত রেখাচিত্রে ইহা ব্যাখ্যা করা হয়েছে।



যেহেতু বেঞ্জিন বলয়ের দুটি কার্বন পরমাণুই সর্বসম, এক-প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন (monosubstituted benzene)-এর কোন সমাবয়ব নেই। কিন্তু এক-প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিনে যদি দ্বিতীয় কোন প্রতিস্থাপক যুক্ত হয় তবে প্রথম প্রতিস্থাপকের সঙ্গে 1, 2-, 1, 3- বা 1, 4-দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন অর্থাৎ তিনটি সমাবয়ব গঠিত হতে পারে।



এক্ষেত্রে কোনটি সঠিক বিক্রিয়াজাত পদার্থ হবে তা সম্পূর্ণরূপে X-এর প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

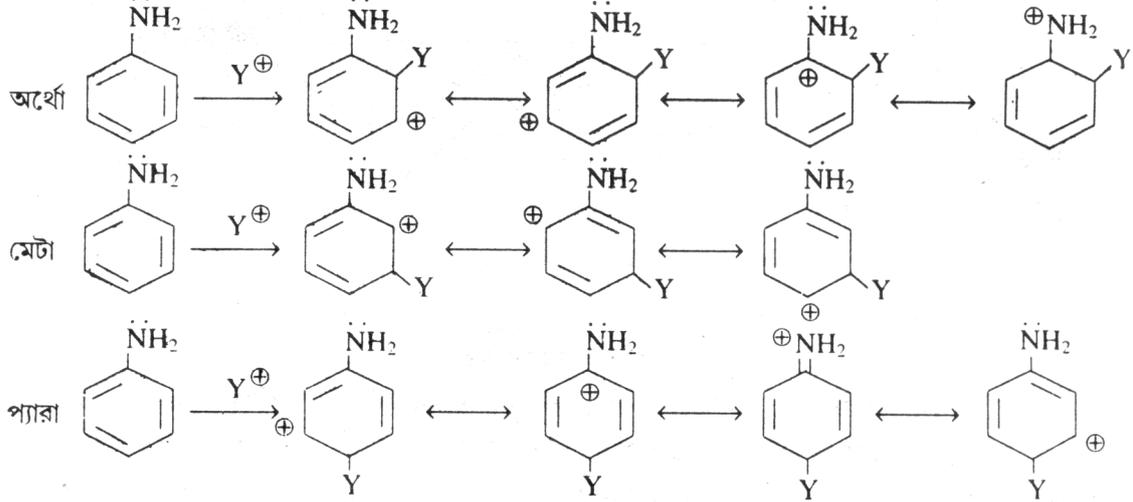
‘X’ মূলকের প্রকৃতি

সম্ভাব্য বিক্রিয়াজাত পদার্থ

- | | |
|---|--------|
| (i) —OR বা —OH | o—, p— |
| —NH ₂ , —NHCOR, —SR | ” |
| —NR ₂ | ” |
| —Cl, —Br, —I, —Ph | ” |
| (ii) —R | ” |
| (iii) —NH ₃ ⁺ , —NR ₃ ⁺ , —PR ₃ ⁺ | m— |
| —CF ₃ , —CCl ₃ | ” |
| (iv) —NO ₂ , —CN, —SO ₃ H, | m— |
| —COOH, —COOR, —CHO | ” |
| —COR | ” |

(i), (ii)-এর জন্য আমরা অর্থো ও প্যারা যৌগের মিশ্রণ পাব এবং (iii) ও (iv) এর জন্য শুধু দ্বিপ্রতিস্থাপিত মেটা যৌগ পাব।

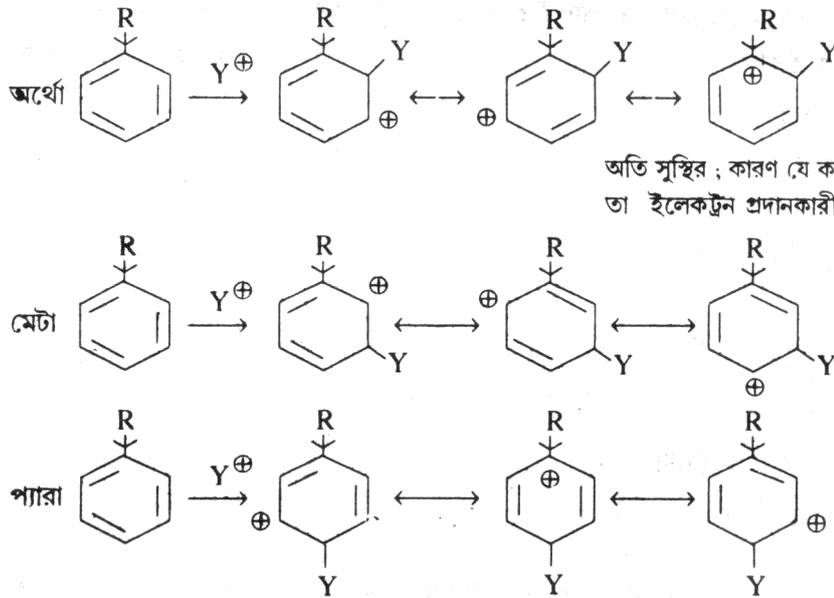
এই ধরনের প্রতিস্থাপনের কারণ হিসেবে σ -জটিল যৌগের পরিবৃতি দশার স্থায়িত্বের কথা বলা যেতে পারে। $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{Cl}$ ইত্যাদি প্রতিস্থাপক $-\text{X}$ হিসেবে উপস্থিত থাকলে—



এই X মূলকগুলির প্রত্যেকটিতে নিম্নলিখিত ধর্ম দেখা যায় :

- (1) প্রত্যেক মূলকের একটি তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু সরাসরি বেঞ্জিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে।
- (2) ঐ পরমাণুতে অন্তত একজোড়া p-ইলেকট্রন পারমাণবিক কক্ষকে থাকবে যা p- π সংঘর্ষণে বেঞ্জিন বলয়ের π -ইলেকট্রনগুলির সঙ্গে লিপ্ত থাকে।
- (3) ঐ পরমাণুর কোন π -ইলেকট্রন থাকবে না।

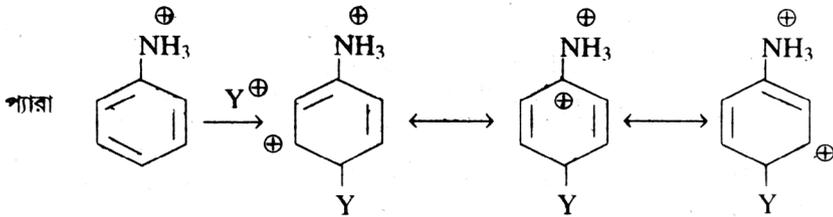
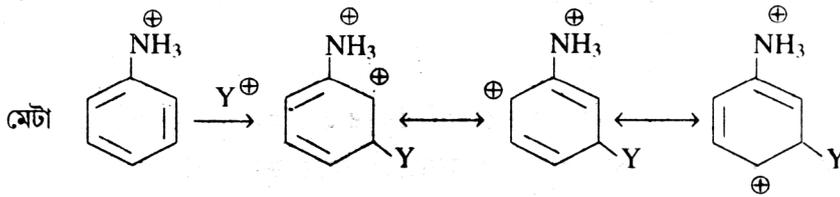
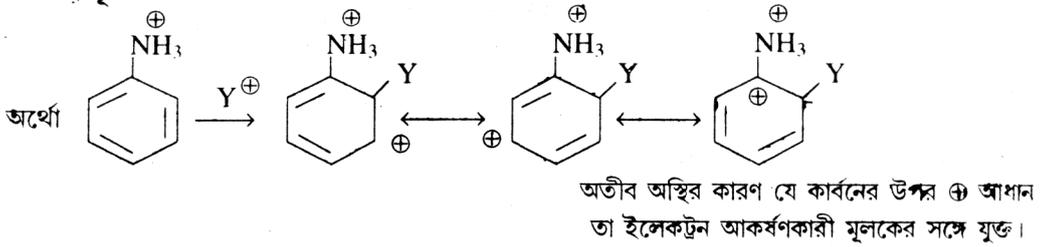
—R মূলক প্রতিস্থাপক হিসেবে উপস্থিত থাকলে—



অতি সুস্থির ; কারণ যে কার্বনের উপর \oplus আধান তা ইলেকট্রন প্রদানকারী মূলকের সঙ্গে যুক্ত।

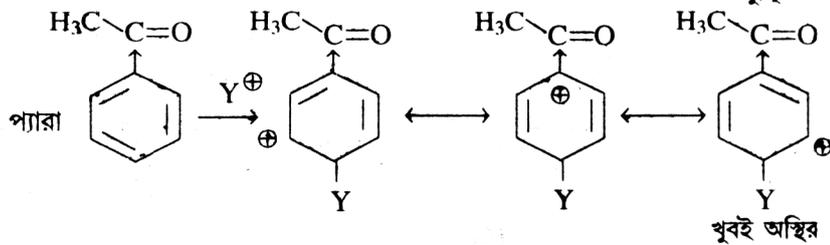
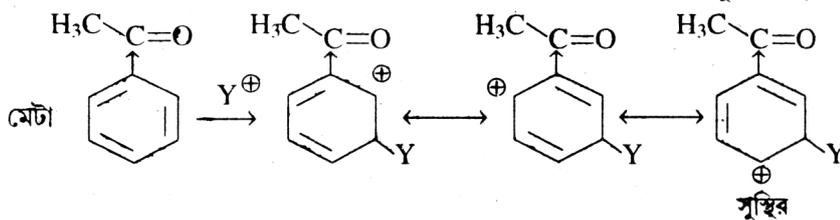
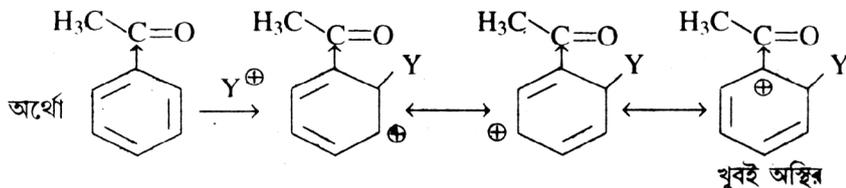
খুবই সুস্থির ; কারণ যে কার্বনের উপর \oplus আধান তা ইলেকট্রন প্রদানকারী মূলকের সঙ্গে যুক্ত।

$-\text{NH}_3^{\oplus}$ মূলক থাকলে—



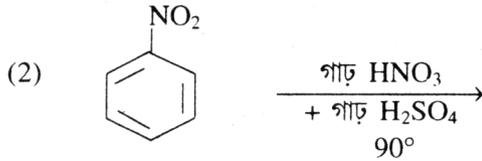
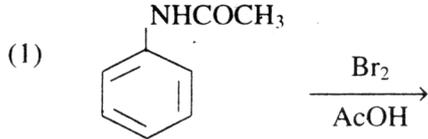
অতীব অস্থির কারণ যে কার্বনের উপর \oplus আধান
তা ইলেকট্রন আকর্ষণকারী মূলকের সঙ্গে যুক্ত।

বেঞ্জিন বলয়ের কার্বন যখন কোন মূলকের অসম্পৃক্ত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে (অর্থাৎ মূলকের কার্বনে যখন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন আছে) তখন ইলেকট্রোফাইলটি বেঞ্জিন বলয়ের মেটা (m-) কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।



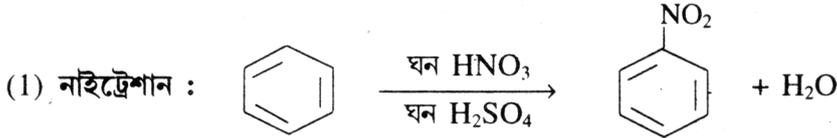
অনুশীলনী-4

নিচের ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত যৌগ কী হবে?



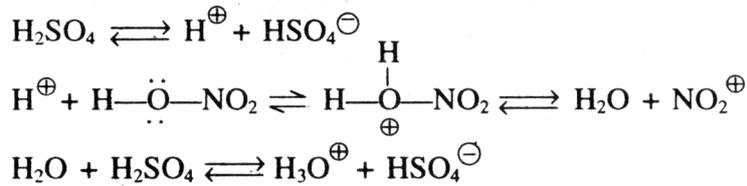
দ্বিতীয় বিক্রিয়াটিতে ইলেকট্রোফাইল কোনটি? কীভাবে এটি উৎপন্ন হয়? সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন।

11.8.2 বেঞ্জিন বলয়ে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার কলাকৌশল :



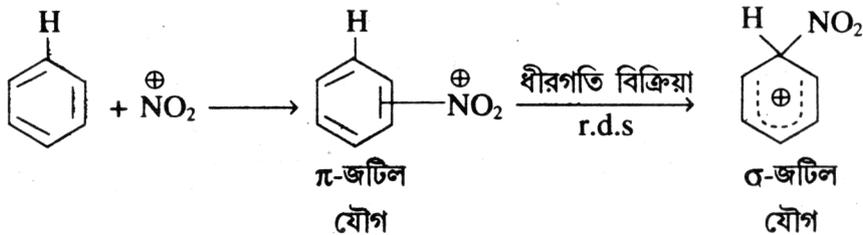
এই বিক্রিয়ার তাপমাত্রা সর্বদা $50^\circ - 60^\circ\text{C}$ -এর মধ্যে রাখা হয় কারণ তার উপরে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে নাইট্রোবেঞ্জিনের সঙ্গে বেশি পরিমাণে মেটা-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

ঘন H_2SO_4 অনুঘটকের কাজ করে। অ্যাসিড মিশ্রণে H_2SO_4 আয়নিত হয়ে H^\oplus উৎপন্ন করে। HNO_3 এই প্রোটনকে গ্রহণ করে নাইট্রোনিয়াম আয়ন $[\text{NO}_2^\oplus]$ তৈরি করে। এখানে H_2SO_4 একটি অম্ল এবং HNO_3 ক্ষার হিসাবে চিহ্নিত করা যায়।

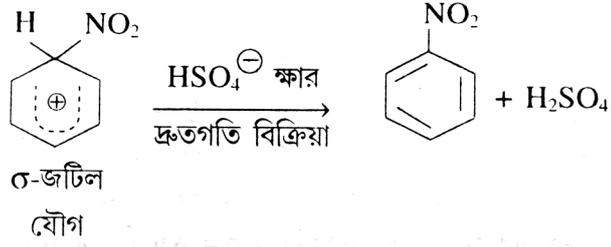


NO_2^\oplus ইলেকট্রোফাইল বেঞ্জিনের সঙ্গে দুধাপে বিক্রিয়া করে।

প্রথম ধাপ :



দ্বিতীয় ধাপ :

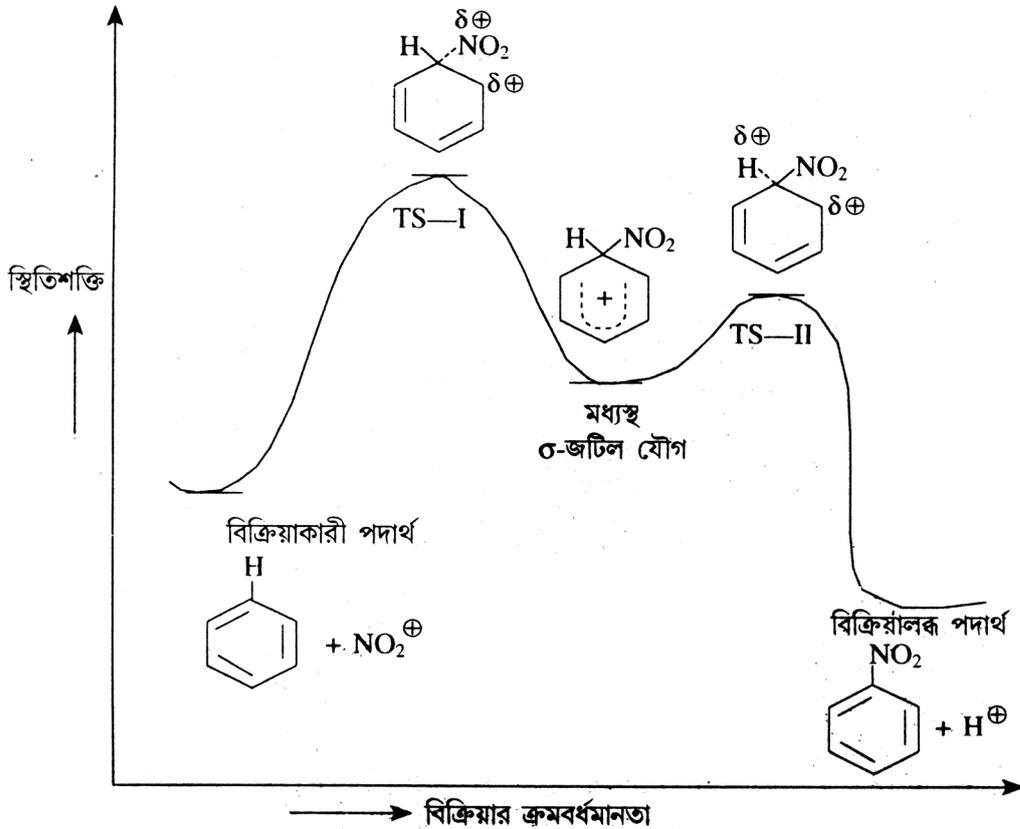


এখানে আর TS—I এবং TS—II দেখানো হল না ; কারণ এর ধারণা ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার কৌশল আলোচনার সময় আগেই দেওয়া হয়েছে।

দ্বিতীয় ধাপে HSO_4^- ক্ষার হিসাবে কাজ করে। কারণ ইহা σ -জটিল যৌগ থেকে আম্লিক হাইড্রোজেন অপসারণ করে অ্যারোমেটিক যৌগ, নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন করেছে।

নাইট্রেশন বিক্রিয়ার লেখচিত্র নিচে দেখান হল। এই লেখচিত্রে বিক্রিয়াকারী পদার্থের অবস্থান, TS—I, TS—II, মধ্যস্থ এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের অবস্থান নির্দিষ্ট করে বলা হয়েছে।

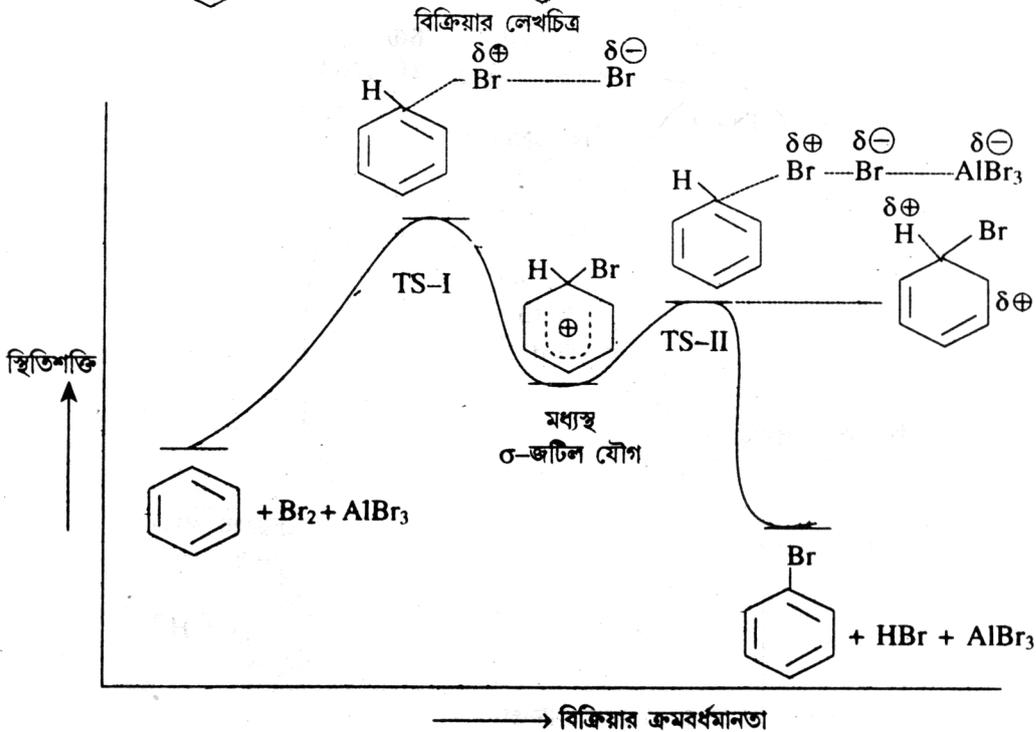
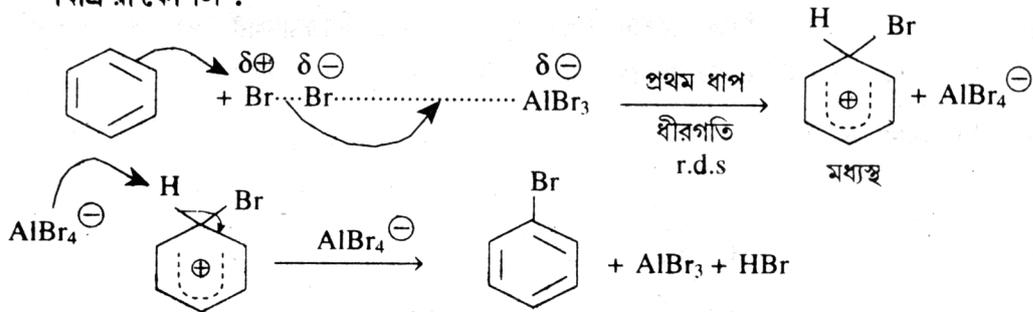
নাইট্রেশন বিক্রিয়ার লেখচিত্র :



(2) হ্যালোজিনেশন :

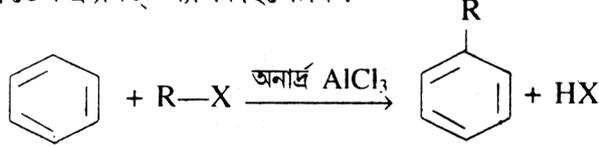
এই বিক্রিয়ার গতি-প্রকৃতি নাইট্রেশন বিক্রিয়ার মতই। হ্যালোজিনেশন বিক্রিয়ায় কিছু প্রয়োজনীয় তথ্য যোগ করা হল। এখানে বেঞ্জিন ও ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়া আলোচনা করা হল। এই বিক্রিয়া হ্যালোজেন ও অ্যারোমেটিক যৌগের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। হ্যালোজেনের বিক্রিয়ার প্রবণতা : $I_2 > Br_2 > Cl_2$ ক্রিয়াশীল অ্যারোমেটিক যৌগের সঙ্গে অপ্রবীয়ায় দ্রাবকে আণবিক হ্যালোজেন ইলেকট্রোফাইলের কাজ করে। কিন্তু অপ্রবীয়ায় দ্রাবকে হ্যালোজিনেশনের জন্য লুইস অ্যাসিড যেমন $AlCl_3$, $AlBr_3$; $FeCl_3$, $FeBr_3$ অথবা Fe গুঁড়া এবং Cl_2 গ্যাস [ক্লোরিনেশনের জন্য] অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। Fe এবং Cl_2 গ্যাস ব্যবহার করলে $FeCl_3$ অনুঘটক বিক্রিয়াস্থলেই তৈরি হয়। এখানে $Br_2/AlBr_3$ -এর সাহায্যে ব্রোমিনেশন বিক্রিয়ার কৌশল দেখান হয়েছে। এখানে $[Br^{\oplus}]$ ইলেকট্রোফাইল।

বিক্রিয়া কৌশল :

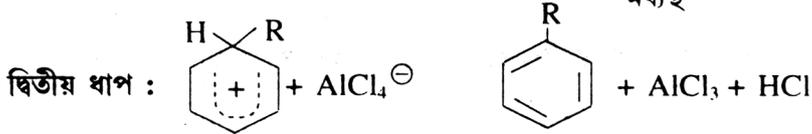
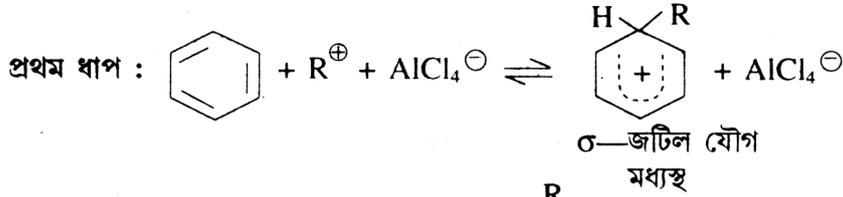
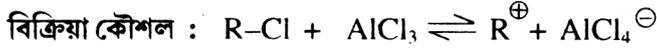


$AlBr_3$ অনুঘটকের হিসাবে ব্যবহার করার ফলে TS - 1-এর উচ্চতা কিছুটা কম হয়। অর্থাৎ σ -complex মধ্যস্থ তৈরি করার জন্য activation energy হ্রাস পায়।

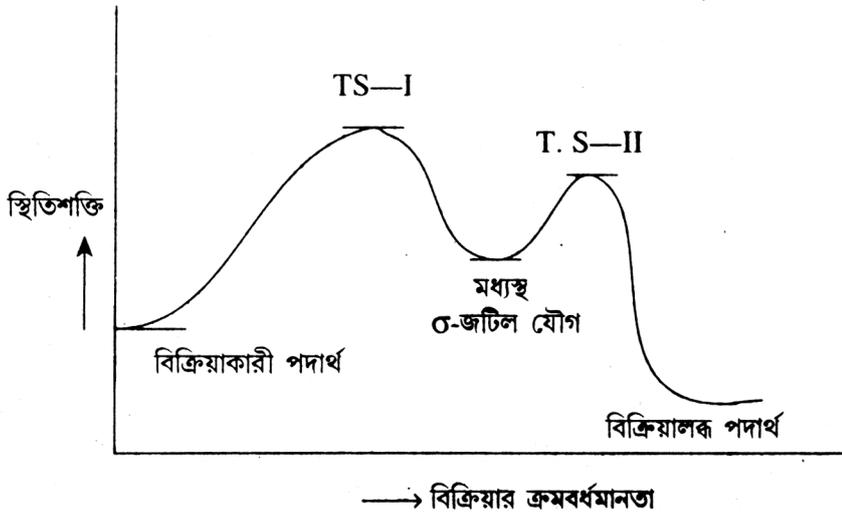
(গ) ফ্রিডেল-ক্র্যাফট অ্যালকাইলেশন :



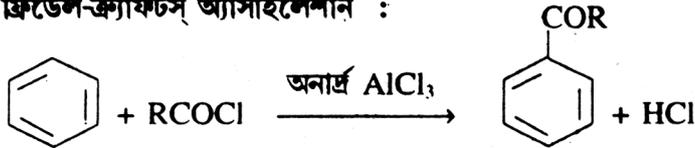
এখানে অনার্দ্র $AlCl_3$ অনুঘটকের কাজ করে এবং অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে কার্বোক্যাটায়ন $[R^{\oplus}]$ ইলেকট্রোফাইল উৎপন্ন করে।



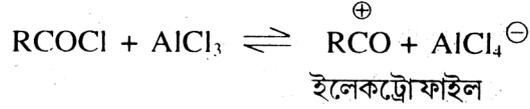
বিক্রিয়ার লেখচিত্র :



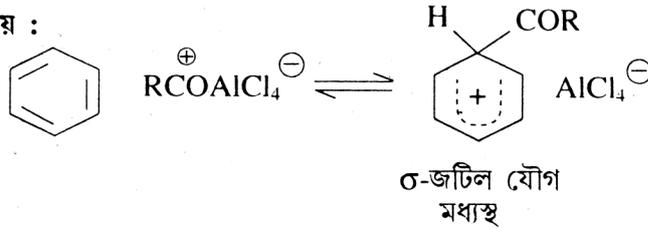
(4) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন :



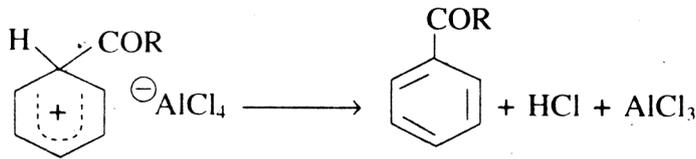
অন্যত্র AlCl_3 অনুঘটকের কাজ করে।



দ্বিতীয় পর্যায় :



তৃতীয় পর্যায় : জটিল যৌগ থেকে AlCl_4^{\ominus} দ্বারা প্রোটন অপসারণ



এখানে দ্বিতীয় পর্যায়ের সর্বাপেক্ষা স্লথগতির বিক্রিয়ার রেখাচিত্র ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকাইলেশানের মতোই।

অনুশীলনী 5

(i) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় অন্যত্র AlCl_3 ব্যবহার করা হয় কেন? একটি বিক্রিয়া উল্লেখ করে AlCl_3 -এর প্রয়োজনীয়তা দেখান।

(ii) দুটি যৌগের মধ্যে কোন্টিতে ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া ঘটবে না? আপনার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দিন। যৌগ দুটি হল :

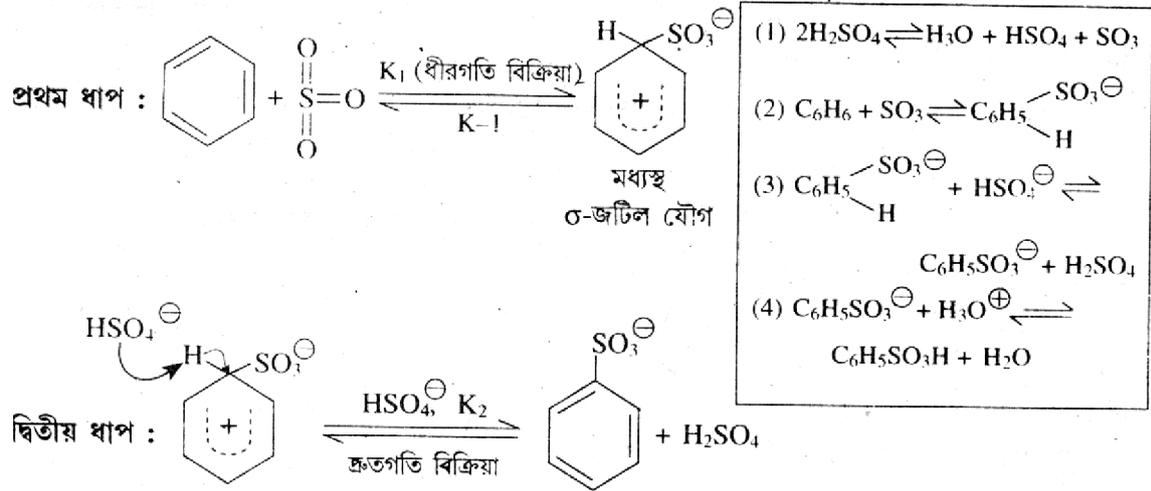


(5) সালফোনেশন : বেঞ্জিন বলয়ের একটি হাইড্রোজেন সালফোনিক অ্যাসিড মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে বিক্রিয়াটিকে সালফোনেশন বিক্রিয়া বলে। এটি অ্যারোম্যাটিক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। বিকারক হিসাবে গাঢ় H_2SO_4 , গাঢ় H_2SO_4 -এ দ্রবীভূত SO_3 (ওলিয়াম, Oleum) অথবা ক্লোরোসালফোনিক

অ্যাসিড, $\text{Cl}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{S}}-\text{OH}$ ব্যবহার করা হয়। এখানে SO_3 ইলেকট্রোফাইলের সাহায্যে বিক্রিয়ার কৌশল দেখান হল।

বিক্রিয়ার কৌশল :

বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে ঘটে।



নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন ও ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া থেকে সালফোনেশন বিক্রিয়ার চরিত্রগত পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়।

(1) সালফোনেশন বিক্রিয়া উভমুখী। অর্থাৎ বিক্রিয়াকারী পদার্থ, মধ্যস্থ এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ সাম্যাবস্থায় থাকে। কিন্তু নাইট্রেশন উভমুখী বিক্রিয়া নয়।

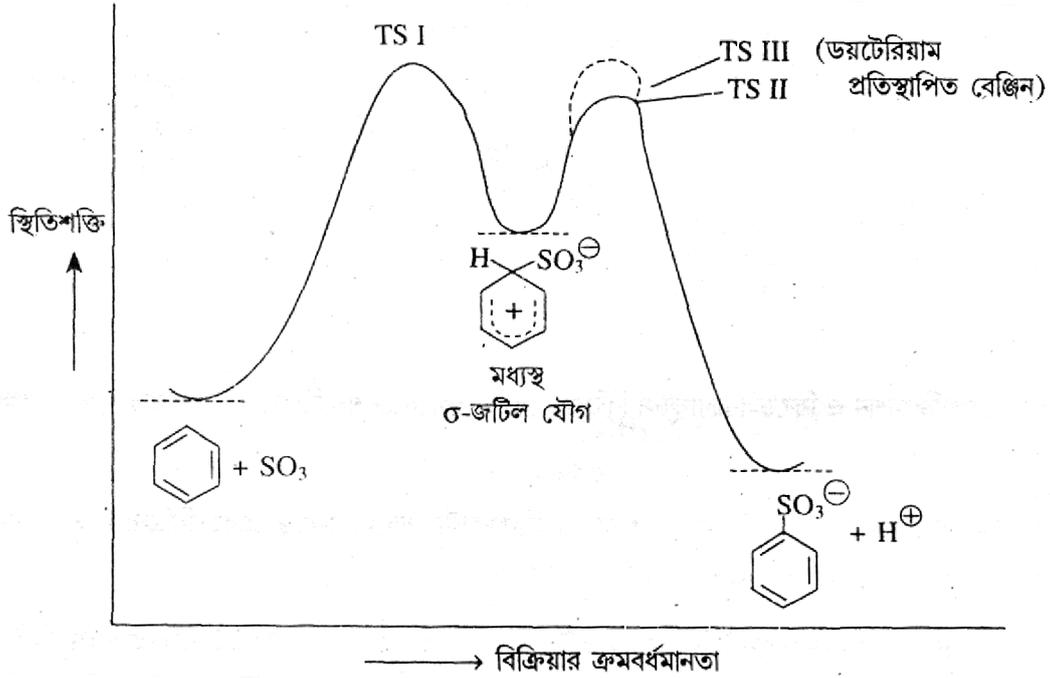
(2) নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন বিক্রিয়ায় সমস্থানিকের কোন প্রভাব নেই। কারণ এই বিক্রিয়াগুলির দ্বিতীয় ধাপে হাইড্রোজেন দ্রুত অপসারিত হয়। এক্ষেত্রে C-H বা C-D বন্ধনের বিভাজনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন এবং ডয়টেরিয়াম প্রায় একই গতিতে অপসারিত হয়।

কিন্তু সালফোনেশন বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপ উভমুখী হয় বলে সমস্থানিকের প্রভাব কিছুটা লক্ষ্য করা যায়। একে 'প্রাইমারি কাইনেটিক আইসোটোপিক এফেক্ট বলে।' বেঞ্জিনের নাইট্রেশন বিক্রিয়ার গতি এবং ডয়টেরিয়াম—প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিনের নাইট্রেশন বিক্রিয়ার গতির অনুপাত যদি K_H/K_D হয়, তাহলে $K_H/K_D = 7$ ।

(3) সালফোনেশন বিক্রিয়ায় লেখচিত্র নাইট্রেশন বিক্রিয়ার লেখচিত্র থেকে একটু আলাদা। লেখচিত্রে সালফোনেশন বিক্রিয়ায় TS-I এবং TS-II-এর উচ্চতা প্রায় সমান। বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার দরুন মধ্যস্থটি ডানদিকে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থে যেমন রূপান্তরিত হতে পারে তেমনি বাঁদিকে বিক্রিয়াকারী পদার্থেও রূপান্তরিত হতে পারে।

সালফোনেশন বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন বলয়ের হাইড্রোজেন (H) ডয়টেরিয়াম (D) দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে TS-II-এর স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ লেখচিত্রে TS-II-এর উচ্চতা TS-I থেকে সামান্য বৃদ্ধি পাবে (উচ্চতা ডট... দিয়ে দেখান হয়েছে)। ডয়টেরিয়াম প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিনের সালফোনেশন বিক্রিয়ার হার সামান্য।

সালফোনেশনের লেখচিত্র



11.9 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করার পর আপনি অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্বন্ধে যে জ্ঞান অর্জন করেছেন তা সংক্ষেপে উল্লেখ করা হল।

- প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলতে কী বুঝায়।
- নিউক্লিওফাইল, ইলেকট্রোফাইল ও মুক্ত মূলক কাদের বলে এবং এই বিকারকগুলির উদাহরণ।
- ক্ষারক ও নিউক্লিওফাইল এবং ক্ষারকীয়তা ও নিউক্লিওফিলিসিটির মধ্যে পার্থক্য।
- প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সাধারণত তিন ধরনের হতে পারে। যেমন, নিউক্লিওফিলিক, ইলেকট্রোফিলিক ও মুক্ত মূলক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, নিউক্লিওফিলিক বিক্রিয়া আবার S_N^1 , S_N^2 এবং S_N^i হতে পারে। আপনি জেনেছেন যেসব যৌগ টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন অথবা ফিনাইল বা অ্যালাইল কার্বোক্যাটায়ন

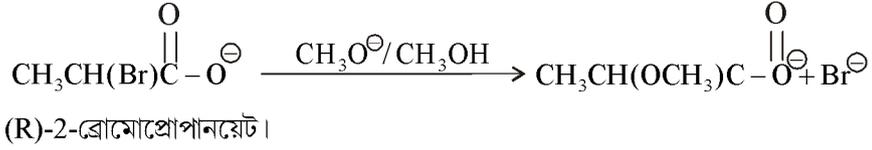
উৎপন্ন করে তারা সহজেই S_N^1 বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যেমন, টারসিয়ারি বিউটাইল ব্রোমাইড $(CH_3)_3C-Br$, বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড $C_6H_5N_2^+Cl^-$ এবং অ্যালাইল ক্লোরাইডের $CH_2=CHCH_2Cl$ -এর আর্দ্রবিশ্লেষণ।

- যে সমস্ত যৌগের সম্পৃক্ত কার্বন S_N^2 বিক্রিয়া ঘটে সেই কার্বনের ক্রম হল প্রাইমারি $>$ সেকেন্ডারি $>$ টারসিয়ারি। অর্থাৎ মিথাইল ব্রোমাইড, CH_3-Br , আইসোপ্রোপাইল ব্রোমাইড, $(CH_3)_2CH-Br$ এবং টারসিয়ারি বিউটাইল ব্রোমাইড অপেক্ষা নিউক্লিওফাইলের সঙ্গে S_N^2 বিক্রিয়া করার প্রবণতা বেশি।
- S_N^1 , S_N^2 , S_N^i এবং মুক্ত মূলক বিক্রিয়ার কলাকৌশল। যদি যৌগে অপ্রতিসম কার্বন থাকে তবে বিক্রিয়াজাত পদার্থে ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতার প্রকৃতি কীরূপ হবে।
- S_N^1 , S_N^2 বিক্রিয়ার লেখচিত্রের পার্থক্য ও তাৎপর্য।
- অ্যারোমেটিক যৌগে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার চেয়ে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সহজেই ঘটে কেন?
- কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যাসিডজাত যৌগে সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়ার ফলে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন। আবার বেঞ্জিনজাত যৌগে অপনয়ন-সংযোজন বিক্রিয়ার জন্য প্রতিস্থাপন ক্রিয়া বেঞ্জাইন মধ্যস্থের সাহায্যে ব্যাখ্যা।
- নাইট্রেশন, হ্যালোজিনেশন ও ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্-অ্যালকাইলেশন/অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়ার সঙ্গে সালফোনেশন বিক্রিয়ার পার্থক্য।
- সমস্থানিক (isotope) ব্যবহার করে নাইট্রেশন (অথবা হ্যালোজিনেশন ও ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস্) এবং সালফোনেশন বিক্রিয়ার সঠিক কলাকৌশল নির্ধারণ।

11.10 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

1. (i) ক্ষারক এবং নিউক্লিওফাইলের মধ্যে পার্থক্য কী?
(ii) HO^- এবং oNH_2 উভয়ই ক্ষারক এবং নিউক্লিওফাইল হিসাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে—উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া লিখুন।
2. মিথাইল অ্যালকোহল দ্রাবক Cl^- একটি দুর্বল নিউক্লিওফাইল। কিন্তু ডাইমিথাইল, ফরমামাইড দ্রাবকে Cl^- -এর নিউক্লিওফিলিক চরিত্র বৃদ্ধি পায়। কারণ ব্যাখ্যা করুন।
3. ক্ষারকের উপস্থিতিতে মিথাইল প্রোপানয়েটের আর্দ্রবিশ্লেষণের কলাকৌশল ব্যাখ্যা করুন। এই বিক্রিয়াটিকে সংযোজন-অপনয়ন বিক্রিয়া বলা হয় কেন?
4. বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করলে কী ঘটবে? বিক্রিয়াটির কয়টি ধাপ। ধাপগুলি উল্লেখ করুন। কোন্ ধাপটি ধীরগতি সম্পন্ন? বিক্রিয়ার স্থিতিশক্তির লেখচিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত করুন।

- 5.(i) $R(+)-CH_3\overset{\overset{C_6H_5}{|}}{C}(Br)CH_2CH_3$ যৌগটির আর্দ্রবিশ্লেষণে উৎপন্ন অ্যালকোহল আলোকসক্রিয় হবে কী? যুক্তিসহ উত্তর লিখুন?
- (ii) 1-ব্রোমো ইথেনকে লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হল। বিক্রিয়াজাত যৌগের উল্লেখ করে বিক্রিয়ার কৌশল দেখান।
- 6.(i) বেঞ্জিন থেকে বেঞ্জিন সালফোনিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সময় যে বিকারক ব্যবহার করা হয় তার উল্লেখ করে বিক্রিয়ার কলাকৌশল লিখুন।
- (ii) সালফোনেশন বিক্রিয়ার সঙ্গে নাইট্রেশন বিক্রিয়ার মূল পার্থক্য কোথায়?
- (iii) এই দুটি বিক্রিয়ার স্থিতিশক্তির লেখচিত্রের মধ্যে মিল ও অমিলগুলি নির্দেশ করুন।
7. নিচের বিক্রিয়াটির কৌশল ব্যাখ্যা করুন। বিক্রিয়াজাত যৌগের কনফিগারেশন কী হবে?



11.11 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

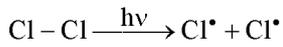
- (1) Na-তড়িৎ উদাসীন পরমাণু; বিজোড় ইলেকট্রন আছে। মুক্তমূলক।

H_2O —প্রশম নিউক্লিওফাইল; অক্সিজেন পরমাণুতে অব্যবহৃত ইলেকট্রন জোড় আছে।

HS^- —অ্যানায়নিক নিউক্লিওফাইল; ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি।

H_3O^+ —পরাতড়িৎযুক্ত আয়ন। ইলেকট্রনের আধিক্য আছে এমন কেন্দ্রের সঙ্গে যুক্ত হয়। ইলেকট্রোফাইল।

- (2) (i) মুক্ত মূলক বিক্রিয়া :



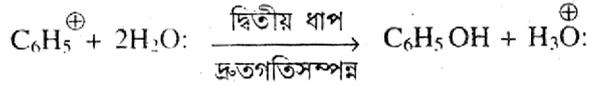
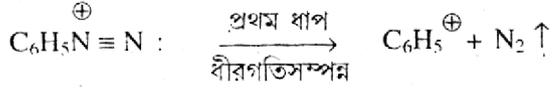
(ii) $NaOH \longrightarrow Na^+ + \overset{\ominus}{O}H$; $\overset{\ominus}{O}H$ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে; তাই এটি আয়নিক বিক্রিয়া।

(iii) $\overset{\oplus}{C}H_3MgI \longrightarrow \overset{\ominus}{C}H_3$ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে; তাই এটি আয়নিক বিক্রিয়া।

3. (i) R_2N^- ; (ii) I^- ; (iii) $\overset{\ominus}{O}C(CH_3)_3$ মিথাইল মূলকের $\oplus I$ এফেক্টের জন্য অক্সিজেন পরমাণুতে ইলেকট্রন ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি।

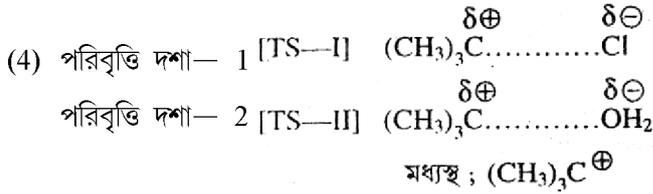
অনুশীলনী-2

(1) এক-অণুক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (substitution-Electrophilic Unimolecular) :

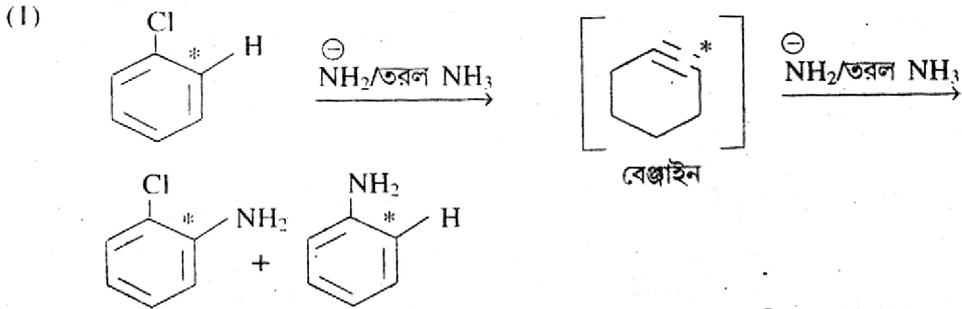


(2) 11.4.1 দেখুন

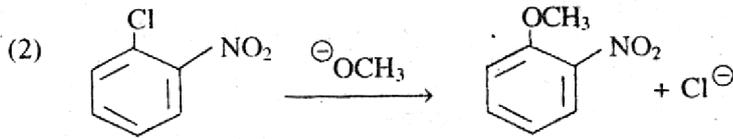
(3) মধ্যস্থ; ইডাকটিভ, রেজোন্যান্স বা হাইপারকনজুগেশনের জন্য।



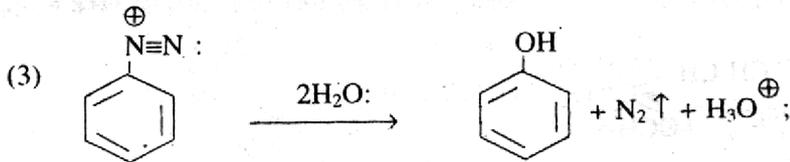
অনুশীলনী-3



প্রথম ধাপে HCl অপনয়ন এবং পরের ধাপে NH_3 ($\ominus\text{NH}_2$ এবং H^{\oplus}) সংযোজন।

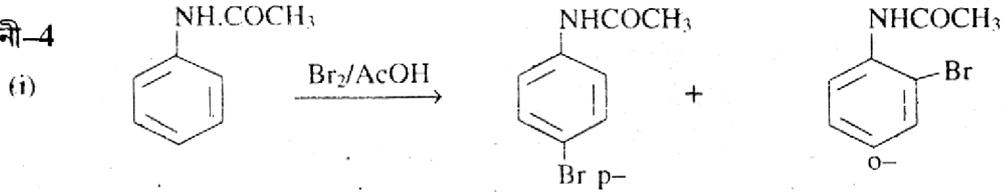


অ্যারোমেটিক S_{N}^2 বিক্রিয়া। কারণ পরিবর্তি দশাতে বিক্রিয়ক এবং বিকারক উভয়ের মোলার ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। এই দ্বি-অণুকে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Nucleophilic Bimolecular)



S_{N}^1 বিক্রিয়া ; [অনুশীলনী-2 এর (1) দেখুন]।

অনুশীলনী-4



p-ব্রোমোঅ্যাসেট্যানিলাইড অধঃক্ষিপ্ত হবে এবং বেশি তৈরি হবে।

o-আইসোমার দ্রবীভূত থাকবে এবং খুব কম তৈরি হবে।

(ii) NO_2^+ —নাইট্রেনিয়াম আয়ন;

11.8.2 অ্যারোমেটিক ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়া—নাইট্রেশন দেখুন।

অনুশীলনী-5

(1) 11.8.2—ফ্রিডেল-ক্রাফটস বিক্রিয়া দেখুন

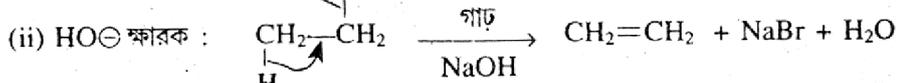
(2) নাইট্রোবেঞ্জিনে ফ্রিডেল-ক্রাফটস বিক্রিয়া ঘটবে না।

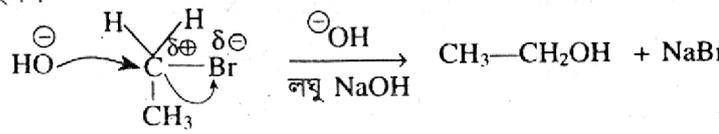
ফ্রিডেল-ক্রাফটস বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইলেকট্রোফাইল R^+ (অ্যালকাইলেশন) অথবা $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}^+$ (অ্যাসাইলেশন)।

নাইট্রোমূলক থাকার জন্য বেঞ্জিন বলয় অনেকটা নিষ্ক্রিয় (deactivated) হয়ে যায়।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী :

(1) (i) 11.2.1 দেখুন।



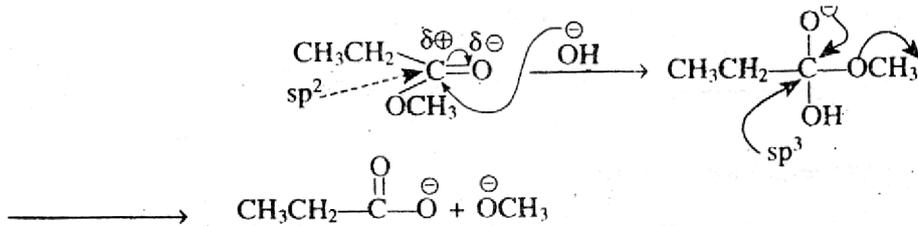
HO^- নিউক্লিওফাইল : 

কার্বনে ইলেকট্রন ঘাটতি থাকায় OH^- কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

(2) 11.2.1 (ক্ষারকীয়তা ও নিউক্লিওফিলিসিটি) দেখুন।

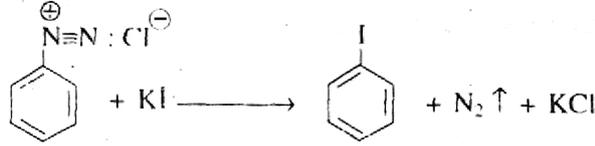
(3) 11.6 দেখুন।

ক্ষারক প্রথমে কার্বনিল মূলকের sp^2 -সংকরায়িত কার্বনে সংযোজিত হয়। পরে মেথোক্সি মলুক অপনিত হয়।

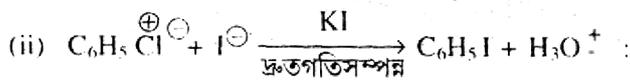
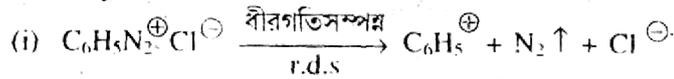


(4) আয়োডোবেঞ্জিন উৎপন্ন হবে।

এটি এক-অণুকে নিউক্লিওফিলিক অ্যারোমেটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (ArS_N^1)

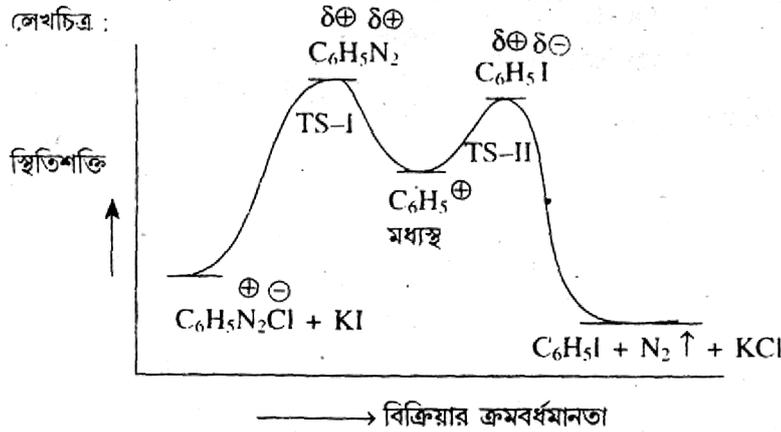


বিক্রিয়াটি দুটি ধাপ :

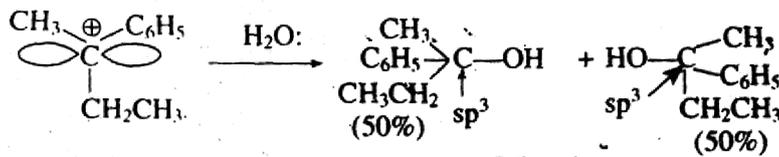
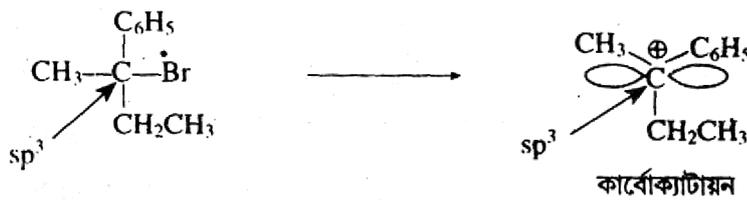


এই বিক্রিয়ায় I^- -এর নিউক্লিওফিলিসিটি Cl^- -এর নিউক্লিওফিলিসিটি অপেক্ষা অনেক বেশি।

লেখচিত্র :



(5) (i) উৎপন্ন আলকোহল রেসিমিক মিশ্রণ হবে (50 : 50) ; তাই আলোকসক্রিয় হবেনা।

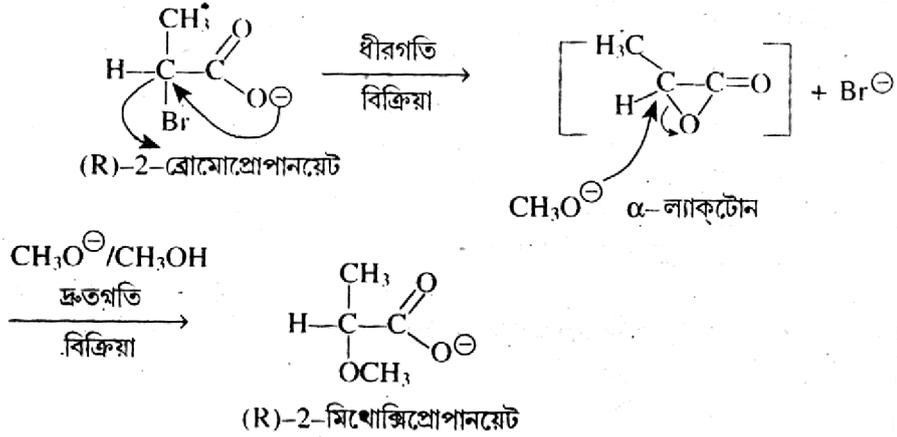


রেসিমিক মিশ্রণ

(ii) 11.5 পাঠ্যাংশ দেখুন।

(6) 11.8.2 অংশে নাইট্রেশন এবং সালফোনেশন দেখুন।

(7) এই বিক্রিয়াটি প্রতিবেশী মূলকের অংশগ্রহণের মাধ্যমে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ।



কনফিগারেশনের কোন পরিবর্তন হবে না।

একক 12 □ জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি (2)—সংযোজন ক্রিয়া ও অপনয়ন ক্রিয়া

গঠন

- 12.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 12.2 জৈব যৌগে সংযোজন বিক্রিয়া
- 12.3 ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া
 - 12.3.1 অ্যালকিনের সঙ্গে হ্যালোজেন অ্যাসিডের সংযোজন
 - 12.3.2 অ্যালকিনের সঙ্গে জলের সংযোজন
 - 12.3.3 অ্যালকাইনের সঙ্গে জলের সংযোজন
 - 12.3.4 অ্যালকিনের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়া
 - 12.3.5 অনুবন্ধ ডাইইনের সঙ্গে BR_2 ও HBr -এর সংযোজন
 - 12.3.6 মক্ত মূলক সংযোজন বিক্রিয়া
- 12.4 কনসার্টেড সংযোজন বিক্রিয়া
 - হাইড্রোবোরেশন বিক্রিয়া
 - ডিলস-আলডার বিক্রিয়া
- 12.5 ওজোনোলিসিস বিক্রিয়া
- 12.6 হাইড্রক্সিলেশন বিক্রিয়া
- 12.7 ইপক্সিডেশন বিক্রিয়া
- 12.8 কার্বনিল যৌগ নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া
 - 12.8.1 হাইড্রোজেন সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 12.8.2 সোডিয়াম বাইসালফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 12.8.3 জলের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 12.8.4 অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 12.8.5 অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়া
 - 12.8.6 গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া

- 12.8.7 ভিটিং বিক্রিয়া
- 12.8.8 অ্যালডল বিক্রিয়া
- 12.8.9 পার্কিন বিক্রিয়া
- 12.8.10 ক্লেজেন বিক্রিয়া
- 12.8.11 নোভেনাগেল বিক্রিয়া
- 12.8.12 ক্যান্নিজারো বিক্রিয়া
- 12.8.13 মাইকেল বিক্রিয়া
- 12.9 জৈব যৌগে অপনয়ন ক্রিয়া
 - 12.9.1 E2-অপনয়ন ক্রিয়া
 - 12.9.2 E2cB-অপনয়ন ক্রিয়া
 - 12.9.3 E1-অপনয়ন ক্রিয়া
- 12.10 S_N^2/S_N^1 -প্রতিস্থাপন ক্রিয়া বনাম E2 / E1-অপনয়ন ক্রিয়া
- 12.11 সারাংশ
- 12.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী
- 12.13 উত্তরমালা

12.1 প্রস্তাবনা

পর্যায় (2)-এর একক (11)-এ আপনি প্রতিস্থাপন ক্রিয়ার রসায়ন সম্বন্ধে অনেক তথ্য জেনেছেন। এই এককে আমরা সংযোজন ক্রিয়া (যুত বিক্রিয়া) ও অপনয়ন ক্রিয়ার রসায়ন নিয়ে আলোচনা করবো। পর্যায় (1)-এর একক 4 ও 5-এ বেশকিছু সংযোজন বিক্রিয়ার বর্ণনা দেওয়া হয়েছে। যুত বিক্রিয়ায় সেই সমস্ত যৌগ অংশগ্রহণ করে যারা অসম্পৃক্ত অর্থাৎ যাদের মধ্যে এক বা একাধিক কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান। দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনে ইলেকট্রনের আধিক্য থাকায় আয়নিক বিক্রিয়ায় ইলেকট্রোফাইল প্রথমে বিক্রিয়ার সূত্রপাত করে। পরে নিউক্লিওফাইল অংশগ্রহণ করে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘটায়। আবার পারক্সাইডের উপস্থিতিতে কোন কোন সংযোজন বিক্রিয়া মুক্ত মূলকের সাহায্যে সংঘটিত হয়।

এছাড়া কার্বন যৌগের সঙ্গেও সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে। কার্বনিল যৌগ $>C=O$ কার্যকরী মূলক বর্তমান। এই কার্যকরী মূলকেও কার্বন-অক্সিজেন দ্বিবন্ধনে ইলেকট্রন আধিক্য আছে। অ্যালকিন বা অ্যালকাইনে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন দুটি কার্বনের মধ্যে সীমাবদ্ধ; কিন্তু কার্বনিল দ্বিবন্ধনটি দুটি পৃথক পরমাণুর মধ্যে অবস্থিত। অক্সিজেন

কার্বনের তুলনায় অধিক অপরাতিডিংধর্মী। তাই কার্বনিল যৌগে সংযোজন ক্রিয়া অ্যালকিল ও অ্যালকাইল থেকে আলাদা। কার্বনিল মূলকে নিউক্লিওফাইলের সাহায্যে বিক্রিয়ার সূচনা হয় এবং ইলেকট্রোফাইল পরবর্তী বিক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটায়।

অপনয়ন বিক্রিয়ায় E2, E1cB ও E1 সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির নামকরণের সার্থকতা এবং এদের কলাকৌশলের মধ্যে পার্থক্য দেখান হয়েছে। কী কী অবস্থায় $S_N^2/E2$ এবং $S_N^1/E1$ বিক্রিয়াগুলিকে নিয়ন্ত্রণ করা যায় তা ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে যে তথ্য জানতে পারবেন এবং ব্যাখ্যা করতে পারবেন অথবা প্রয়োগ করতে পারবেন, সেগুলি হল :

- সংযোজন বিক্রিয়া বলতে কী বুঝায়;
- অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সঙ্গে আয়নিক বিক্রিয়ার ক্রিয়া-কৌশল।
- অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে মুক্ত মূলক বিক্রিয়ার কৌশল।
- মার্কনিকভ সূত্র কী? হ্যালোজেন অ্যাসিড অপ্রতিসম অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের সঙ্গে কীভাবে বিক্রিয়া করে।
- অ্যালকিন অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে; কিন্তু অ্যালকাইনের সঙ্গে -এর উপস্থিতিতে জলের বিক্রিয়া ঘটে।
- অনুবদ্ধ ডাইইনে 1,2 এবং 1,4-সংযোজন বিক্রিয়া।
- O_3 এবং B_2H_6 -এর সাহায্যে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া।
- $KMnO_4$ -ও O_3O_4 -এর সাহায্যে সিস ডাই-অল প্রস্তুতি।
- কার্বনিল মূলকে সংযোজন ক্রিয়ায় বিভিন্ন নিউক্লিওফাইল কীভাবে অংশগ্রহণ করে।
- ভিটিগ, অ্যালডল, পারকিন, ক্রেজেন, ক্যান্নিজারো, নোভেনাগেল, মাইকেল প্রভৃতি বিক্রিয়ার সংজ্ঞা ও কলাকৌশল।
- অপনয়ন ক্রিয়া—হফম্যান ও সেইটজেফ্ বিক্রিয়া
- E2, E1cB এবং E1 বিক্রিয়া ও বিক্রিয়ার কৌশল।
- প্রতিস্থাপন ও অপনয়ন ক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য।

12.2 জৈব যৌগে সংযোজন বিক্রিয়া (Addition reactions)

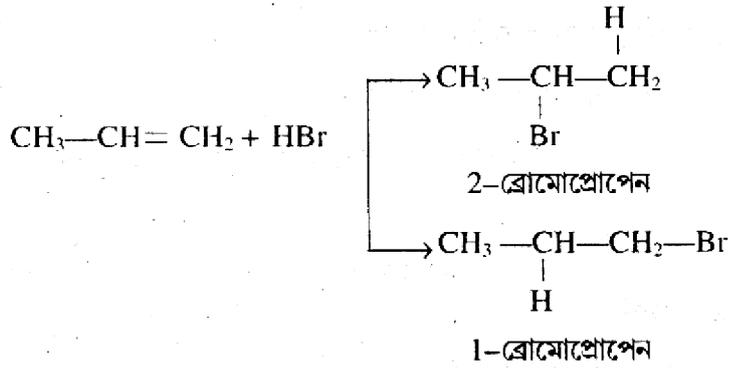
(1) অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সংযোজন বিক্রিয়া : আয়নীয় সংযোজন বিক্রিয়া এবং মুক্ত মূলক সংযোজন বিক্রিয়া। এছাড়াও কনসার্টেড (Concerted) সংযোজন বিক্রিয়া বিশেষ ক্ষেত্রে দেখা যায়।

(2) কার্বনিল যৌগে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

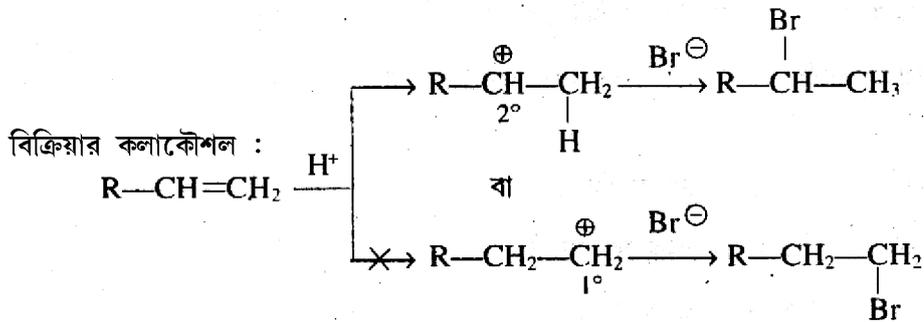
12.3 ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

যেহেতু এ ধরনের বিক্রিয়ায় π -বন্ধনের উপর আঘাত আসে যেজন্য ইলেকট্রোফাইল দিয়ে আঘাত করাই সবচেয়ে কার্যকরী। যেমন—কোন অ্যাসিড-এর সঙ্গে এ ধরনের সংযোজন বিক্রিয়া দ্রুত ঘটে। কিন্তু কোন ক্ষারকের সঙ্গে কখনই ঘটে না।

12.3.1 অ্যালকিনের সঙ্গে হ্যালোজেন অ্যাসিডের সংযোজন



এক্ষেত্রে মার্কনিকভের সূত্র অনুযায়ী 2-ব্রোমোপ্রোপেন যৌগটিই শুধু পাওয়া যাবে। এই সূত্র অনুযায়ী কোন অপ্রতিসম অ্যালকিনে হ্যালোহাইড্রাসিড সংযোজিত হলে ঐ অ্যাসিডের হ্যালোজেন C=C-এর কার্বনদুটির মধ্যে অপেক্ষাকৃত বেশি প্রতিস্থাপিত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হবে।



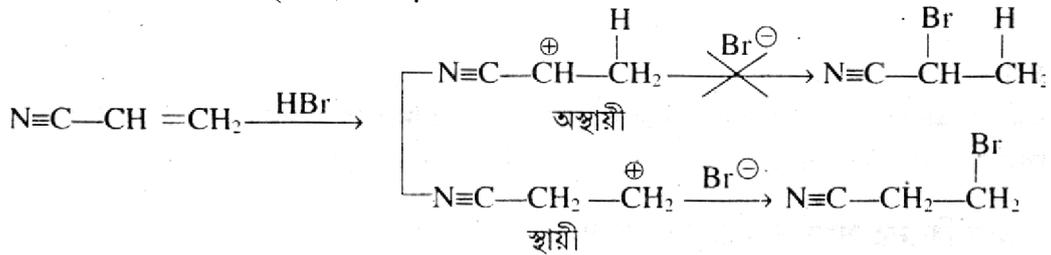
অ্যালকিল মূলক ইলেকট্রন প্রদানকারী ইন্ডাকটিভ (+I) এফেক্ট থাকায় +ve আধানযুক্ত কার্বনের সঙ্গে যত বেশিসংখ্যক অ্যালকিল মূলক যুক্ত থাকে ঐ কার্বোক্যাটায়ন তত বেশি সুস্থির।

কার্বোক্যাটায়নের সুস্থিরতা হ্রাসের ক্রম নিচে দেখান হল :

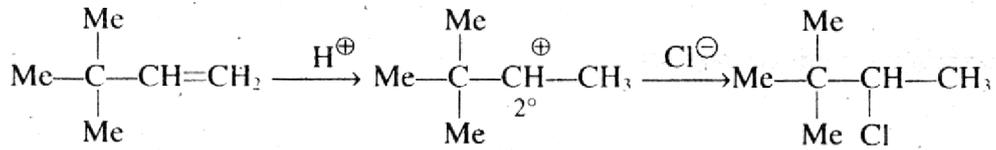
টারসিয়ারি > সেকেন্ডারি > প্রাইমারি > মিথাইল

সুতরাং $\text{R}-\overset{\text{Br}}{\text{C}}\text{H}-\text{CH}_3$ -ই বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ হবে।

একই যুক্তিতে যদি কার্বোক্যাটায়ন সঙ্গে ইলেকট্রন আকর্ষণকারী ইন্ডাকটিভ এফেক্ট সহ কোন মূলক যুক্ত থাকে তবে কার্বোক্যাটায়ন অস্থায়ী হয়ে পড়ে। যেমন—



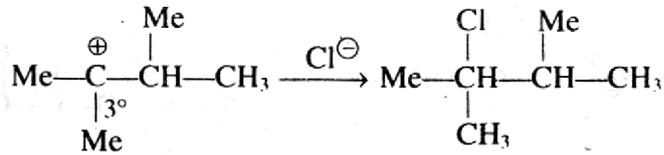
কখনো কখনো কার্বোক্যাটায়নের বেশি সুস্থিরতার জন্য $-\text{CH}_3$ মূলক-এর পূর্ণবিন্যাসও ঘটতে পারে। যেমন—



সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন

(অপেক্ষাকৃত কম সুস্থির)

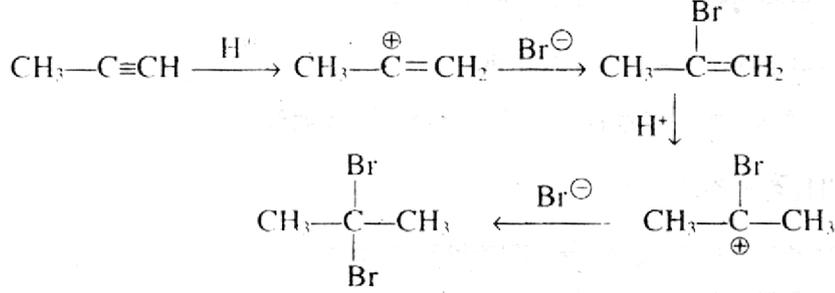
↓ -Me-এর পুনর্বিন্যাস



টারসিয়ারি কার্বোক্যাটায়ন

(অপেক্ষাকৃত বেশি সুস্থির)

অ্যালকাইনও একইরকমভাবে এই বিক্রিয়া দেখায়। এক্ষেত্রে জেম-ডাইহ্যালাইড যৌগ গঠিত হয়।



2.2-ডাইব্রোমোপ্রোপেন

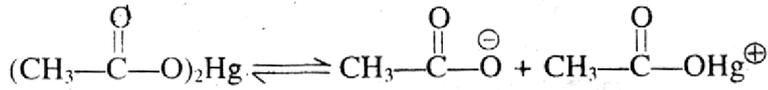
অনুশীলনী I

অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সংযোজন বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে ইলেকট্রোফাইল ও পরের ধাপে নিউক্লিওফাইল সংযোজিত হয়। এর কারণ কী?

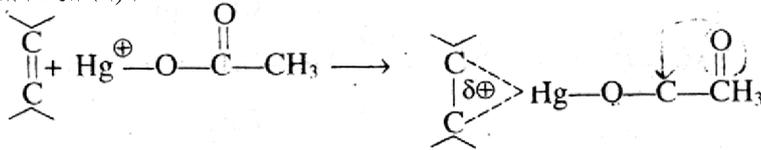
12.3.2 অ্যালকিনের সঙ্গে জলের সংযোজন :

এই সংযোজন বিক্রিয়া লঘু অ্যাসিড অথবা মারফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সংঘটিত হতে পারে। পর্যায় (1)-এর একক (4)-এ অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনে জলের সংযোজন সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এখানে মারফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে কীভাবে অ্যালকিনে এক অণু জল সংযোজিত হয় তার কৌশল দেখান হল।

(i) মারফিউরিক অ্যাসিডের বিয়োজন :

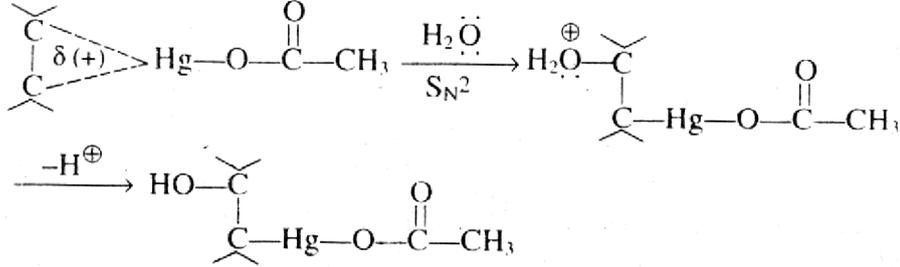


(ii) দ্বিতীয় ধাপে $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OHg}^{\oplus}$ ইলেকট্রোফাইলটি অ্যালকিনের সঙ্গে সংযোজিত হয়ে T.S. উৎপন্ন করে (মারফিউরেশন)।

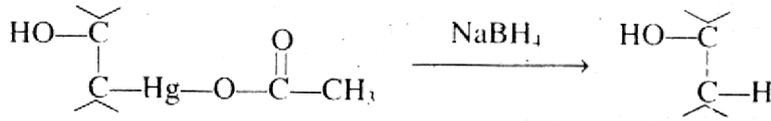


TS

(iii) তৃতীয় ধাপে নিউক্লিওফাইল, (H₂O:) আংশিক পরাতড়িৎ বহনকারী কার্বনে যুক্ত হয়।



(iv) জটিল ধাতব হাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় (NaBH₄) Hg²⁺, বিযুক্ত হয় (ডিমার্কিউরেশন):



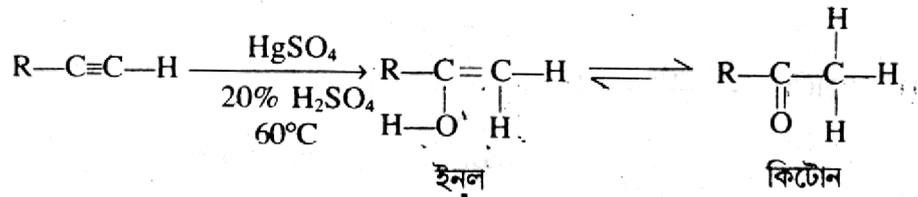
এই বিক্রিয়ার কিছু তথ্য মনে রাখা প্রয়োজন।

- (1) মার্কিউরিক আয়নের [Hg²⁺] আয়তন বড় বলে TS সহজেই গঠিত হয়।
- (2) বিক্রিয়াটি মার্কনিকভ (Markownikoff) সূত্র অনুসারে ঘটে।
- (3) এটি স্থাননির্দিষ্ট (Regiospecific) বিক্রিয়া।

এবং (4) এই বিক্রিয়া stereospecific। কারণ একমাত্র ট্রান্স (trans) যৌগ উৎপন্ন হয়।

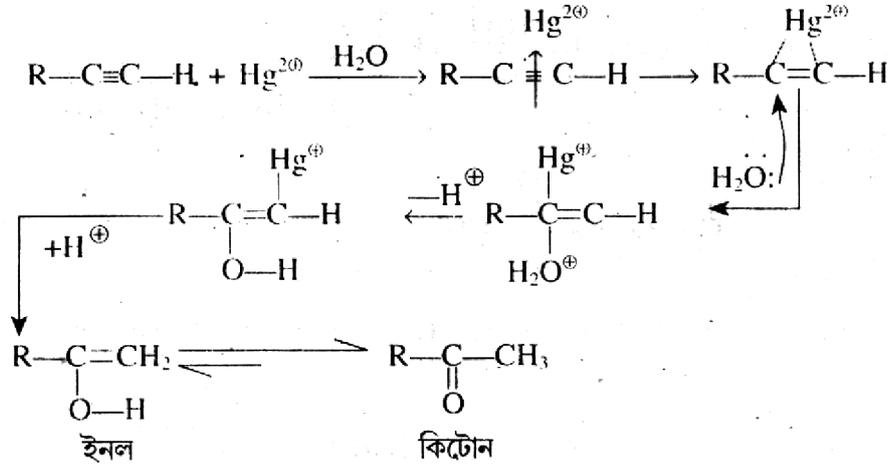
12.3.3 অ্যালকাইনের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া :

ইহাও মূলত জলের সংযোজন বিক্রিয়া। কোন অ্যালকাইনে জলের অণুর সংযুক্তিতে প্রথমে যে গঠনের যৌগ পাওয়া যায় তাকে 'ইনল' যৌগ বলে। যা সময়ের সঙ্গে সঙ্গে অপেক্ষাকৃত সুস্থির 'কিটো' যৌগে পরিণত হয়। এরা সর্বদা সাম্যাবস্থায় থাকে। এই প্রক্রিয়াকে কিটো-ইনল টটোমারিজম বলে এবং প্রত্যেক যৌগকে একটি টটোমার বলে।



অ্যালকাইনের আক্লিকধর্ম থাকার কারণে অ্যালকিনের মত সহজে লঘু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন

জলের সঙ্গে সংযোজন বিক্রিয়া করতে পারে না। সেজন্য $[\text{Hg}^{2\oplus}]$ -এর উপস্থিতি প্রয়োজন। এই বিক্রিয়ায় $[\text{Hg}^{2\oplus}]$ অনুঘটক হিসেবে কাজ করে—



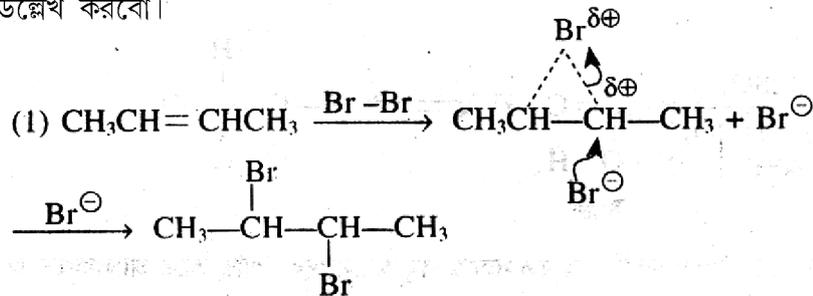
12.3.4 হ্যালোজেন সংযোজন :

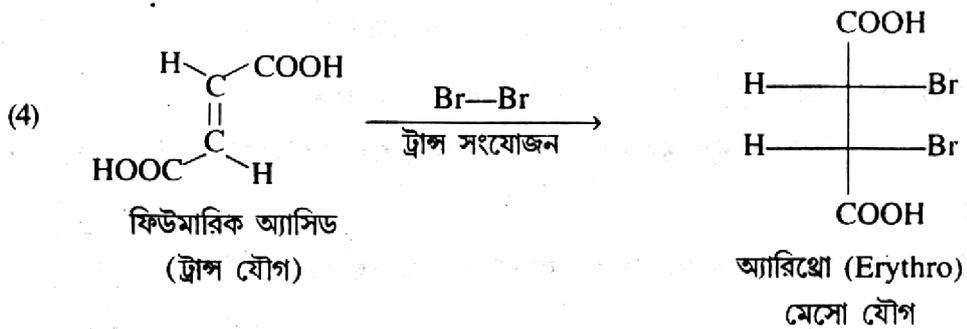
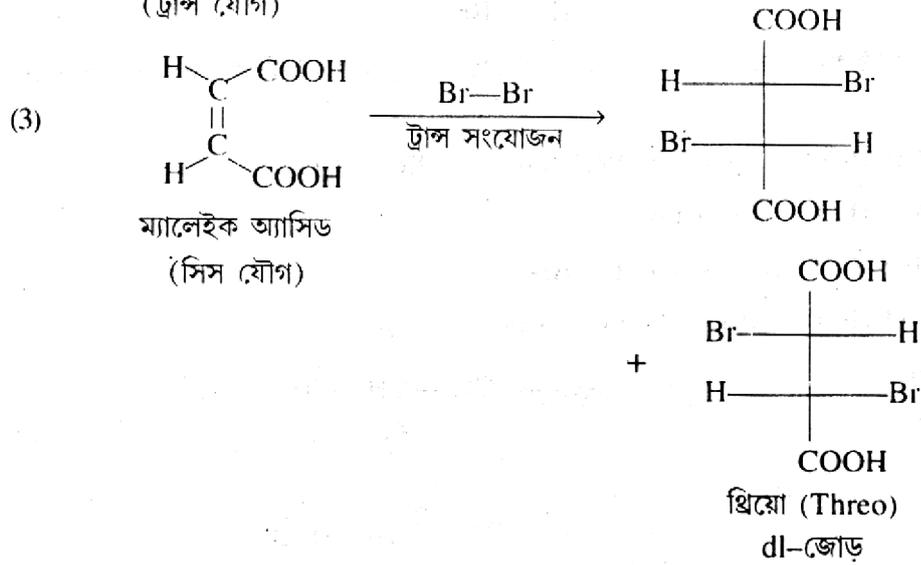
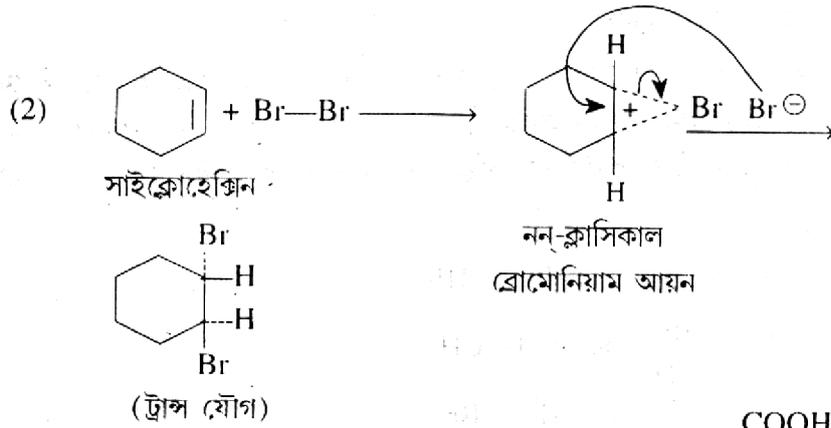
কোন অ্যালকিনের সঙ্গে হ্যালোজেনের সংযোজন বিক্রিয়ায় 1,2-ডাই হ্যালো যৌগ গঠিত হয়। এই সংযোজন নিশ্চিত রূপে একটি ট্রান্স সংযোজন বিক্রিয়া এবং ইহা নন-ক্লাসিক্যাল (Non-Classical) হ্যালেনিয়াম আয়ন গঠনের মধ্যে দিয়ে সংঘটিত হয়।



Br_2 ও Cl_2 এই বিক্রিয়া ঘটালেও F_2 -এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে, আবার I_2 -এর সঙ্গে এই বিক্রিয়া পশ্চাত্মুখী অর্থাৎ 1,2-ডাই-আয়োডোঅ্যালকেন থেকে I_2 বিমুক্ত হয়ে অ্যালকিন গঠিত হয়। এখানে CCl_4 নিষ্ক্রিয় দ্রাবক। এই বিক্রিয়াটি সাধারণ তাপমাত্রায় ঘটে।

পর্যায় (1)-এর একক (4) ও (5)-এর ব্রোমিনের সঙ্গে অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের যুত যৌগ গঠন দেখান হয়েছে। আপনি জেনেছেন যে এটি ট্রান্স সংযোজন বিক্রিয়া। এখানে কয়েকটি উদাহরণ দিয়ে বিক্রিয়াটি উল্লেখ করবো।





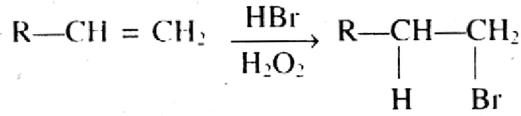
12.3.5 অনুবদ্ধ ডাইইনে হ্যালোজেন ও হ্যালোজেন অ্যাসিডের আয়নিক সংযোজন বিক্রিয়া :

এই বিক্রিয়াটি পর্যায় (1)-এর একক (4)-এ আলোচনা করা হয়েছে। তাই এর পুনরাবৃত্তি করা হল না।

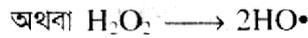
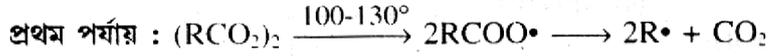
12.3.6 মুক্ত মূলক সংযোজন বিক্রিয়া :

একটি অপ্রতিসম অ্যালকিনে H_2O_2 অ্যালকিল বা অ্যাসাইল পারক্সাইডের উপস্থিতিতে HBr সংযোজিত হলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের সেই কার্বনেই ব্রোমিন মূলক যুক্ত হয়, যা সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক অ্যালকিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত আছে। যেহেতু এই বিক্রিয়ায় পারক্সাইডের উপস্থিতিতে মার্কনিকভের বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে সেহেতু একে 'পারক্সাইড প্রভাব'ও বলে।

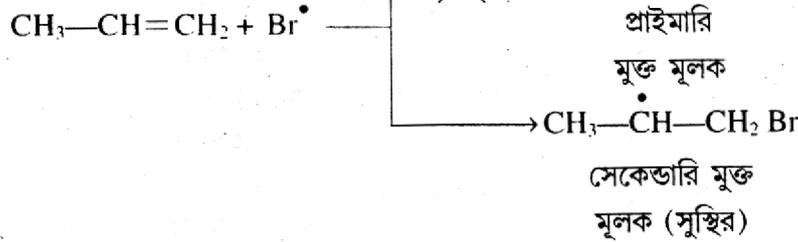
ইহা একমাত্র HBr -এর সঙ্গেই দেখা যায়। HCl ও HI -এর সঙ্গে এরূপ বিক্রিয়া হয় না।



বিক্রিয়ার কলাকৌশল : কার্বোক্যাটায়ন গঠনের পরিবর্তে পারক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে মুক্ত মূলক গঠিত হয়।



তৃতীয় পর্যায় :



পর্যায় (1)-এর একক (5)-এ মুক্ত মূলক বিক্রিয়ার কৌশল বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

অনুশীলন 2

প্রোপিন নিচের বিকারকগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে কী কী যৌগ উৎপন্ন করবে?

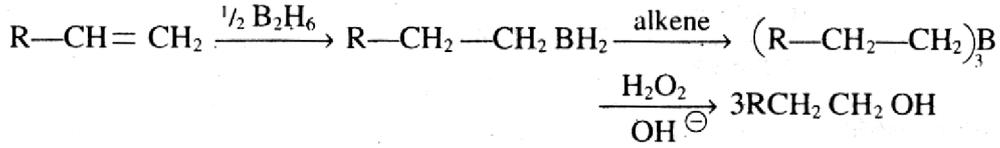
- Br_2
- HBr
- $HOBr$
- H_2O / H^+
- HBr / H_2O_2

12.4 কনসার্টেড (Concerted) সংযোজন বিক্রিয়া

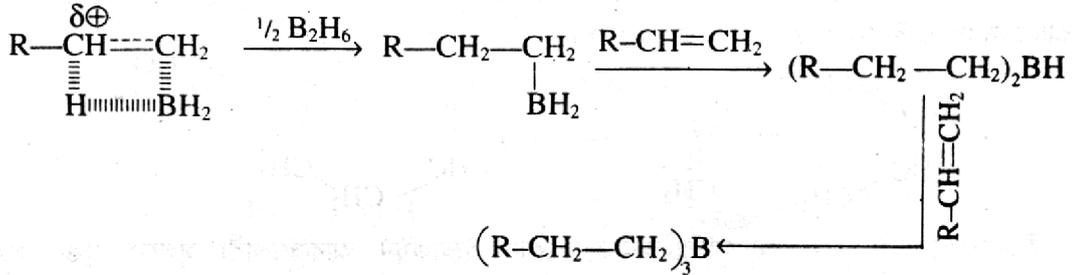
এ ধরনের বিক্রিয়ায় যেমন কার্বোক্যাটায়ন গঠিত হয় না তেমনই মুক্তমূলকও গঠিত হয় না। বিক্রিয়ায় বন্ধন ভাঙ্গা-গড়ার প্রক্রিয়াটি এক ধাপে একটি বদ্ধশৃঙ্খল পরিবর্তি দশার মধ্য দিয়ে সংঘটিত হয়।

হাইড্রোবোরেশন :

ডাইবোরেন (B_2H_6)-এর উপস্থিতিতে $C=C$ -তে অ্যান্টিমার্কিনিকভের নিয়মে $H-OH$ -এর সংযোজন এই বিক্রিয়ার উদ্দেশ্য।

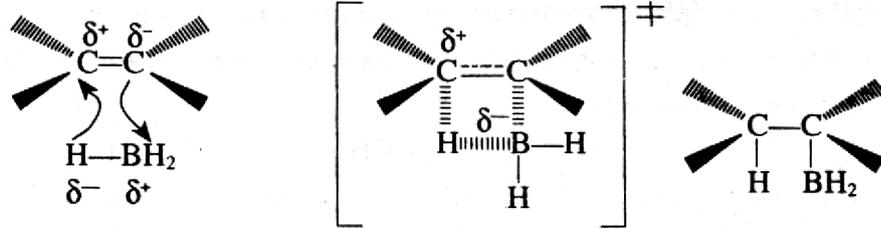


বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

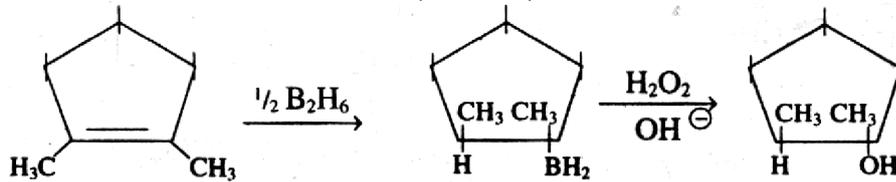


ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereochemistry) :

এই বিক্রিয়াটি একটি সিস সংযোজন বিক্রিয়া। কারণ বিক্রিয়াটি একটি বদ্ধশৃঙ্খল পরিবর্তি দশার মধ্য দিয়ে সংঘটিত হয়।

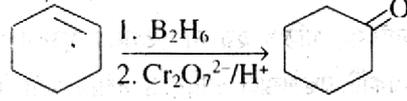


বদ্ধশৃঙ্খল পরিবর্তি দশা

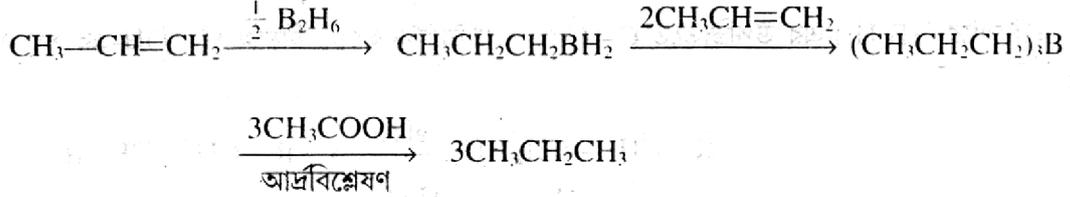


দ্বিতীয় পর্যায়ে অর্গানোবোরেশন যখন H_2O_2 ও OH^- দ্বারা জারিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে তখন যে স্থানে B যুক্ত আছে ঐ স্থানেই $-OH$ মূলক যুক্ত হয়। ফলে বোরনের সঙ্গে যুক্ত কার্বন-এর কনফিগারেশন অপরিবর্তিত থাকে। অর্গানোবোরেশন যৌগ কীভাবে H_2O_2/OH^- বিকারকের সাহায্যে জারিত হয় তার

কলাকৌশল পর্যায় (1)-এর একক (4) ও (5)-এ বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। এছাড়া অর্গানোবোরের ক্রোমিক অ্যাসিড জারণে কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয়।

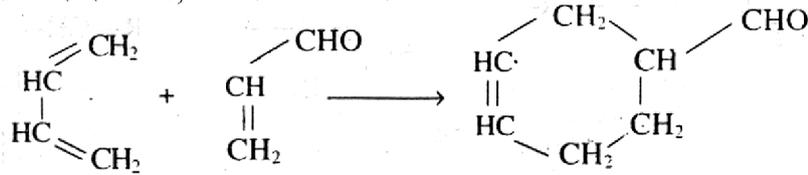


আবার অর্গানোবোরের জটিল যৌগের অম্লের মাধ্যমে আর্দ্রবিপ্লোষণের ফলে অ্যালকেন পাওয়া যায়।



Diels-Alder বিক্রিয়া :

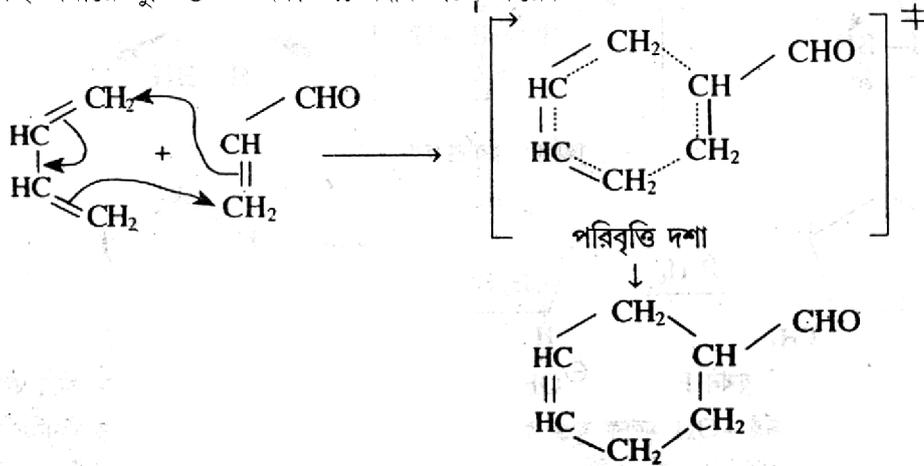
এই বিক্রিয়ায় একটি অনুবদ্ধ (conjugated)-ডাইইনকে ডাইইনোফাইল দ্বারা সংযুক্তিকরণ করা হয়। এটি একটি অনুবদ্ধ ডাই-ইন-এ 1, 4-সংযোজন মাত্র।



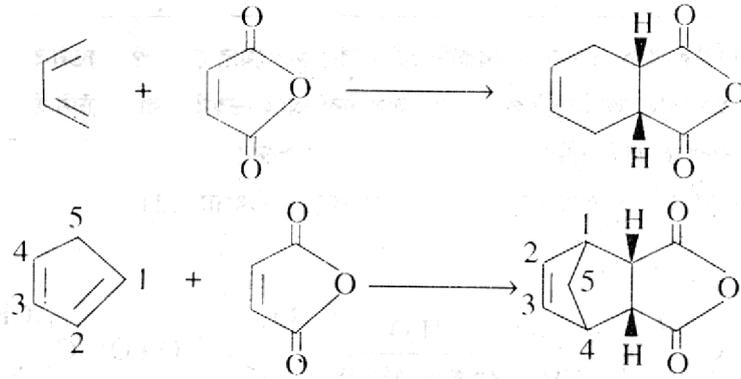
ডাই-ইনোফাইলে (এখানে অ্যাকরালডিহাইড) কোন ইলেকট্রন আকর্ষণকারী মূলক যুক্ত থাকলে [যেমন—CHO মূলক] বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয়।

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

এই বিক্রিয়ার কলাকৌশল পূর্বে উল্লিখিত সমস্ত বিক্রিয়ার থেকে আলাদা। ইহা কোন ধ্রুপদ বা মুক্ত মূলক বিক্রিয়া নয়। (এই বিক্রিয়াকে পেরিসাইক্লিক বিক্রিয়া বলা হয়)। বিকারকদ্বয়ের তিনটি π -বন্ধন বিভাজিত হয়ে একই পর্যায়ে দুটি σ ও একটি π -বন্ধন গঠন করে।

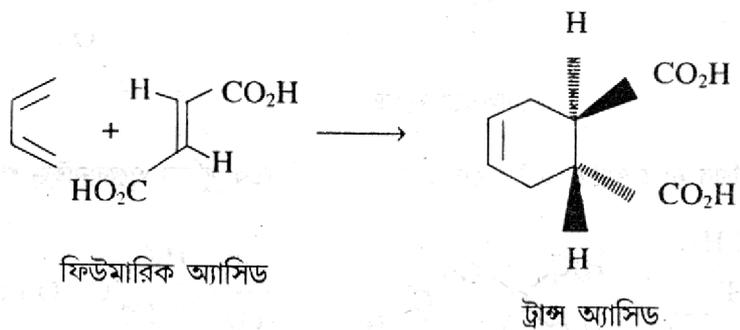
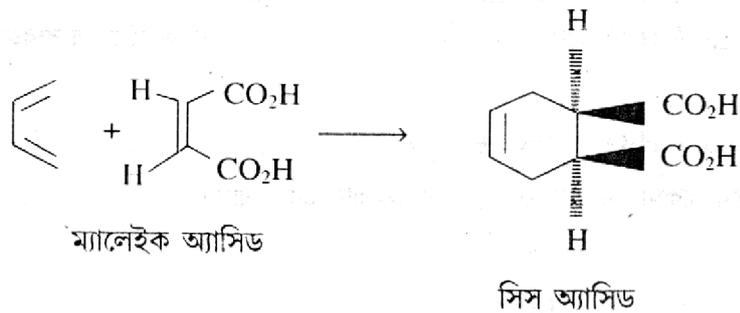


এই বিক্রিয়ার বদ্ধ শৃঙ্খল ডাইইনোফাইল থেকে বাইসাইক্লিক যৌগ পাওয়া যায়।



বিক্রিয়ার ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereochemistry of reactions) :

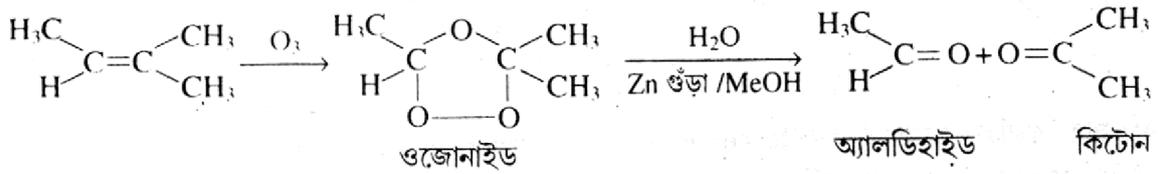
এই বিক্রিয়ায় ডাই-ইনোফাইলের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা (Stereochemistry) সর্বদা বিক্রিয়াজাত পদার্থে একই থাকে। যেমন, ম্যালিক অ্যাসিড (Maleic acid) ডাই-ইনোফাইল হলে আমরা সিস অ্যাসিড এবং ফিউমারিক অ্যাসিড (Fumaric acid) ডাই-ইনোফাইল হলে আমরা ট্রান্স অ্যাসিড পাই



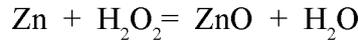
ডাইইনের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়া stereospecific cis সংযোজন।

12.5 ওজোনোলিসিস বিক্রিয়া

এতক্ষণ আমরা যেসব সংযোজন বিক্রিয়া পড়েছি তার সবকটিতেই কার্বন কাঠামোর কোন পরিবর্তন হয়নি। কিন্তু অ্যালকিনের সঙ্গে এই বিক্রিয়ার অসম্পূক্ত কার্বনদুটি পৃথক হয়ে যায় এবং অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে অসম্পূক্ত কার্বনদুটির মধ্যে ওজোনের সংযোজনের ফলে ওজোনাইড গঠিত হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে এই ওজোনাইট বিযোজিত হয়ে অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়।

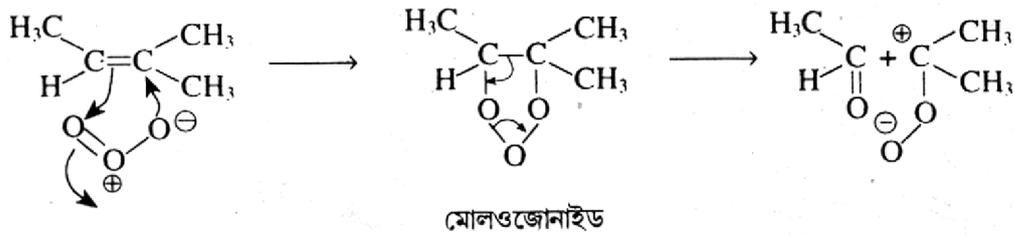


এই বিক্রিয়ার ওজোনাইড জল দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়। এখানে Zn ধাতু ব্যবহৃত হয়—কারণ ওজোনাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ H_2O_2 গঠিত হয় যা উৎপন্ন অ্যালডিহাইডকে জারিত করে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করে। Zn-এ H_2O_2 -এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে H_2O_2 -কে জারক হিসেবে ব্যবহার করা থেকে বিরত করে।

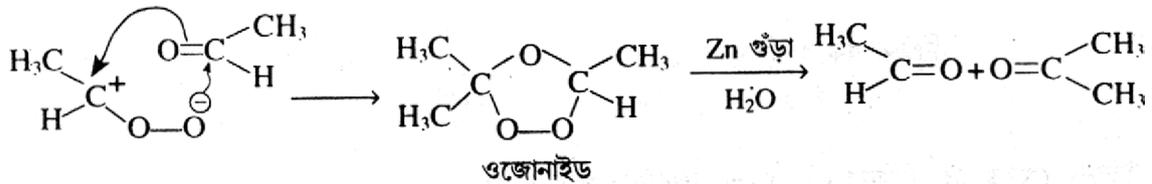


এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কোন যৌগের $\text{C}=\text{C}$ -এর অবস্থান জানা যায়।

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

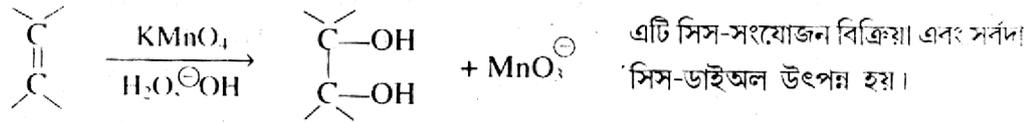


মোলওজোনাইড সুস্থির না হওয়ায় এটি বিযোজিত হয়ে অধিকতর সুস্থির ওজোনাইড গঠন করে।

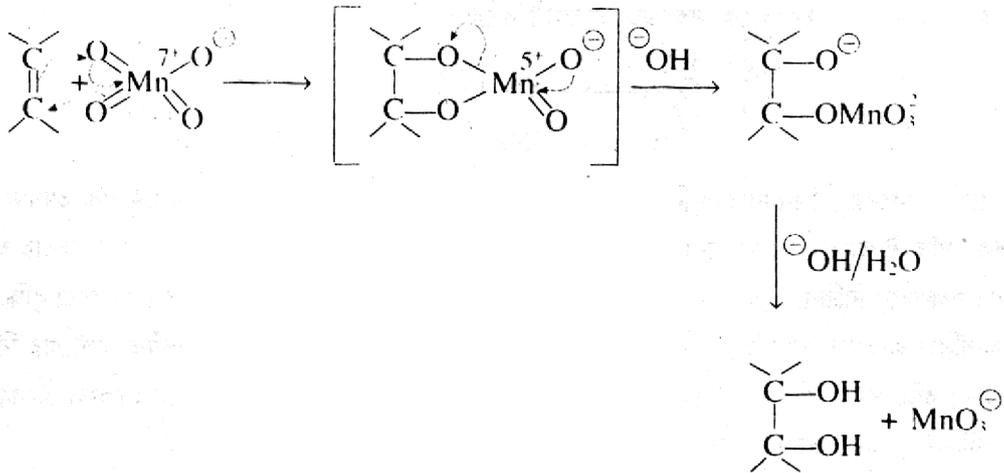


12.6 হাইড্রক্সিলেশন বিক্রিয়া

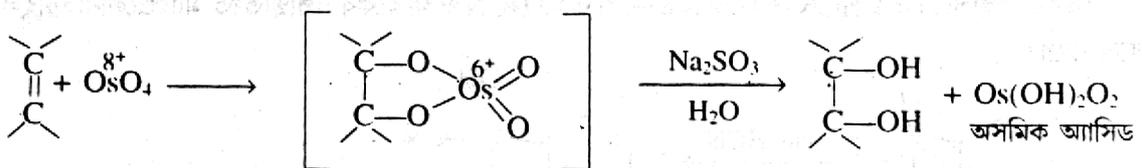
কোন অ্যালকিনে খুব লঘু KMnO_4 -এর দ্রবণ ও ক্ষার যোগ করলে ঐ দ্রবণের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায় এবং দ্রবণে 1,2-ডাইঅল গঠিত হয়। এটি $>\text{C}=\text{C}<$ অসম্পৃক্ততার পরিচয় নির্ণায়ক পরীক্ষা।



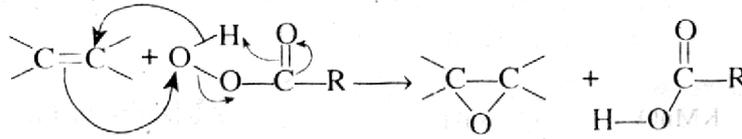
বিক্রিয়ার কলাকৌশল :



একইরকমভাবে অসমিয়াম টেট্রাক্সাইড-এর প্রয়োগে অ্যালকিন থেকে ডাইঅল উৎপন্ন হয়। কিন্তু এটির ব্যবহার অত্যন্ত সীমিত কারণ এটি অত্যন্ত দামী এবং বিষাক্ত বিকারক।

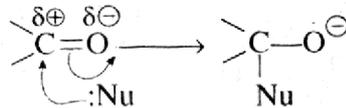


12.7 ইপক্সিডেশন বিক্রিয়া



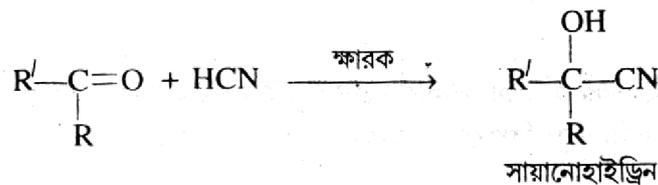
12.8 কার্বনিল যৌগ নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

কার্বনিক যৌগে অক্সিজেন কার্বন অপেক্ষা অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় কার্বনের উপর যে δ^+ আধান ঘনীভূত হয় তা নিউক্লিওফাইলকে সহজেই আকর্ষণ করে।

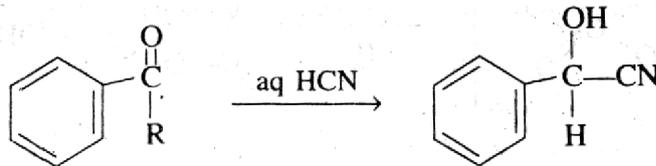


সুতরাং এ ধরনের বিক্রিয়ার হার নির্ভর করে বিক্রিয়া কেন্দ্রের কার্বনের উপর কতটা ধনাত্মক আধান আছে তার উপর। যদি ঐ আধান অণুর মধ্যে পরমাণুর উপর ছড়িয়ে যায় তাহলে ঐ যৌগের বিক্রিয়া করার ক্ষমতা কমে যায়। পক্ষান্তরে বিক্রিয়া কেন্দ্রের কার্বনের উপর ঐ আধান ঘনীভূত হলে বিক্রিয়া করার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে ইলেকট্রন আকর্ষণকারী কোন মূলক থাকলে ঐ কার্বনিল যৌগের বিক্রিয়া করার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। আবার কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে ইলেকট্রন দায়ী কোন মূলক যুক্ত থাকলে ঐ কার্বনিল যৌগের বিক্রিয়া করার ক্ষমতা হ্রাস পায়।

12.8.1 হাইড্রোজেন সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :



যেমন বেঞ্জালডিহাইড HCN-এর জলীয় দ্রবণ বা তরল HCN ও ক্ষারকের উপস্থিতিতে ম্যাডেলোনাইট্রাইল গঠন করে।

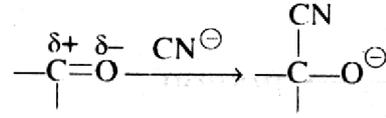


এই বিক্রিয়ার ক্ষারকের উপস্থিতির প্রয়োজন কারণ তার ফলে নিউক্লিওফাইল CN^- আয়ন গঠন দ্রুততর হয়।

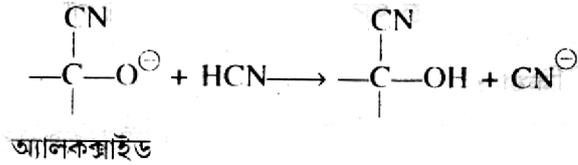
যেহেতু HCN অতি বিষাক্ত গ্যাস সেজন্য এই বিক্রিয়ায় কার্বনিল যৌগের সঙ্গে NaCN-এর জলীয় দ্রবণ সরাসরি মিশিয়ে তাকে ধীরে ধীরে লঘু HCl বা H_2SO_4 সহযোগে আন্সিকৃত করা হয়।

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

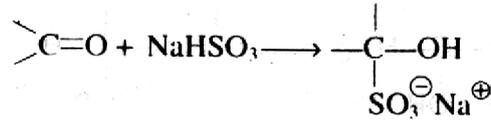
প্রথমে উৎপন্ন CN^- আয়ন $>\text{C}=\text{O}$ -এর $\delta+\text{ve}$ কার্বনে যুক্ত হয়।



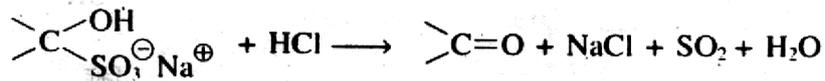
পরে অ্যালকক্সাইড আয়ন HCN অণু থেকে H অপসারণ করে।



12.8.2 সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়া :

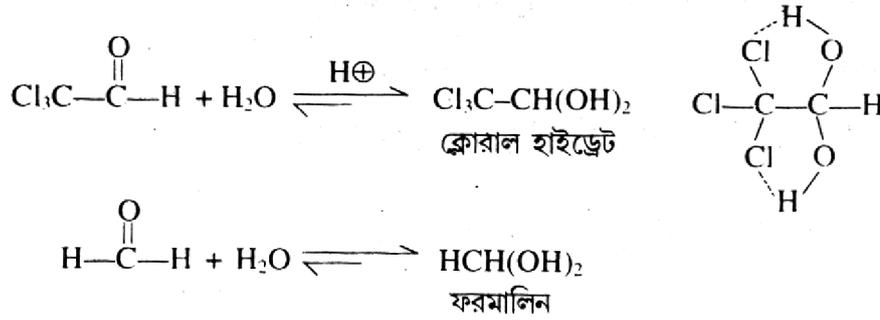


সাধারণ অ্যালডিহাইড ও কিটোন (বিশেষত মিথাইল মূলক সহ) NaHSO_3 -এর সঙ্গে কঠিন যুত যৌগ গঠন করে। কঠিন যুত যৌগকে লঘু HCl সহযোগে আন্সিকৃত করলে আবার আমরা অ্যালডিহাইড বা কিটোনটি ফিরে পাই। এই বিক্রিয়া কার্বনিল যৌগকে অন্য জৈব যৌগের মিশ্রণ থেকে পৃথক করার জন্য ব্যবহার করা হয়।



12.8.3 জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :

কম আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অ্যালডিহাইড ও কিটোনগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1, 1-ডাইঅল (জেমিনাল ডাইঅল) গঠন করে। এই ডাইঅলগুলি সাধারণত সুস্থির প্রকৃতির হয় না। কিন্তু ক্লোরাল হাইড্রেড সুস্থির। হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য এই যৌগগুলি সুস্থির হয়।

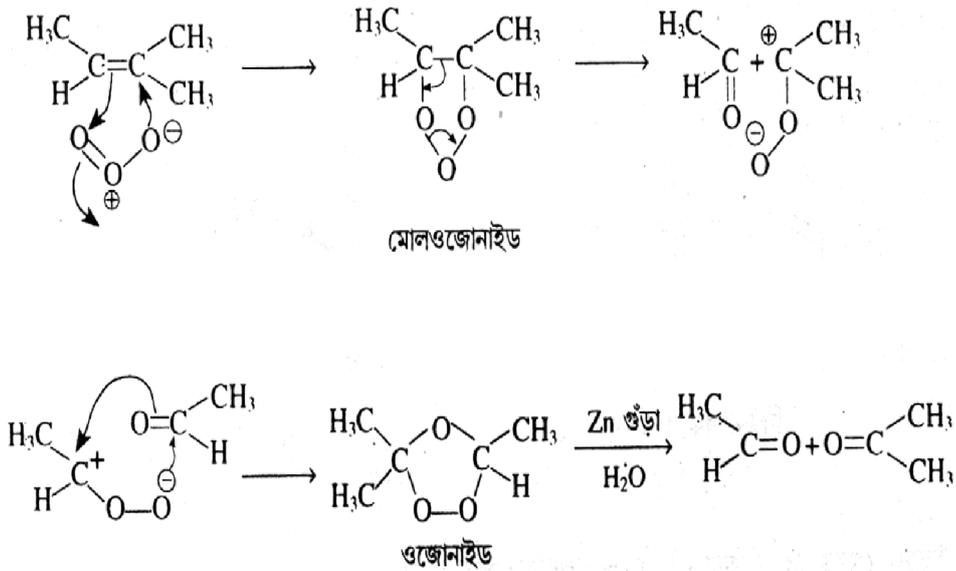


অপেক্ষাকৃত উচ্চ আণবিক গুরুত্বের কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ার হার দ্রুত কমে যায়। আবার ইলেকট্রন আকর্ষণকারী কোন মূলক কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

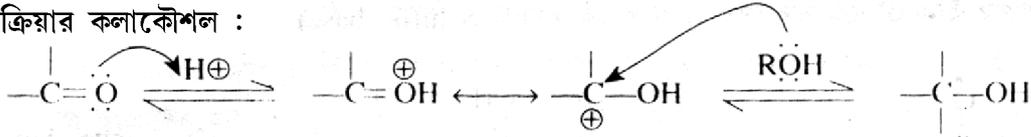
12.8.4 অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া :

অ্যালকোহলের সঙ্গে অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে কার্বনিল যৌগ বিক্রিয়া করে। এটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ার প্রথমে হেমিঅ্যাসিটাল বা হেমিকিটাল উৎপন্ন হয়। পরে অ্যাসিটাল বা কিটাল পাওয়া যায়।

বিক্রিয়ার প্রক্রিয়া :

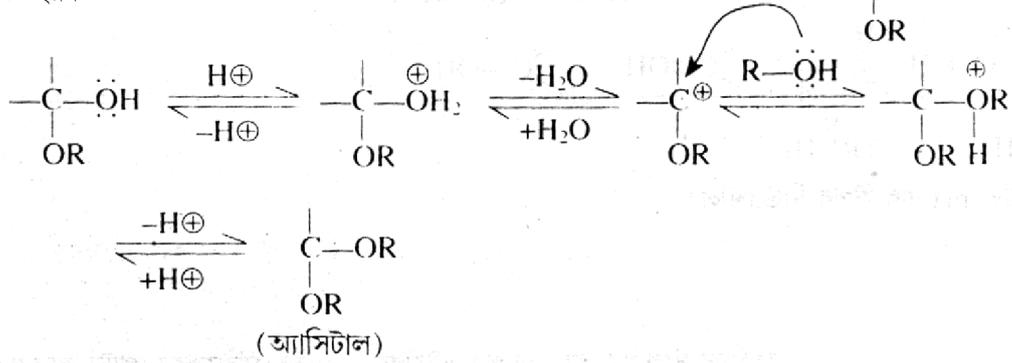


বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

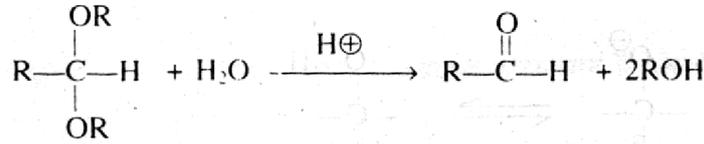


এখানে প্রথমে অক্সিজেন প্রোটোনেশানের ফলে কার্বোক্যাটায়ন গঠিত হয়। পরে অ্যালকোহলের সংযোজন ও প্রোটনে নিষ্করণে হেমিঅ্যাসিটাল গঠিত হয়।

এই হেমিঅ্যাসিটালে পুনরায় প্রোটোনেশান ও ডিপ্রোটোনেশান অ্যাসিটাল গঠিত হয়।



অ্যাসিটাল সাধারণ তাপমাত্রায় লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আবার অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়।



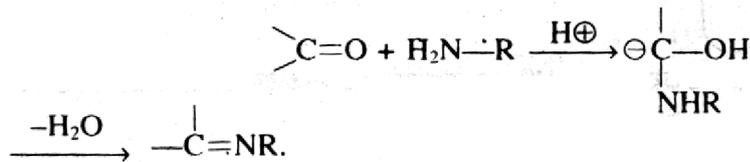
এই বিক্রিয়ার সাহায্যে কার্বনিল মূলককে সুরক্ষা করা হয়।

অনুশীলনী 3

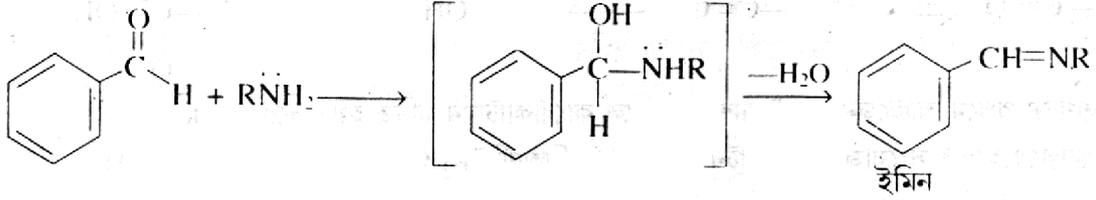
- একটি হাইড্রোক্যার্বন ও একটি কার্বনিল যৌগের মিশ্রণ থেকে কীভাবে দুটি যৌগকে পৃথক করবেন?
- CH₃CHO এবং CH₃COCH₃ যৌগ দুটির সঙ্গে C₂H₅OH/HCl (গ্যাস)-এর বিক্রিয়া পৃথকভাবে দেখান। এই বিক্রিয়ার ব্যবহার উল্লেখ করুন।

12.8.5 অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :

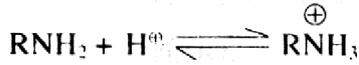
অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে কোন প্রাইমারি অ্যামিন কার্বনিল যৌগের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ইমিন উৎপন্ন করে এবং এক অণু জল অপনিত হয়।



প্রতিস্থাপিত ইমিনগুলিকে সাধারণভাবে শীফ-এর ক্ষারক (Schiff's base) বলে।



অ্যসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় $>C=O$ এবং RNH_2 সাম্যাবস্থায় থাকে।

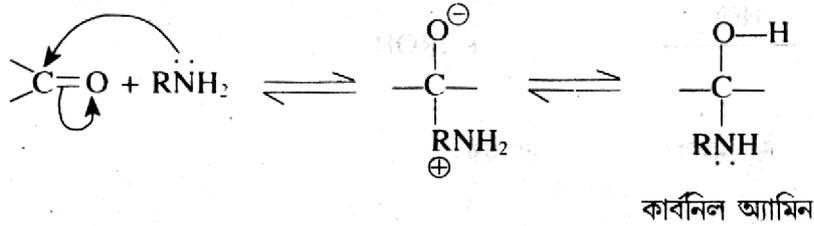


বিক্রিয়ার গতি pH-এর উপর নির্ভরশীল।

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

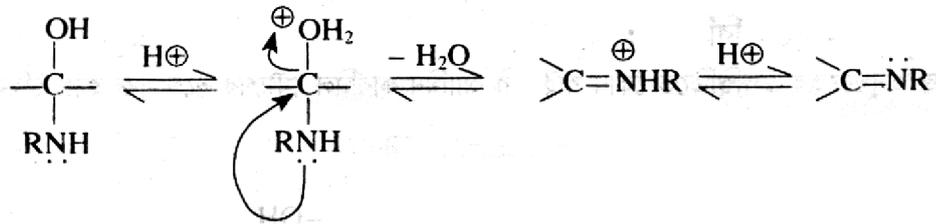
প্রথম পর্যায় :

এই পর্যায়ে RNH_2 প্রথম কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়। এরপর নাইট্রোজেন থেকে অক্সিজেনে প্রোটন স্থানান্তর ঘটে।



দ্বিতীয় পর্যায় :

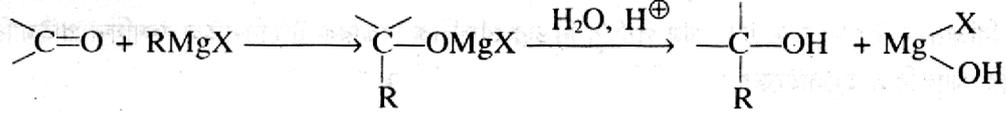
এই পর্যায়ে কার্বনিল অ্যামিন থেকে জল অপনীত হয়ে ইমিন উৎপন্ন হয়।



এই বিক্রিয়ায় সংযোজন ও অপনয়ন উভয় অংশই H^+ -এর উপস্থিতিতে দ্রুততর ক্রিয়া করে। কিন্তু H^+ -এর গাঢ়ত্ব খুব বেশি হলে বিক্রিয়ার হার মন্দীভূত হয়।

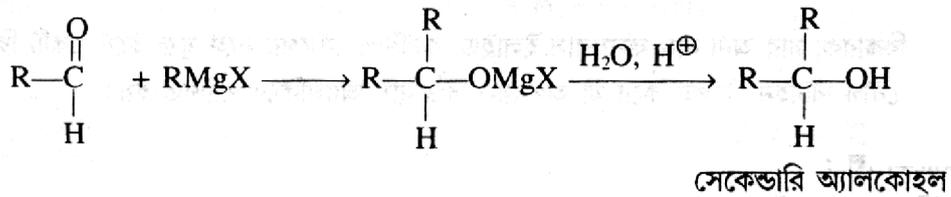
12.8.6 গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া :

অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে এই বিক্রিয়া অত্যন্ত উল্লেখযোগ্য। প্রথমে গ্রীগনার্ড বিকারক (RMgX)-এর কার্বনিল যৌগে সংযোজন এবং তারপর আর্দ্রবিশ্লেষণ করে অ্যালকোহল গঠন।

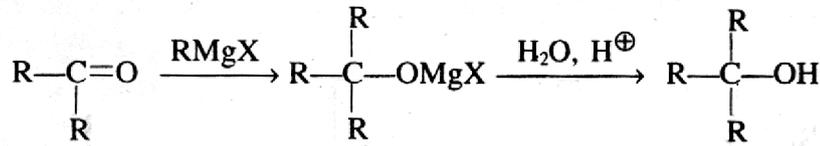


মিথানাল থেকে এই বিক্রিয়ায় আমরা প্রাইমারি অ্যালকোহল পাই।
(অ্যালকিনাইল বোরেন)
সিস্ (cis)

অন্য যে কোন অ্যালডিহাইড থেকে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল পাই।



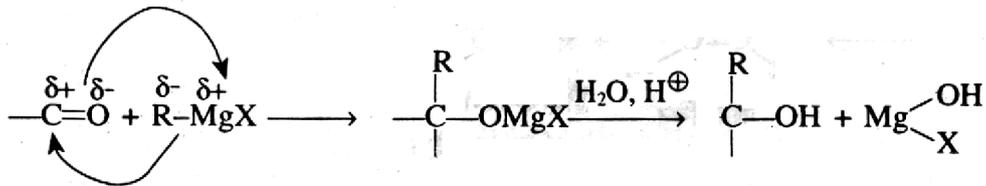
আবার কিটোনের সঙ্গে গ্রীগনার্ড বিকারকের সংযোজনে টারসিয়ারি অ্যালকোহল পাই।



টারসিয়ারি অ্যালকোহল

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

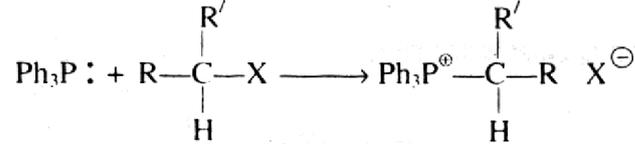
একটি গ্রীগনার্ড বিকারকের অ্যালকিল মূলকের উপর δ -ve আধান ও MgX-এর উপর δ +ve আধান থাকে। কার্বনিল মূলকের $\text{>C}=\text{O}$ ধ্রুবীয়তা থাকায় কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে গ্রীগনার্ড বিকারকের অ্যালকিল মূলক σ -বন্ধন তৈরি হয় এবং কার্বনিল মূলকের π -বন্ধন খুলে গিয়ে অক্সিজেনের সঙ্গে MgX-এর σ -বন্ধন তৈরি হয়।



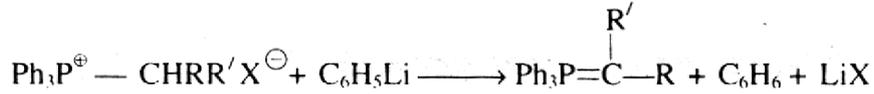
এই বিক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে দ্রাবক হিসেবে শুষ্ক ইথার ব্যবহার করা আবশ্যিক। গ্রীগনার্ড বিকারকের অ্যালকিল মূলক নিম্ন আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট হলে বিক্রিয়া দ্রুততর হয়।

12.8.7 ভিটিগ বিক্রিয়া (Wittig reaction) :

এই বিক্রিয়া দুটি পর্যায়ে ঘটে। প্রথম পর্যায়ে নিউক্লিওফিলিক বিকারক ট্রাইফিনাইল ফসফিন প্রাইমারি বা সেকেন্ডারি অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফসফোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।



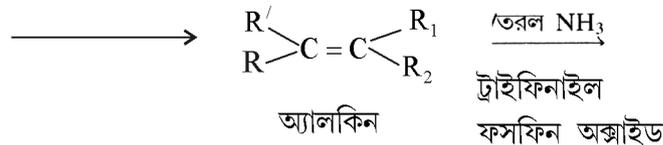
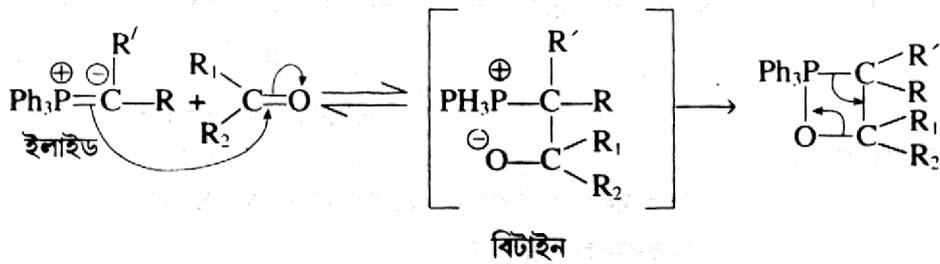
উৎপন্ন ফসফোনিয়াম লবণ তীব্র ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে ঐ ক্ষারক α -H অপনয়ন করে ট্রাইফিনাইল ফসফোরেন তৈরি করে যাকে সাধারণভাবে ভিটিগ বিকারক (Wittig reagent) বলে।



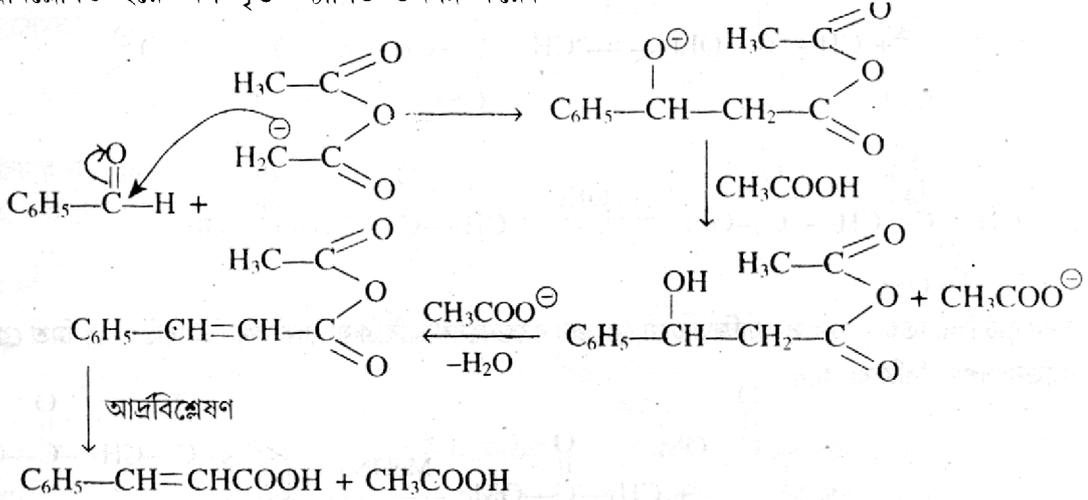
এই ভিটিগ বিকারক, যার অন্য নাম ফসফরাস ইলাইড, কার্বনিল যৌগের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একটি দ্বিমেরু অন্তর্বর্তী অস্থায়ী যৌগ বিটাইন উৎপন্ন করে যা অপনয়ন বিক্রিয়ায় অ্যালকিনে পরিণত হয়।

বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

বিটাইন অন্তর্বর্তী যৌগ একটি বদ্ধশৃঙ্খল অন্তর্বর্তী যৌগ উৎপন্ন করে যা অ্যালকিল ও ট্রাইফিনাইল ফসফিন অক্সাইড যৌগ দেয়।



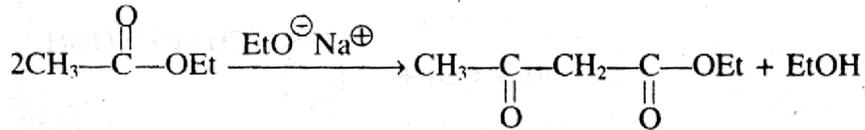
তৈরি করে তা প্রোটন গ্রহণ করে হাইড্রক্সি যৌগে পরিণত হয়। ঐ যৌগ জল অপনয়ন করে এবং আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে অসম্পূর্ণ অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড পার্কিন কন্ডেনসেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

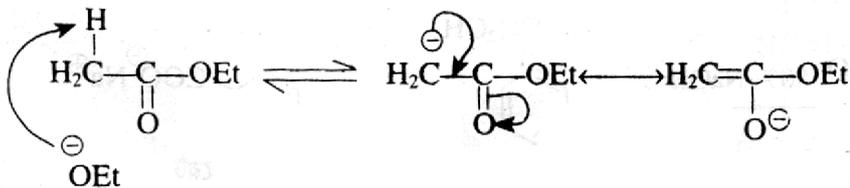
12.8.10 ক্লেজেন কন্ডেনসেশন (Claisen condensation) বিক্রিয়া :

α -হাইড্রোজেন আছে এমন কোন এস্টারের দুটি অণু মৃদু ক্ষারকের উপস্থিতিতে সংযোজিত হয়ে β -কিটো এস্টার উৎপন্ন করে তখন সেই বিক্রিয়াকে ক্লেজেন কন্ডেনসেশন বিক্রিয়া বলে। যেমন, ইথাইল অ্যাসিটেট সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

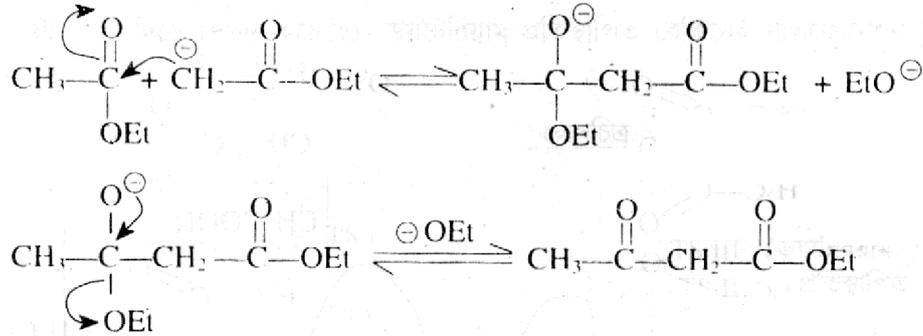


বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

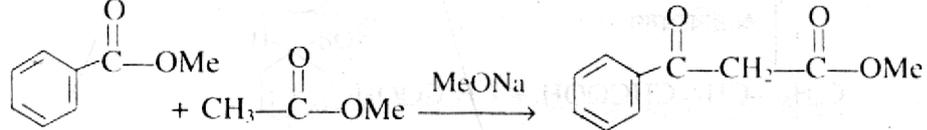
প্রথমে ক্ষারক এস্টার থেকে α -হাইড্রোজেন অপসারিত করে যে কার্বানায়ন গঠন করে তা রেজোন্যান্স-এর মাধ্যমে সুস্থিরতা লাভ করে।



এই কার্বানায়ন এস্টারের দ্বিতীয় অণুর কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে যে অস্থায়ী অ্যানায়ন তৈরি করে তা থেকে ইথক্সাইড আয়ন অপসারিত করে β -কিটো এস্টার উৎপন্ন হয়।



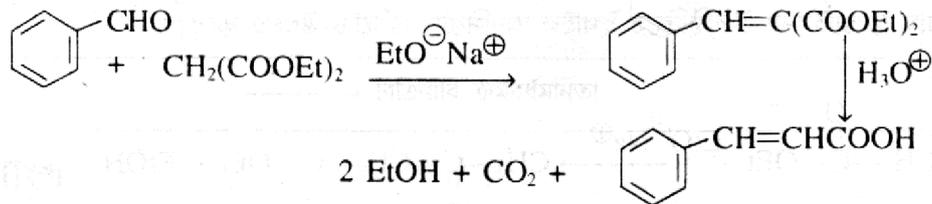
যখন দুটি ভিন্ন ভিন্ন এস্টার সংযোজিত হয়ে ক্লোজেন কন্ডেনসেশন বিক্রিয়া দেয় তখন ঐ বিক্রিয়াকে মিশ্র ক্লোজেন কন্ডেনসেশন বিক্রিয়া বলে।



মিথাইল বেঞ্জোয়েট

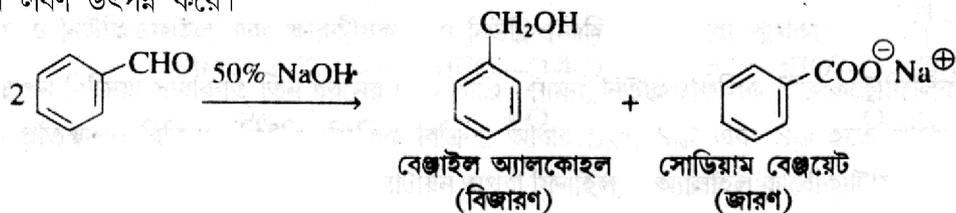
12.8.11 নোভেনাগেল বিক্রিয়া (Knoevenagel reaction) :

এই বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড বা কিটোন মুদু ক্ষারকের উপস্থিতিতে ক্রিয়াশীল মিথিলিন মূলক যুক্ত ডাইবেসিক অ্যাসিডের এস্টারের সঙ্গে সংযোজিত হয়ে α , β -অসম্পূর্ণ অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

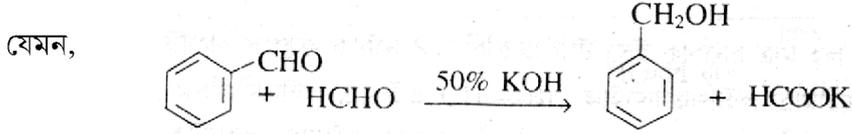


12.8.12 ক্যানিজারো বিক্রিয়া (Cannizzaro reaction) :

এই বিক্রিয়ায় α -হাইড্রোজেন অনুপস্থিতি এমন কোন অ্যালডিহাইড তীব্র ক্ষারকের ঘন দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালডিহাইডের এক অণু বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল হয় এবং অণু জারিত হয়ে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ উৎপন্ন করে।

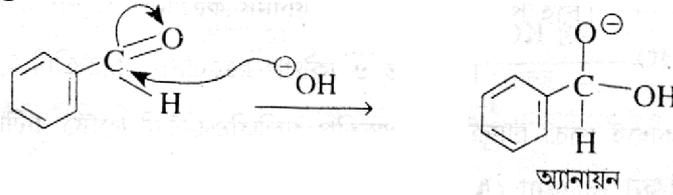


α -হাইড্রোজেন নেই এমন দুটি ভিন্ন অ্যালডিহাইড নিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে অপেক্ষাকৃত উচ্চতর আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল ও নিম্ন আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়,

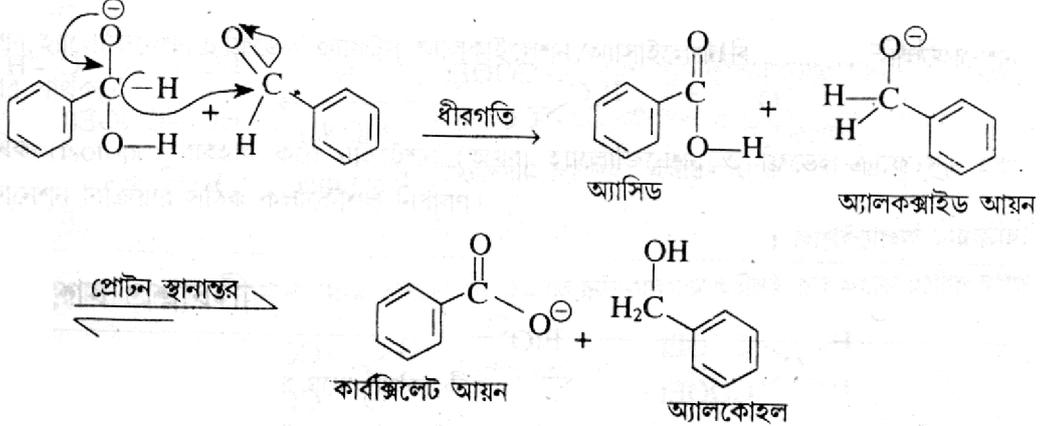


বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

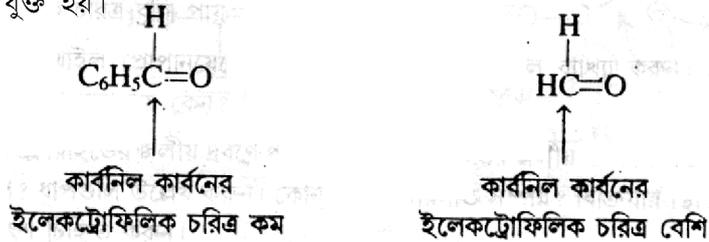
প্রথম পর্যায়ে OH^- আয়ন দ্বারা কার্বনিল কার্বনে নিউক্লিওফিলিক আক্রমণে অ্যানায়ন তৈরি হয়।



দ্বিতীয় পর্যায়ে অ্যানায়ন থেকে অন্য একটি অ্যালডিহাইড অণুর কার্বনিল কার্বনে হাইড্রাইড আয়ন স্থানান্তরণ প্রথমে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যালকক্সাইড আয়ন উৎপন্ন হয়। পরে অস্থায়ী অ্যালকক্সাইড আয়ন অ্যাসিড থেকে প্রোটন গ্রহণ করে স্থায়ী অ্যালকোহলে পরিণত হয়। কার্বক্সিলেট আয়ন অ্যালকক্সাইড আয়ন অপেক্ষা অধিক স্থায়ী।

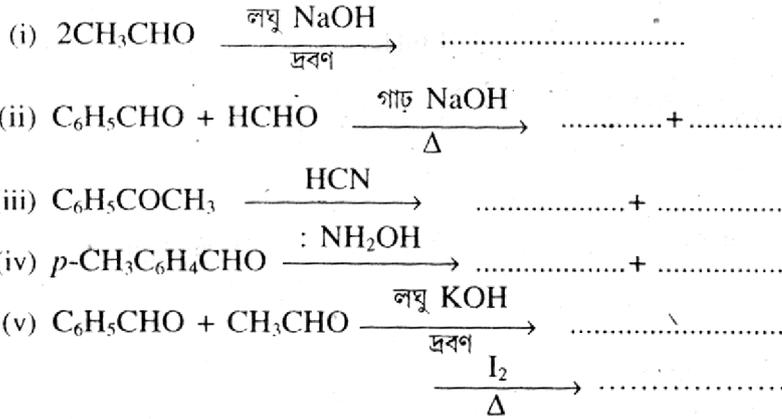


উপরে বর্ণিত HCHO এবং $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ -এর বিক্রিয়ায় বেঞ্জ্যালডিহাইডের কার্বনিল কার্বনের চেয়ে ফরম্যালডিহাইডের কার্বনিল কার্বন অধিক ইলেকট্রোফিলিক, তাই OH^- নিউক্লিওফাইল ফরম্যালডিহাইডের কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।



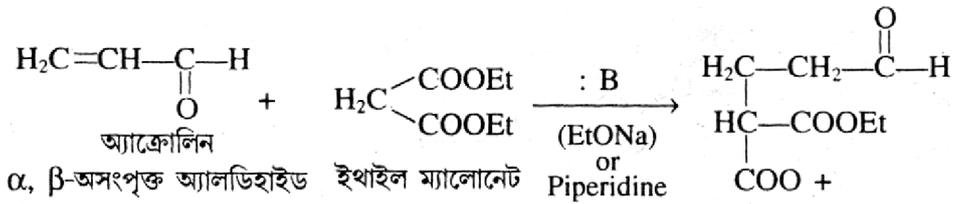
অনুশীলনী 4

শূন্যস্থান পূর্ণ করুন :



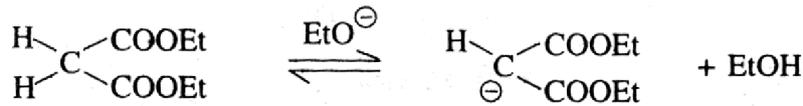
12.8.11 মাইকেল সংযোজন বিক্রিয়া (Michael addition reaction) :

যখন C = O-এর মত কোন ইলেকট্রন আকর্ষণকারী মূলক C = C-এর সঙ্গে Conjugation-এ থাকে তখন ক্ষারকের উপস্থিতিতে উৎপন্ন কোন কার্বানায়ন ঐ C = C-তে যুক্ত হয়। এই বিক্রিয়াকে মাইকেল সংযোজন বিক্রিয়া বলে।

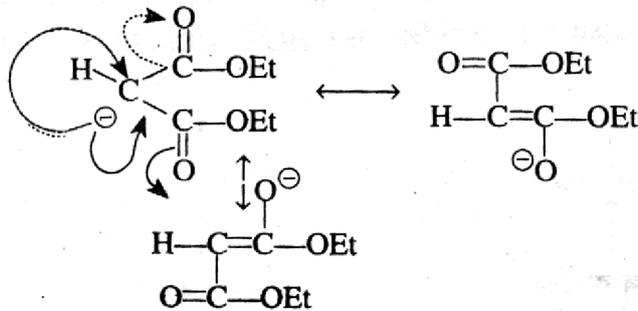


বিক্রিয়ার কলাকৌশল :

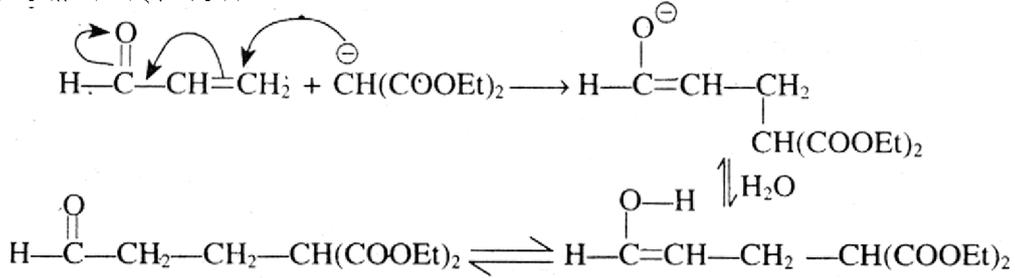
প্রথম পর্যায়ে ক্ষারক দ্বারা ইথাইল ম্যালোনেটের আলফা হাইড্রোজেন অপসারণ করে ইনোলেট অ্যানায়ন তৈরি করা হয়।



এই ইনোলেট অ্যানায়ন রেজনেস দ্বারা সুস্থির হয়।



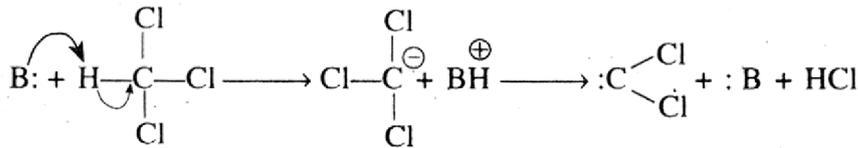
পরবর্তী পর্যায়ে কার্বানায়ন অ্যাক্রোনিল-এর β -কার্বনে সংযোজিত হয় এবং উৎপন্ন ইনলেট আয়ন দ্রাবক থেকে প্রোটিন গ্রহণ করে।



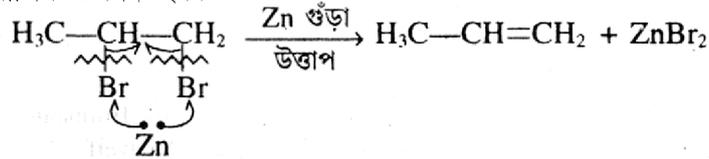
12.9 জৈব যৌগে অপনয়ন বিক্রিয়া

যখন কোন অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে ক্ষারকের বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তখন অপনয়ন বিক্রিয়া ঘটে।

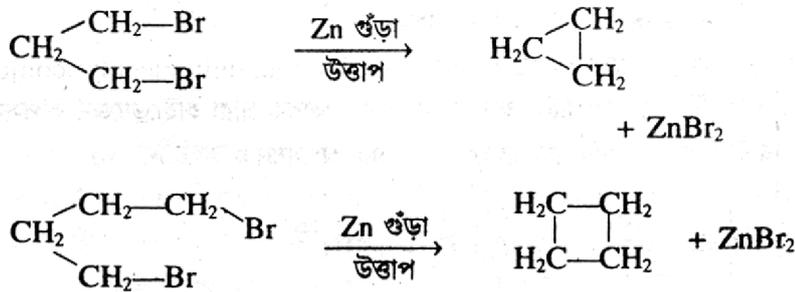
যখন অপনয়নের জন্য প্রয়োজনীয় দুটি পরমাণু বা মূলক একটি কার্বন থেকে নির্গত হয়, তখন ঐ বিক্রিয়াকে 1, 1-অপনয়ন বিক্রিয়া বলে। যেমন, ক্লোরোফর্ম-এর থেকে ক্ষারকের উপস্থিতিতে ডাইক্লোরো কার্বিন প্রস্তুতি।



যখন অপনয়নের জন্য প্রয়োজনীয় দুটি পরমাণুর বা মূলক পাশাপাশি দুটি কার্বন থেকে নির্গত হয়, তখন ঐ বিক্রিয়াকে 1,2-অপনয়ন বিক্রিয়া বলে। যেমন, 1,2-ডাইব্রোমো প্রোপেন Zn ধাতুর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্রোপিন উৎপন্ন হয়।



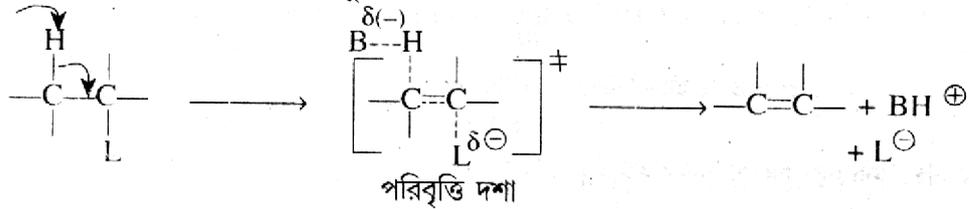
এছাড়াও 1,3-এবং 1,4-অপনয়ন ক্রিয়ার উদাহরণও জানা আছে। যেমন,



কিন্তু 1,2-অপনয়ন বিক্রিয়ার উদাহরণই বেশি জানা আছে। তাই এই বিক্রিয়াকে বিশেষভাবে আলোচনা করা হবে। 1,2-অপনয়ন বিক্রিয়া দূরকমের। E2-বিক্রিয়া ও E1-বিক্রিয়া।

12.9.1 E2-অপনয়ন বিক্রিয়া :

এই বিক্রিয়ায় দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত দুটি পরমাণু বা মূলক একসঙ্গে অর্থাৎ একটি ধাপেই অপনিত হয়। ক্ষারক অনুঘটকের কাজ করে।



L = বিদায়ীমূলক, যেমন OH, OCOR,

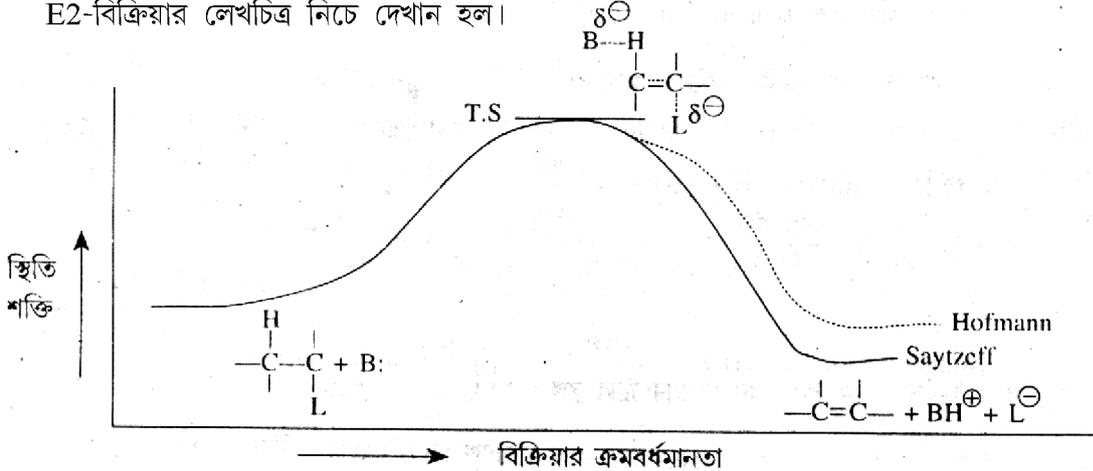
\ominus OSO₂AR, NR₃, SR₂

বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ক ও ক্ষারক উভয়ের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে।

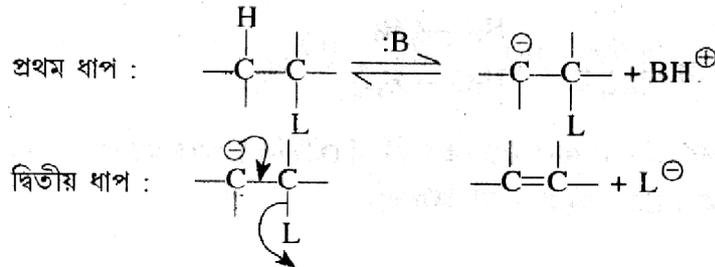
বিক্রিয়ার হার \propto [বিক্রিয়ক] [ক্ষারক]।

E2-বিক্রিয়ার পরিবৃত্তি দশাতে অপরাতড়িৎ পাঁচটি পরমাণুতে বিস্তৃত থাকে। পরিবৃত্তি দশাটি কম ধ্রুবীয় দ্রাবকে স্থায়িত্বলাভ করে। তাই E2-বিক্রিয়াটি যদি গাঢ় KOH-এর দ্রবণ অ্যালকোহলীয় KOH-এক সাহায্যে ঘটান যায় তবে বিক্রিয়ার ফল ভাল হয়।

E2-বিক্রিয়ার লেখচিত্র নিচে দেখান হল।



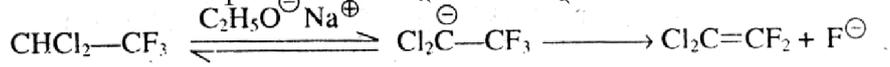
এক ধাপের জায়গায় কখনো কখনো বিশেষক্ষেত্রে E1cB (Elimination, unimolecular conjugate base) বিক্রিয়া হয়। এই বিক্রিয়া দুটি ধাপে সংঘটিত হয়। প্রথম ধাপে ক্ষার দ্বারা হাইড্রোজেন অপসারণের ফলে কার্বানায়ন গঠন এবং দ্বিতীয় ধাপে কার্বানায়ন থেকে L⁻-এর অপনয়ন।



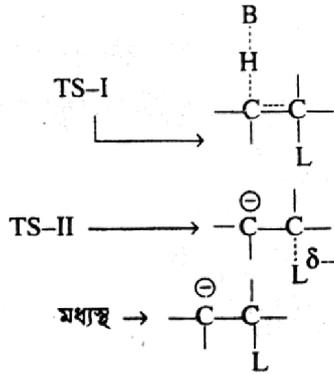
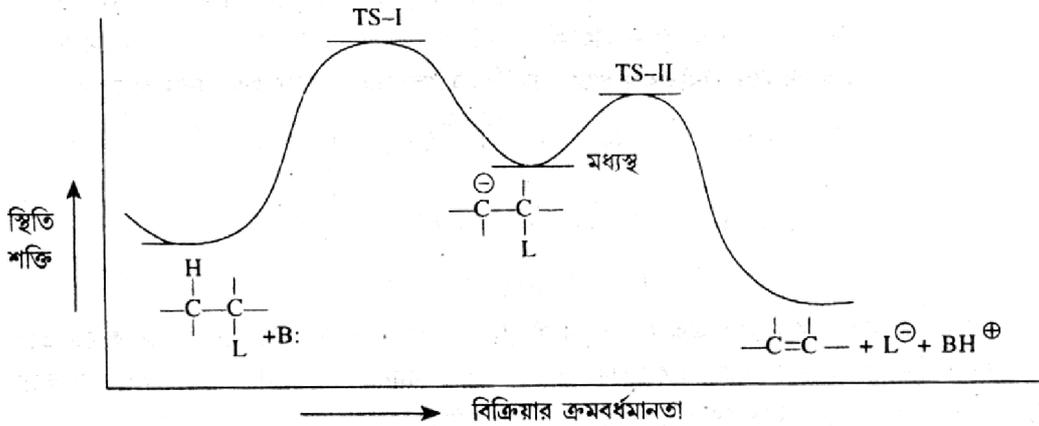
12.9.2 E1CB-অপনয়ন বিক্রিয়া :

E1CB-বিক্রিয়া সাধারণত এমন যৌগে ঘটে যেখানে উৎপন্ন কার্বানায়নের আলাদা একটা স্থায়িত্ব আছে এবং L একটি অনিচ্ছুক বিদায়ী মূলক।

যেমন, সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে 1,1-ডাইক্লোরো-2,2,2-ট্রাইফ্লোরোইথেন থেকে 1,1-ডাইক্লোরো-2,2,-ডাইফ্লোরোইথিন প্রস্তুতি। এখানে হ্যালোজেনের-I প্রভাবের জন্য উৎপন্ন কার্বানায়নের স্থায়িত্ব অনেক বেশি। আবার F^- একটি অনিচ্ছুক বিদায়ী মূলক।



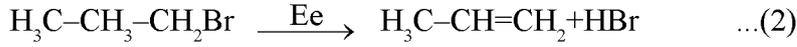
E₁CB-বিক্রিয়ার লেখচিত্র নিচে দেখান হল :



E2-অপনয়ন বিক্রিয়ার প্রমাণ :

প্রথম প্রমাণ হিসেবে বলা যায় যে যদি বিক্রিয়াটি কার্বানায়ন-এর মধ্য দিয়ে যেত তাহলে নিশ্চয়ই আমরা কখনো কখনো পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ার মাধ্যমে পুনর্বিন্যাস প্রাপ্ত অ্যালকিনও পেতাম। কিন্তু আমরা কখনো এমন অ্যালকিন পাইনা।

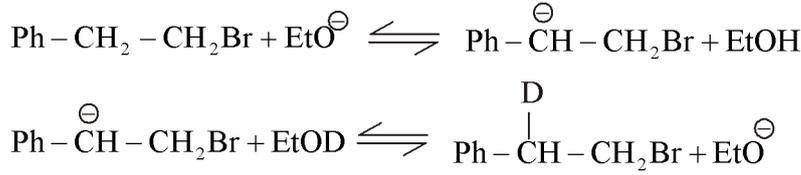
দ্বিতীয় প্রমাণ হিসাবে আমরা বলতে পারি যে আমরা 1-ব্রোমোপ্রোপেন থেকে E-2 -অপনয়ন বিক্রিয়ায় প্রোপিন পাই। কিন্তু যদি দ্বিতীয় কার্বনের হাইড্রোজেন দুটিকে ডায়টেরিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা 1-ব্রোমোপ্রোপেনে নিই তখন আমরা দেখি যে উৎপন্ন প্রোপিনের দ্বিতীয় কার্বনে একটিমাত্র ডায়টেরিয়াম আছে।



এখানে (1)-এর বিক্রিয়ার গতির হার (2)-এর বিক্রিয়ার গতির হারের তুলনায় অনেক কম হবে।

আমরা জানি যে, C-H বন্ধনের থেকে C-D বন্ধন-এর বিয়োজন শক্তি বেশি। সুতরাং C-D বন্ধন বিভাজনের জন্য প্রথম বিক্রিয়ার হার দ্বিতীয় বিক্রিয়ার হার থেকে বেশ কম হয়। এই বিক্রিয়ায় $K_H/K_D=7$; অর্থাৎ হাইড্রোজেন D দ্বারা প্রতিস্থাপিত না হলে বিক্রিয়া (2)-এর গতি সাতগুণ ত্বরান্বিত হবে।

তৃতীয় প্রমাণ হিসেবে আমরা হাইড্রোজেন বিনিময় না হওয়ার কথা বলতে পারি। E2-বিক্রিয়া E1cB বিক্রিয়ার মত কার্বানায়ন গঠন-প্রক্রিয়ার মাধ্যমে যদি ঘটে—তাহলে $\text{C}_2\text{H}_5\text{OD}$ দ্রাবকের উপস্থিতিতে 1-ব্রোমো—2-ফিনাইল ইথেনের সঙ্গে সোডিয়াম ইথক্সাইডের বিক্রিয়ার পরে ডয়টেরিয়াম প্রতিস্থাপিত বিক্রিয়ক ফেরৎ পাবো।

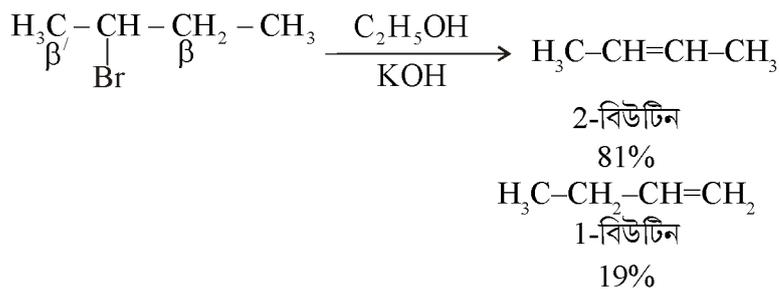


কিন্তু এমন কোন ডয়টেরেটেড বিক্রিয়ক আমরা ফেরত পাই না।

যদি কোন অপ্রতিসম বিক্রিয়কে একাধিক β -কার্বন থাকে যাদের সঙ্গে হাইড্রোজেন যুক্ত আছে তবে E2-অপনয়ন বিক্রিয়ায় আমরা মিশ্র বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ পাব। যেমন, 2-ব্রোমোবিউটেন অ্যালকোহলীয় KOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1-বিউটিন ও 2-বিউটিন উৎপন্ন হয়।

এই দুটি সমাবয়ব-এর মধ্যে কোনটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয় তা স্থির করার জন্য দুটি সূত্র আছে।

সেইটজেফ সূত্র : এই সূত্র অনুসারে অধিকতর প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন, এক্ষেত্রে 2-বিউটিন উৎপন্ন হবে।

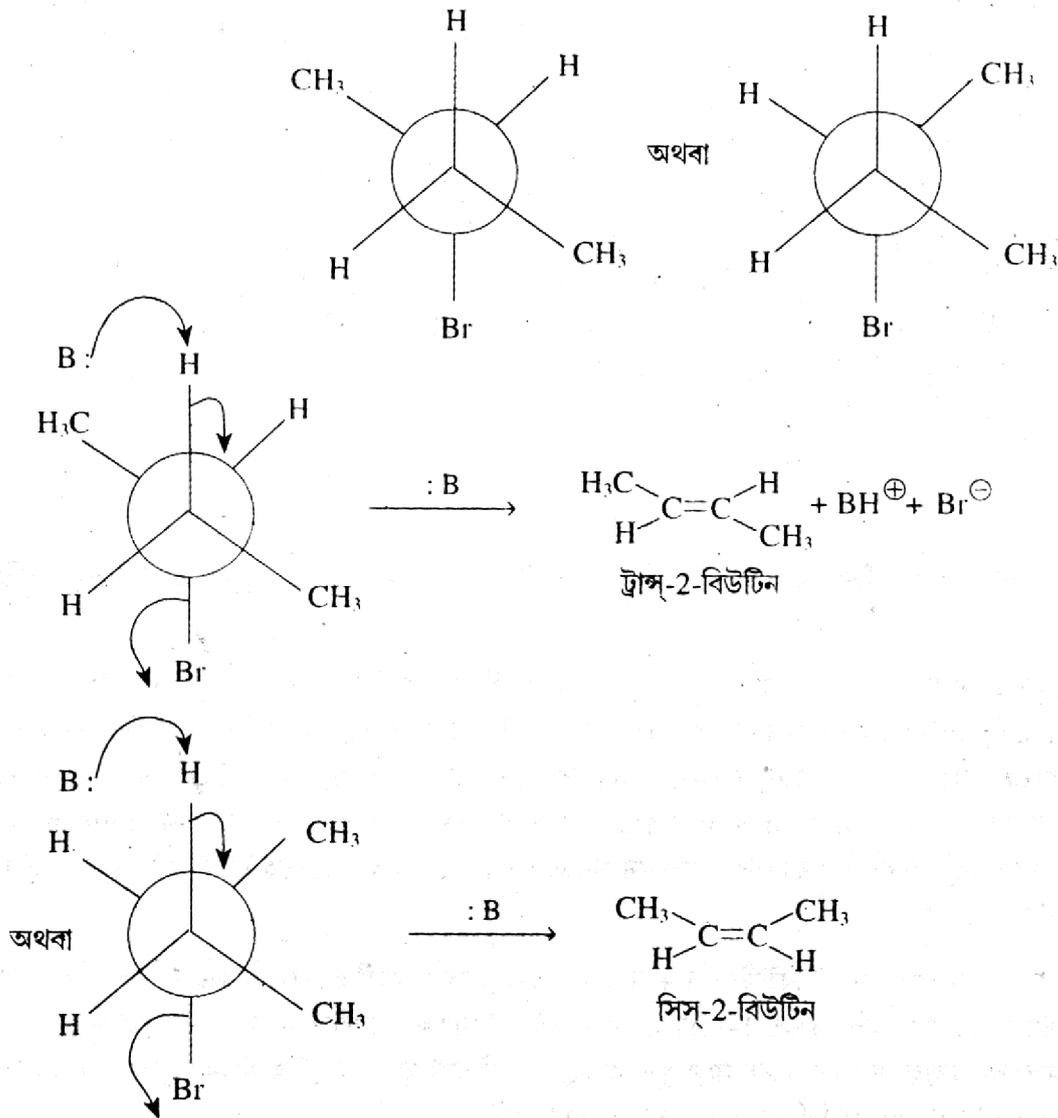


হফম্যান (Hofmann) সূত্র : এই সূত্র অনুসারে অপেক্ষাকৃত কম প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন, এক্ষেত্রে 1-বিউটিন উৎপন্ন হবে।

E2-অপনয়ন বিক্রিয়ার পরিবৃদ্ধি দশা নিউম্যান প্রোজেকশন (Newman projection)-এর সাহায্যে ভালো বোঝা যাবে।

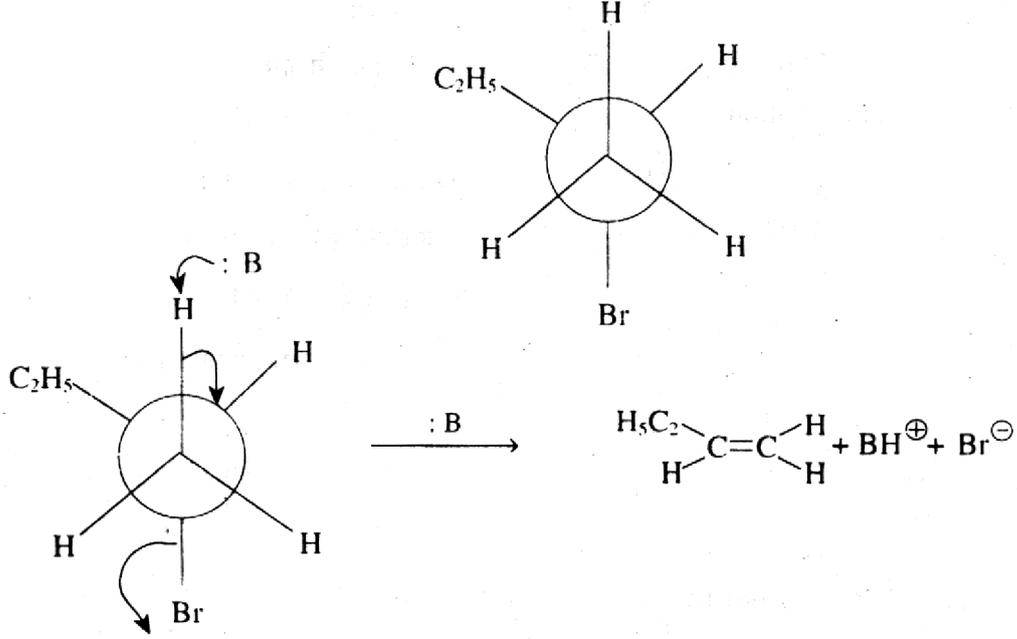
বিক্রিয়ার কলাকৌশল-এর মধ্যে আমরা দেখি যে সম্ভাব্য অ্যালকিন-এর দুটি দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণু, C=C এবং দুটি বিদ্যায়ী পরমাণু একই তলে থাকবে।

সুতরাং 2-ব্রোমোবিউটেন থেকে সেইটজেফ (Saytzeff) বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করার কনফরমেশন (Conformation) :



এই দুটি যৌগের মধ্যে ট্রান্স-2-বিউটিন বেশি পরিমাণে (সিস্-2-বিউটিন অপেক্ষা) উৎপন্ন হয়। কারণ সিস যৌগ উৎপাদনের সময় CH₃/CH₃ মূলক দুটির মধ্যে বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। আবার 2-ব্রোমোবিউটেন

থেকে হফম্যান বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করার কনফরমেশন (Conformation) :



উৎপন্ন যৌগ দুটির মধ্যে 2-বিউটিন, 1-বিউটিন অপেক্ষা অধিক তাপগতি নিয়ন্ত্রিত সুস্থির যৌগ।

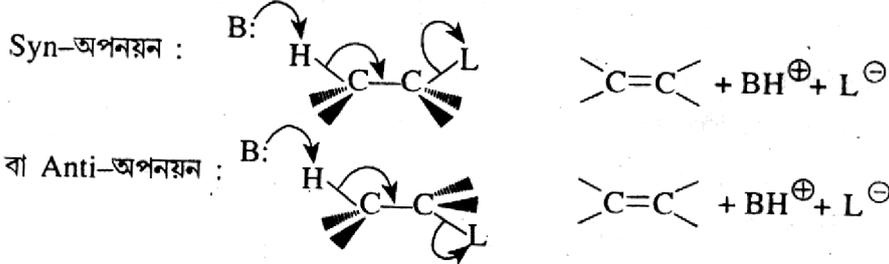
2-বিউটিন 81% ও 1-বিউটিন 19% উৎপন্ন হয়। কিন্তু 2-বিউটিন উৎপন্ন হওয়ার সময় Br ও CH₃ Newman projection সংকেত খুব কাছাকাছি থাকে। এই দুটি মূলক যদি অপেক্ষাকৃত বড় হয়, যেমন, Br-এর স্থানে I এবং CH₃-এর, স্থানে -CH(CH₃)₂ মূলক থাকে তাহলে উহাদের মধ্যে তীব্র steric বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। ফলে এই Conformation অস্থায়ী হয়ে পড়ে। তখন Saytzeff সূত্র অপেক্ষা Hofmann সূত্র অপেক্ষাকৃত বেশি কার্যকরী হয়। কারণ, সেখানে Newman projection সংকেতে এমন কোন steric বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে না।

আবার বলা যায় যে, 2-বিউটিনে 3+3 = 6টি হাইপারকন্জুগেটিভ গঠন থাকার ফলে উহার স্থায়িত্ব 1-বিউটিন অপেক্ষা বেশি, কারণ 1-বিউটিনে মাত্র 2টি হাইপারকন্জুগেটিভ গঠন আছে। সুতরাং বলা যায় যে, অ্যালকিন মূলক বা β-কার্বনের সঙ্গে যুক্ত আছে, এবং বিদায়ী মূলক এ দুটির আকৃতির উপর নির্ভর করে Hofmann বা Saytzeff বিক্রিয়াজাত পদার্থ পাওয়া যাবে।

এখান বলা যায় যে, সেইটজেফ (Saytzeff) বিক্রিয়া তাপগতিনিয়ন্ত্রিত (Thermodynamically controlled) অ্যালকিন ও হফম্যান (Hofmann) বিক্রিয়া গতিনিয়ন্ত্রিত (Kinetically controlled) অ্যালকিন উৎপন্ন করে।

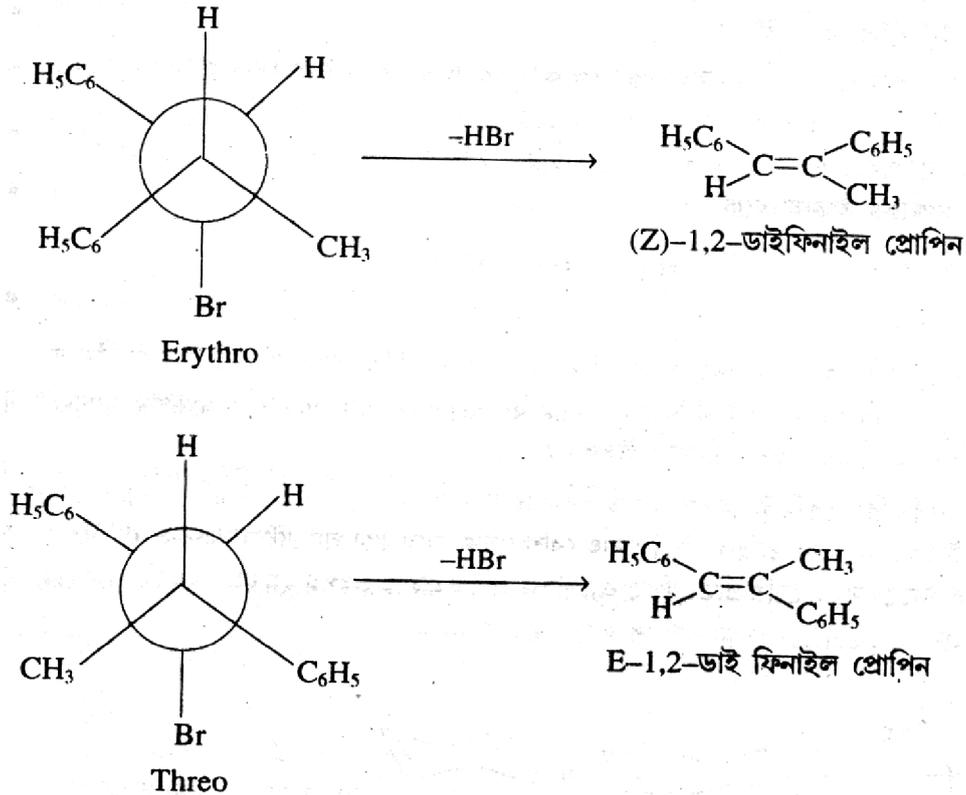
E2-অপনয়ন বিক্রিয়ার ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা :

এই অপনয়ন বিক্রিয়া দুভাবে হতে পারত।



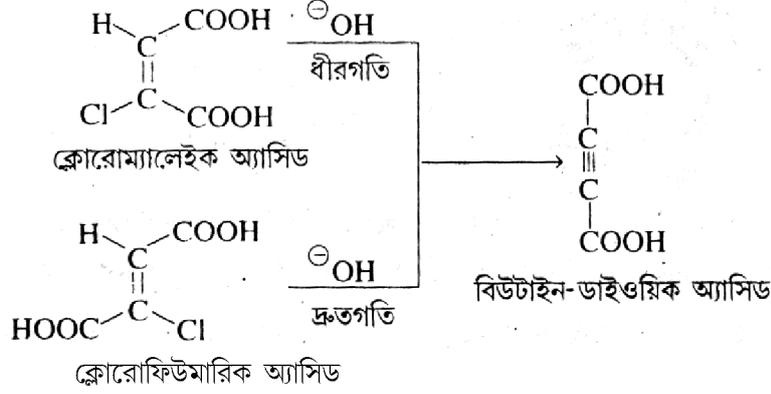
পরীক্ষালব্ধ প্রমাণে জানা গেছে যে, E2-অপনয়ন একটি Anti-অপনয়ন বিক্রিয়া। কারণ হিসেবে বলা হয় যে, L, H এবং C_{α} ও C_{β} একই তলে (trans-coplaner) থাকলে এই অপনয়নে সর্বাপেক্ষা কম শক্তির প্রয়োজন হয়।

প্রমাণ হিসেবে আমরা 1-ব্রোমো-1,2-ডাইফিনাইলপ্রোপেন-এর দুটি অবিস্ত সমাবয়ব erythro ও threo নিয়ে যথাক্রমে (Z)-1,2-ডাইফিনাইলপ্রোপিন ও (E)-1,2-ডাইফিনাইলপ্রোপিন পাই।



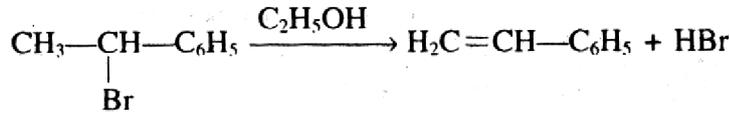
E2-অপনয়ন বিক্রিয়া ত্রিমাত্রিক বৈশিষ্ট্যসূচক (stereospecific)। যেমন, বেঞ্জিন-হেক্সাক্লোরাইড $C_6H_5Cl_6$ -এর আটটি সমাবয়ব আছে, যার একটি সমাবয়ব অন্যগুলির থেকে 10,000 ভাগ ধীরগতিতে এই

অপনয়ন বিক্রিয়া দেখায়। কারণ এই সমাবয়বের পাশাপাশি কার্বনের H ও Cl ট্রান্স অবস্থানে থাকে না। আবার ক্লোরোম্যালিক অ্যাসিডে এই অপনয়ন বিক্রিয়া অত্যন্ত ধীরগতিতে সম্পন্ন হয়। যদিও ক্লোরোফিউমারিক অ্যাসিডে ইহা অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতিতে হয়।



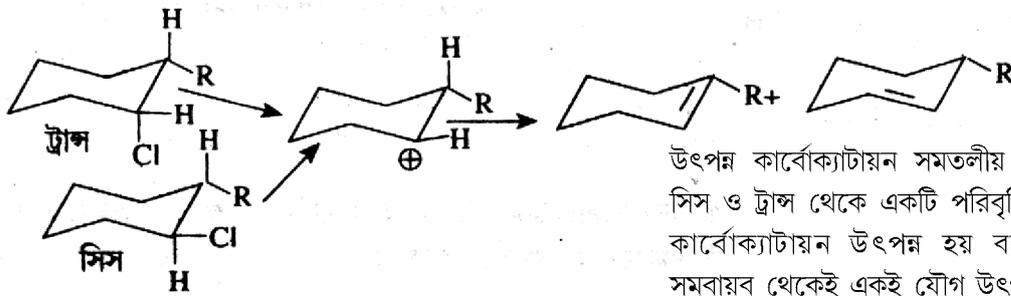
12.9.3 E1-অপনয়ন বিক্রিয়া :

এই বিক্রিয়ায় প্রথমে L (বিদায়ী) মূলক-এর সঙ্গে কার্বনের বন্ধন বিয়োজনের ফলে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় এবং পরবর্তী পর্যায়ে ঐ কার্বনের পাশের কার্বন থেকে H অপনীত হয়ে অ্যালকিন গঠিত হয়। বিক্রিয়ার হার শুধুমাত্র প্রথম ধাপের উপর নির্ভর করে। বিক্রিয়ার হার \propto [বিক্রিয়ক]। সেজন্য একে এক-অণুক অপনয়ন বিক্রিয়া বা E1-অপনয়ন বিক্রিয়া বলে।



যেহেতু এখানে কার্বোক্যাটায়ন গঠনের মধ্যে দিয়ে বিক্রিয়া সংগঠিত হচ্ছে সেজন্য E2-অপনয়নের মত ক্ষেত্রবিশেষে হফম্যান বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ বিশেষ উৎপন্ন হয় না। সর্বদা সেইটজেফ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ অর্থাৎ অধিক প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

এই বিক্রিয়ার স্টিরিও-কেমিস্ট্রি দেখতে গেলে প্রথমেই মনে রাখতে হবে যে পরিবৃতি দশায় এক্ষেত্রে যে কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্ন হয় তার স্থায়িত্ব যদি কিঞ্চিৎ বেশি থাকে তবে ইহা সমতলীয় আকার ($\text{C}^+ \text{sp}^2$) প্রাপ্ত হয় এবং তখন অপনয়নে সর্বদা বেশি প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন অধিক মাত্রায় উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ বিক্রিয়ার ত্রিমাত্রিক বৈশিষ্ট্যসূচক (stereospecific) কোন ব্যাপার থাকে না। যেমন—



12.10 SN2/SN1-প্রতিস্থাপন ক্রিয়া বনাম E2/E1-অপনয়ন ক্রিয়া

প্রতিস্থাপন ও অপনয়ন বিক্রিয়া একই সঙ্গে সংঘটিত হতে পারে বলে উভয় বিক্রিয়ার মধ্যে প্রতিযোগিতা চলে।

দ্বিঅণুক প্রতিস্থাপন ও দ্বিঅণুকে অপনয়ন উভয় বিক্রিয়ার হারই নিম্নলিখিত কারণগুলির দ্বারা প্রভাবিত হয়।

- (1) বিক্রিয়ক পদার্থের আণবিক গঠন।
- (2) বিকারকের আণবিক গঠন।
- (3) দ্রাবকের ধর্ম।
- (4) তাপমাত্রা।

কার্বন-শৃঙ্খলের মধ্যে যত বেশি শাখা থাকবে S_N^2 অপেক্ষা E2 বিক্রিয়ার হার তত দ্রুত হবে। যেমন, E2-বিক্রিয়ার হার $CH_3CH_2-L < (CH_3)_2CH-L < (CH_3)_3C-L$

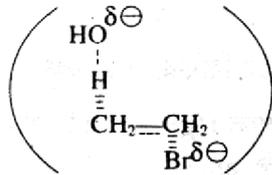
এর কারণ হল S_N^2 বিক্রিয়ার পরিবৃদ্ধি দশায় আয়তন জনিত বাধা (Steric hindrance) বৃদ্ধি পায়। কিন্তু E-বিক্রিয়ায় ঐ কার্বন sp^2 সংকরায়ণে যায় বলে উহার বন্ধন কোণ 109° থেকে বেড়ে 120° হয়। ফলে E2-অপনয়ন বিক্রিয়ার আয়তনজনিত বাধা হ্রাস পায়।

E2-অপনয়ন বিক্রিয়ায় বিকারকের ক্ষারকীয়তা যত বেশি তত সহজে বিকারক বিক্রিয়ক থেকে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে। ফলে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

S_N^2 -প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আবার বিকারকের nucleophilicity যত বেশি হয় ততই বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। সুতরাং S_N^2 অপেক্ষা E2-বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধির জন্য বেশি শক্তিশালী ক্ষারক; যেমন $^-\text{NH}_2$, ^-OH , ^-OEt , ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

একই বিক্রিয়কের E2/ S_N^2 যৌগের অনুপাত দ্রাবকের ধ্রুবীয়তার (Polarity)-র উপর নির্ভরশীল।

ব্রোমো-অ্যালকেনে ^-OH আয়নের S_N^2 -বিক্রিয়ায় পরিবৃদ্ধি দশায় $(\text{HO} \cdots \cdots \overset{\delta^-}{\text{C}} \cdots \cdots \text{Br})$ বিক্রিয়কের অক্সিজেনের উপর আধান ঘনীভূত হয়, যা অক্সিজেন, কার্বন ও ব্রোমিনের উপর ছড়িয়ে থাকে। আবার E2-বিক্রিয়ার পরিবৃদ্ধি দশায়।

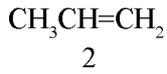
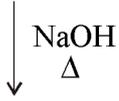
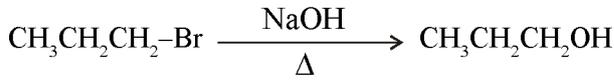


ঐ আধান পাঁচটি পরমাণুর উপর ছড়িয়ে থাকে। সুতরাং অপেক্ষাকৃত কম ধ্রুবীয় দ্রাবক দুটি বিক্রিয়ার হারই ত্বরান্বিত করে। সেহেতু পাঁচটি পরমাণুর উপর E2-অপনয়ন বিক্রিয়ার পরিবৃদ্ধি দশায় আধান ছড়িয়ে থাকে, সেহেতু কম ধ্রুবীয় দ্রাবকে E2-বিক্রিয়ার হার S_N^2 -বিক্রিয়ার হার অপেক্ষা বেশি হয়।

E1 / S_N¹-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কে β-কার্বনে শাখা যত বেশি থাকে E1 বিক্রিয়া তত বেশি হয়। এর কারণ হল, পরিবৃত্তি দশায় কার্বোক্যাটায়ন গঠনের ফলে এ কার্বনটি sp³ সংকরায়ণ থেকে sp² সংকরায়ণে রূপান্তরিত হয়। ফলে বন্ধন কোণ 109° থেকে 120° বেড়ে যায়। অর্থাৎ বিক্রিয়ক অণুর মধ্যে আয়তনজনিত বাধা (steric hindrance) কার্বোক্যাটায়ন গঠনের ফলে কমে যায়। কিন্তু যদি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহলে এই বাধা আবার ফিরে আসে কারণ কার্বনটি sp³ সংকরায়ণে ফিরে যায়। কিন্তু যদি E1-বিক্রিয়া হয় তাহলে ঐ কার্বনের সংকরায়ণ Sp²-ই থাকে। অপনয়ন বিক্রিয়া উচ্চতর তাপে সংঘটিত হয় বলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অপনয়ন বিক্রিয়ার হার প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অপেক্ষা বৃদ্ধি পায়।

অনুশীলনী 5

1-ব্রোমোপ্রোপেনকে NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে দুটি সম্ভাব্য বিক্রিয়াজাত যৌগ উৎপন্ন হতে পারে-(1) এর (2)



- কোনটি প্রতিস্থাপন ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত যৌগ এবং কোনটি অপনয়ন ক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত যৌগ?
- প্রতিস্থাপন ক্রিয়াটি S_N² না S_N¹; অপনয়ন ক্রিয়াটি E2 না E1?
- কোন বিক্রিয়ায় NaOH ক্ষার এবং কোন বিক্রিয়ায় NaOH নিউক্লিওফাইল?
- E2-অপনয়ন ক্রিয়াজাত যৌগ পেতে হলে বিক্রিয়াটি কীভাবে নিয়ন্ত্রিত করতে হবে?
- ক্ষারক এবং নিউক্লিওফাইলের মধ্যে পার্থক্য কী?

12.1 সারাংশ

এই এককটি পাঠ করে আপনি যে যে তথ্য জানতে পেরেছেন তার সারমর্ম হল—

- সংযোজন বিক্রিয়া বলতে কী বুঝায়?
- অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের সঙ্গে ইলেকট্রোফাইল প্রথমে বিক্রিয়া করে কেন?
- অ্যালকাইনের সঙ্গে জলের সংযোজন বিক্রিয়া ঘটাতে গেলে Hg²⁺-এর প্রয়োজন অথচ অ্যালকিনের সঙ্গে জলের সংযোজন বিক্রিয়া শুধু অ্যাসিডের উপস্থিতিতেই ঘটে।
- অণুবদ্ধ ডাইইনের সঙ্গে হ্যালোজেন বা হ্যালোজেন অ্যাসিড বিক্রিয়া করে 1,2- এবং 1,4-যুত যৌগ গঠন করে। প্রথমটি গতিনিয়ন্ত্রিত এবং দ্বিতীয়টি তাপগতিনিয়ন্ত্রিত।

- আয়নিক বিক্রিয়া ও মুক্তমূলক বিক্রিয়ার কলাকৌশলের পার্থক্য।
- কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিভিন্ন নিউক্লিওফিলিক বিকারকের সংযোজন বিক্রিয়া।
- অপনয়ন বিক্রিয়া বলতে কী বুঝায়। E2, E1cB এবং E1 বিক্রিয়া কী ধরনের যৌগে লক্ষ্য করা যায়।
- প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ও অপনয়ন ক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য।

12.12 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

(1)(i) অ্যালকিন অথবা অ্যালকাইনের সঙ্গে HBr-এর আয়নিক বিক্রিয়ার সময় প্রথমে H^{\oplus} এবং পরে Br^{\ominus} সংযোজন হয়। কিন্তু পারক্সাইডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটালে প্রথমে ব্রোমিন মুক্ত মূলক (Br^{\bullet}) এবং পরে হাইড্রোজেন মুক্ত মূলক (H^{\bullet}) সংযোজিত হয়। এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।

(ii) জৈব রসায়ন নিচের বিকারকগুলির একটি করে ব্যবহার উল্লেখ করুন।

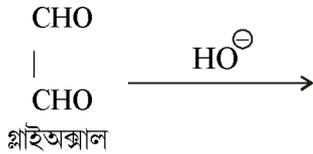
(a) O_3

(b) $KMnO_4$

(c) B_2H_6

(d) $C_6H_5 - \overset{O}{\parallel} C - O - OH$

(2) নিচের যৌগটির গাঢ় NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটান হল :



(i) বিক্রিয়াটির নাম কি?

(ii) বিক্রিয়াজাত পদার্থ কী হবে?

এবং (iii) বিক্রিয়ার কলাকৌশল দেখান।

3(i) নিচের যৌগগুলির মধ্যে কোন্ যৌগগুলি অ্যালডল এবং কোন্ যৌগগুলি ক্যামিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে এবং কেন?

(a) $HCHO$,

(b) CH_3CHO

(b) CH_3CH_2CHO

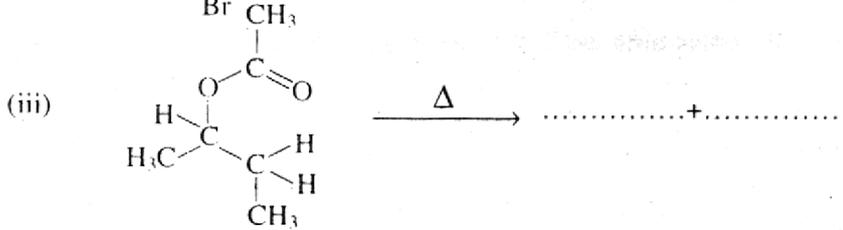
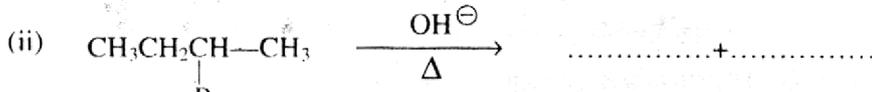
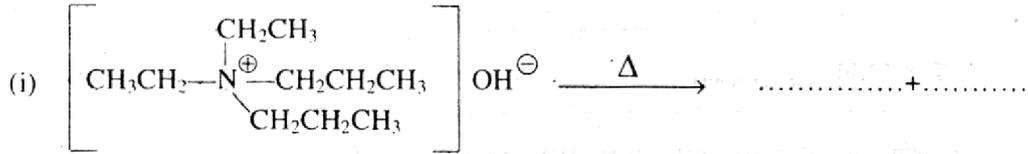
(d) $(CH_3)_3CCHO$

(e) C_6H_5CHO

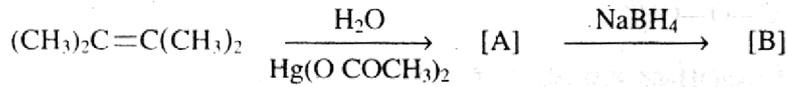
(f) CH_3COCH_3

(g) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$

- (ii) 1,1-অপনয়ন ক্রিয়া এবং 1,2-অপনয়ন ক্রিয়ার উদাহরণ দিন।
- (iii) E1 এবং E2 বিক্রিয়ার লেখচিত্র অঙ্কন করুন এবং লেখচিত্রের বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত করুন [যে কোন উদাহরণ নিন]
- (4) E2 এবং E1cB অপনয়ন বিক্রিয়া দুটির মধ্যে পার্থক্য লিখুন।
- (5) নিচের অপনয়ন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত অ্যালকিন যৌগগুলি সনাক্ত করুন এবং বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিন।



(iv) নিচের বিক্রিয়াটির কলাকৌশল আলোচনা করে বিক্রিয়াজাত পদার্থ [A] ও [B] সনাক্ত করুন।



12.13 উত্তরমালা

অনুশীলনী-1

- (i) দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনে অপরাতিড়িবাহী কণিকা π -ইলেকট্রনের আধিক্য বেশি। নিউক্লিওফাইল অপরাতিড়িবাহী মূলক অথবা ইলেকট্রনযুগল বহনকারী নিরপেক্ষ যৌগ। তাই নিউক্লিওফাইল এবং দ্বিবন্ধন/ত্রিবন্ধনের π -ইলেকট্রনের মধ্যে বিকর্ষণ ঘটে। কিন্তু ইলেকট্রো ফাইল অপরাতিড়িবন্ধন আয়ন অথবা ইলেকট্রনের চাহিদা আছে এমন নিরপেক্ষ যৌগ হওয়াতে π -ইলেকট্রন ইলেকট্রোফাইলকে আকর্ষণ করে। তাই ইলেকট্রোফাইলের সঙ্গেই অ্যালকিন / অ্যালকাইনের প্রথম বিক্রিয়া ঘটে।

অনুশীলনী-2

- (i)
$$\begin{array}{c} \text{Br} \\ | \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2 \\ | \\ \text{Br} \end{array} \quad (1, 2\text{-ডাইব্রোমো প্রোপেন})$$
- (ii)
$$\begin{array}{c} \text{Br} \\ | \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \end{array} \quad (2\text{-ব্রোমো প্রোপেন})$$

- (iii) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Br}$ (1-ব্রোমো-2-প্রোপানল)
- (iv) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ (2-প্রোপানল)
- (v) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ (1-ব্রোমোপ্রোপেন)

অনুশীলনী-3

- (i) হাইড্রোকার্বন ও কার্বনিল যৌগের মিশ্রণে সম্পৃক্ত সোডিয়াম বাইসালফাইটের (NaHSO_3) জলীয় দ্রবণ যোগ করা হলে শুধু কার্বনিল যৌগ NaHSO_3 এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে কঠিন বাই-সালফাইট উৎপন্ন করবে। হাইড্রোকার্বন এই বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে না। এবার পরিষ্কার পদ্ধতির সাহায্যে কঠিন বাইসালফাইট যৌগ পৃথক করা হয় এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে কার্বনিল যৌগ উদ্ধার করা হয়। পরিস্ফুট থেকে হাইড্রোকার্বন পৃথক করা হয়।
- (ii) 12.8.4 অংশ দেখুন।

অনুশীলনী-4

- (i) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO}$
- (ii) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} +$
- (iii) $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{CN})(\text{OH})\text{CH}_3 + \text{HO}\text{C}(\text{CN})(\text{OH})\text{CH}_3$
- (iv) $(p)\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{C}(\text{H})=\text{N}-\text{OH} + (p)\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{C}(\text{H})=\text{N}-\text{OH}$
- (v) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO}$ এবং $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCHO}$

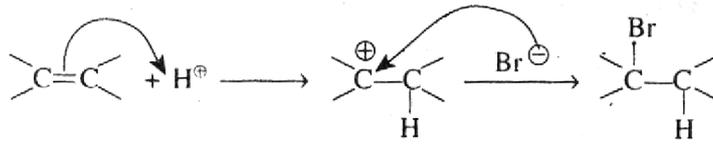
অনুশীলনী-5

- (i) 1[1-প্রোপানল] : প্রতিস্থাপন ক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত যৌগ।
2[প্রোপিন] : অপনয়ন ক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত যৌগ।
- (iii) প্রতিস্থাপন ক্রিয়া : S_N^2
অপনয়ন ক্রিয়া : E2
- (iii) প্রোপিন তৈরির সময় NaOH ক্ষার এবং 1-প্রোপানল তৈরির সময় NaOH নিউক্লিওফাইল।

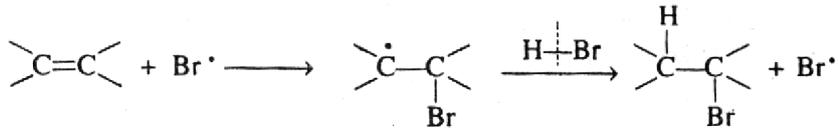
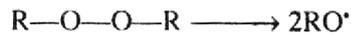
- (iv)(a) বিক্রিয়কের গঠনের উপর; বিক্রিয়কের গঠনের শৃঙ্খল যদি শাখাবিশিষ্ট হয় তবে E2-বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পাবে।
- (b) দ্রাবকের প্রকৃতির উপর; যে দ্রাবক সহজে পরিবৃতি দশাকে স্থায়ী করতে পারে সেই দ্রাবক E2-অপনয়ন ক্রিয়াকে সাহায্য করে (যেমন, গাঢ় NaOH দ্রবণ অথবা KOH/অ্যালকোহল)।
- (c) তীব্র ক্ষারক E2-বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে; যেমন OH^- , OC_2H_5^- , NH_2^- ।
- (d) তাপমাত্রার উপর; অধিক তাপমাত্রায় E-বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।
- (v) 11.2.1 দেখুন।

সর্বশেষ প্রশ্নাবলী :

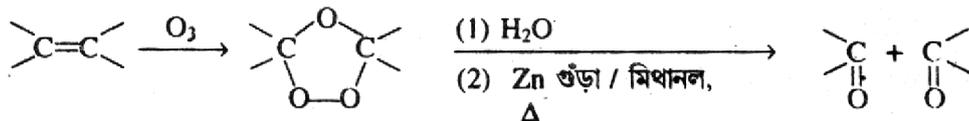
- (1)(i) আয়নিক দ্রবণে HBr, H^+ এবং Br^- সাম্যাবস্থায় থাকে। H^+ একটি ইলেকট্রোফাইল। সংযোজন বিক্রিয়ার সময় অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের π -ইলেকট্রন H^+ -কে আকর্ষণ করে কিন্তু Br^- বিকর্ষিত হয়। তাই প্রথমে H^+ এবং পরে Br^- কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।



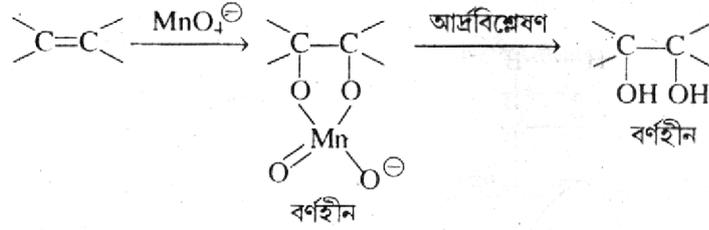
কিন্তু পারক্সাইডের উপস্থিতিতে HBr থেকে ব্রোমিন মুক্ত মূলক (Br^\cdot) উৎপন্ন হয় কারণ পারক্সাইড HBr থেকে হাইড্রোজেন অপসারণ করে। তাই Br^\cdot মুক্ত মূলকই অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।



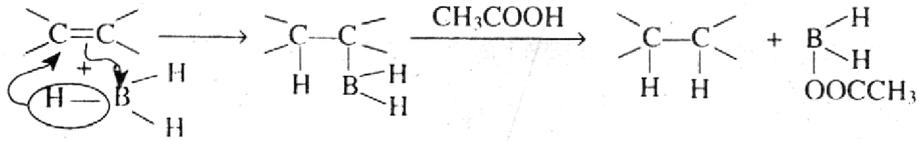
- (iii) (a) ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ায় অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে দ্বিবন্ধন (বা ত্রিবন্ধনের) অবস্থান নির্ধারণ করা হয়।



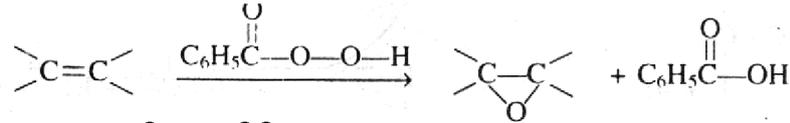
- (b) KMnO_4 -এর জলীয় দ্রবণ বেগুণী বর্ণের। অসম্পূর্ণ হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে KMnO_4 -এর বিক্রিয়া ঘটলে দ্রবণের বেগুণী রং বর্ণহীন হয়। এর থেকে প্রমাণ হয় যে জৈব যৌগে অসম্পূর্ণতা আছে।



- (iii) B_2H_6 অ্যালকিন / অ্যালকাইন যৌগকে বিজারিত করতে পারে।



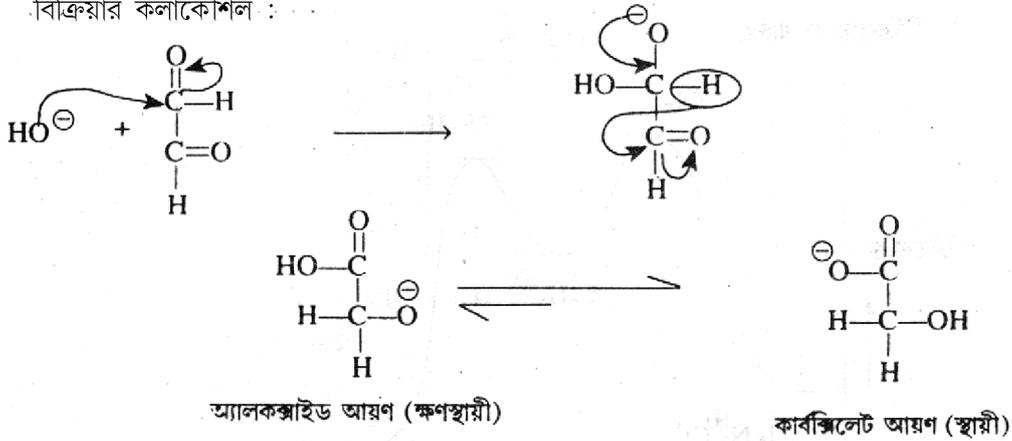
- (iv) পার বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড ইপক্সাইড তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়।



- 2(i) বিক্রিয়ার নাম : ক্যামিজারো বিক্রিয়া

- (ii) বিক্রিয়াজাত যৌগ : গ্লাইক্সালিক অ্যাসিড

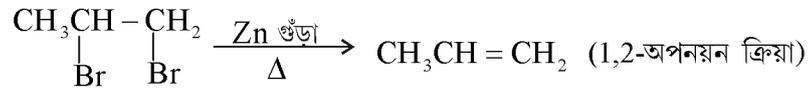
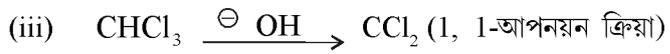
- (iii) বিক্রিয়ার কলাকৌশল :



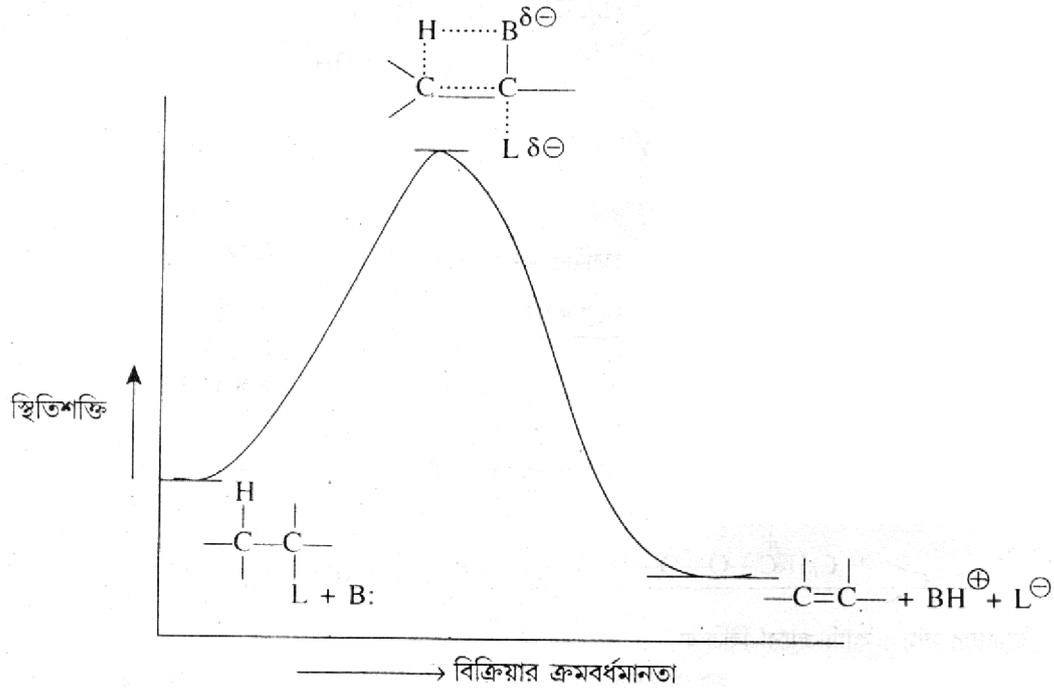
- 3(i) (b), (c), f, এবং (g) —

অ্যালডল বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে কারণ প্রত্যেকটি যৌগে একাধিক α -হাইড্রোজেন বর্তমান।

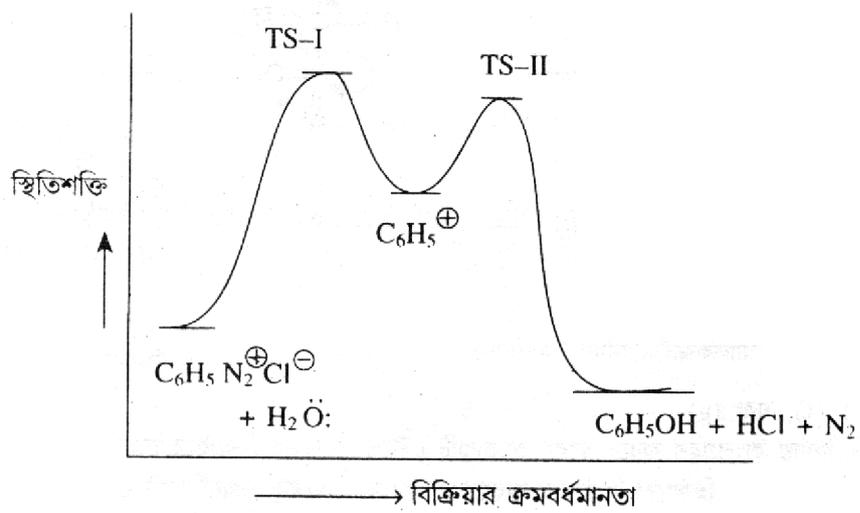
(a), (d) এবং (e) — ক্যামিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে। এদের কোনটিতেই α -হাইড্রোজেন নেই।



(iii) E2 বিক্রিয়ার লেখচিত্র



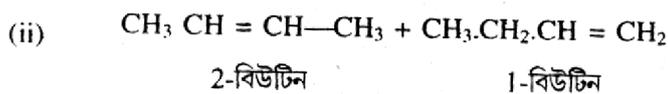
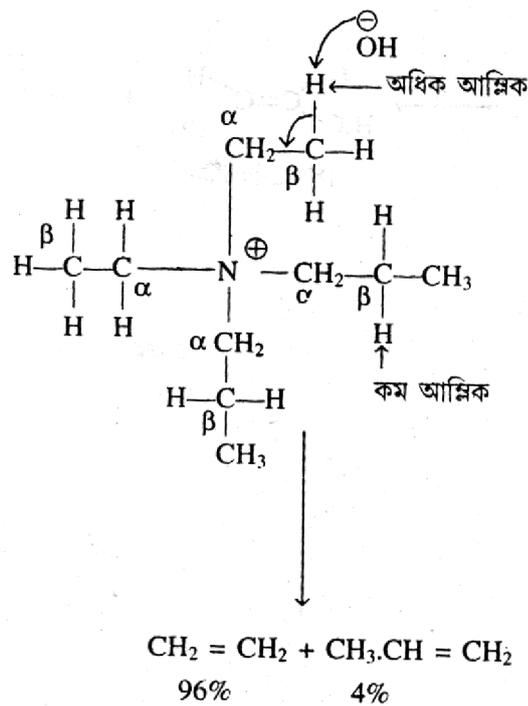
E₁-বিক্রিয়ার লেখচিত্র



4.

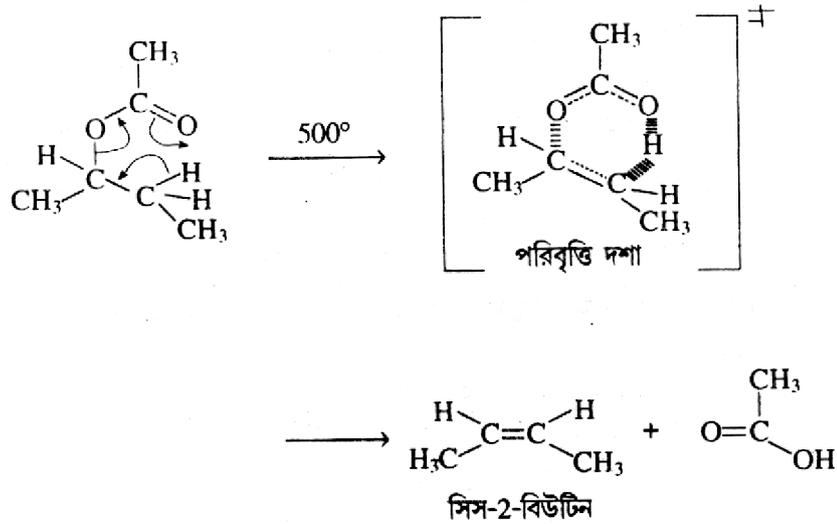
E2	E1cB
(i) একধাপে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়।	(i) দুধাপে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়।
(ii) মধ্যস্থ অনুপস্থিত।	(ii) কার্বানায়ন মধ্যস্থ উপস্থিত।
(iii) Saytzeff অপনয়ন।	(iii) Hofmann অপনয়ন।
(iv) প্রবীণ দ্রাবকে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হয়।	(iv) হাইড্রোক্সিলিক দ্রাবক নয় এমন প্রবীণ দ্রাবকে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়।
(v) বিন্যাসের উৎক্রমণ (Inversion of configuration)	(v) বিন্যাসের রক্ষণ ও উৎক্রমণ (রেসিমীকরণ) (Retention & inversion of config. (Racemisation))।

(5) (i) কোয়াটারনারি অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ দিলে β -কার্বনের যে হাইড্রোজেন অধিক আম্লিক সেটি অপনিত হবে।



2-বিউটিন Saytzeff বিক্রিয়াজাত যৌগ। এটি সুস্থির। কারণ 6টি হাইপারকনজুগেটিভ রেজোন্যান্স গঠন লেখা যেতে পারে। কিন্তু 1-বিউটিনের সুস্থিরতা কম; কারণ এটির 2টি মাত্র হাইপারকনজুগেটিভ রেজোন্যান্স গঠন সম্ভব।

(iii) এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের β -কার্বনে অন্তত একটি হাইড্রোজেন থাকতে হবে। বিক্রিয়াজাত অ্যালকিনটি সিস (cis) অ্যালকিন হবে।



(iv) 12.3.2 অংশ দেখুন।