

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 ক্রমান্বয়

2.2.12 স্টেরিক কারণে বা ত্রিমাত্রিক শূন্যে অবস্থানগত কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন

2.3 অধিক্রমান্বয় 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 ক্রমাঙ্কন যুক্ত যৌগ কোন্‌গুলি।
 - স্টেরিক কারণে কীভাবে রেজোন্যান্সের অবদান হয় এবং এই অবদানের ফলে জৈব যৌগে কী প্রভাব পড়ে।
 - অধিক্রমাঙ্কন 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।

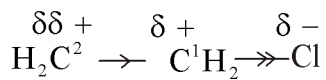
2.2 জৈব যৌগের অণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ধারণকারী কারকসমূহ (Factors in fluencing electron-availability in organic molecules)

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

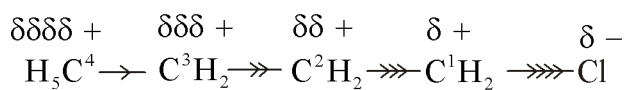
সামান্য ধনাত্মক আধান (C₁-এর থেকে কম) সৃষ্টি হয়। ঘটনাটি নিচে দেখানো অণুতে পৃথক তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন দুটি পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধনের উপস্থিতি আবেশীয় ক্রিয়ার উৎস



[δ+ ও δ-দিয়ে যথাক্রমে সামান্য ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধান এবং δδ+ দিয়ে δ+ -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 সঞ্চারণিত হয়।

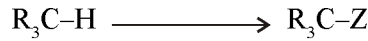
খুব শক্তিশালী +I বা -I গ্রুপ [পরে দেখুন] উপস্থিত না থাকলে আবেশীয় ক্রিয়া চারটি বন্ধনের পরের বন্ধনে কোন পরিবর্তন ঘটায় না বলেই চলে।

(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।

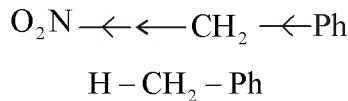
(4) এটি স্থায়ী ক্রিয়া হওয়ায় যৌগের ভৌত ধর্মে এই ক্রিয়ার প্রভাব পরিলক্ষিত হয়। যেমন, যৌগের দ্বিমেরু ভ্রামকে এই ক্রিয়ার প্রকাশ ঘটে।

-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

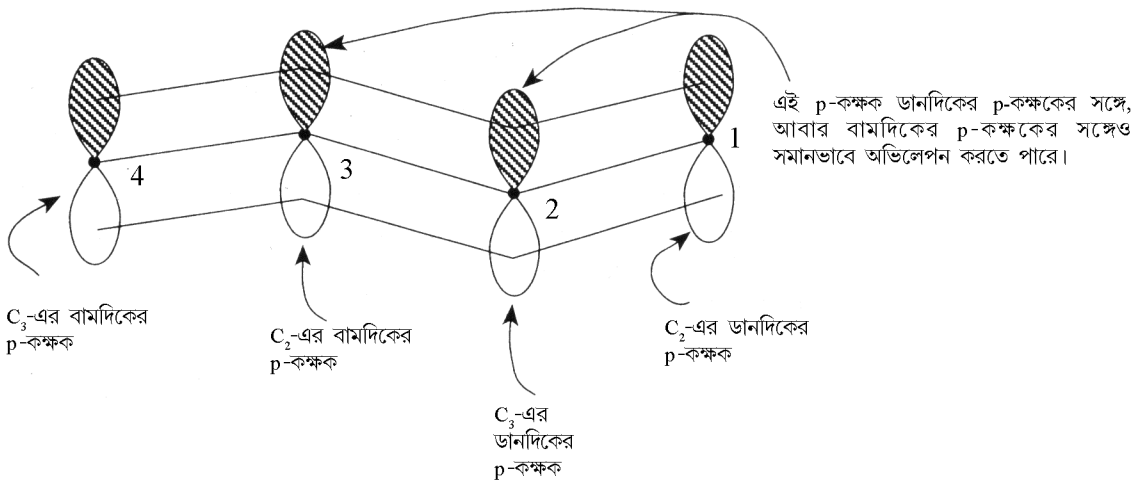
- (i) নিচের বিবৃতিগুলি কোন্টি সত্য, কোন্টি মিথ্যা?
(a) আবেশীয় ক্রিয়া একটি অস্থায়ী ক্রিয়া।

- (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।

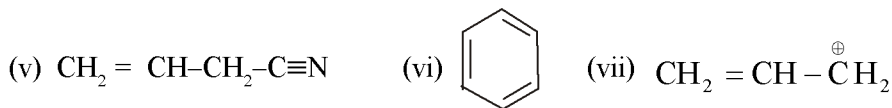
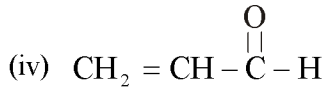
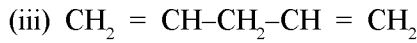
স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত যৌগগুলির গঠন দুটি সাধারণ পদ্ধতিতে প্রকাশ করা যায় :

- (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

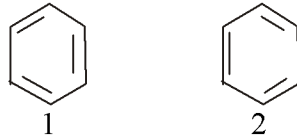
নিচের যৌগগুলির কোন্ কোন্টি স্থানীভূত দ্বিবন্ধনযুক্ত এবং কোন্ কোন্টি স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত?



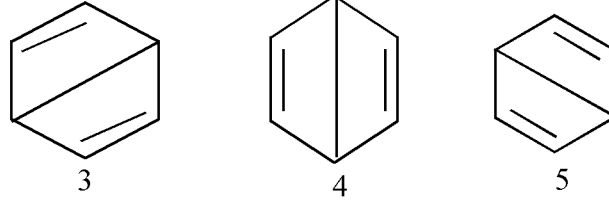
2.2.3 সংস্পন্দন বা রেজোন্যান্স (Resonance) :

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 :

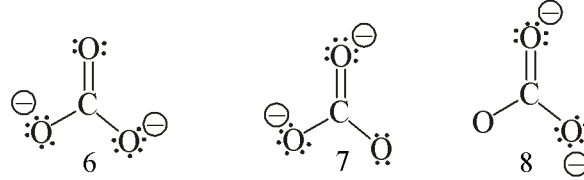


উপরের গঠনদুটিকে কেकुले (Kekule') गठन बला हय। बेनजिनेर स्फेद्रे आबार बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न निचे देखांनो आरओ तिनटि लुईस-गठनओ लेखा याय :



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

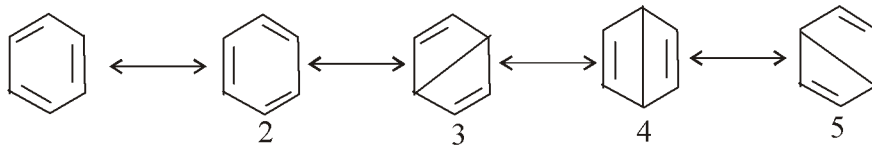
बहुसंख्यक अणुर स्फेद्रेइ एइरूप घटते पारे। येमन, आर एकटि उदाहरण हल कार्बनेट आयन, CO_3^{2-} । कार्बनेट आयनेर स्फेद्रे तिनटि लुईस-गठन लेखा याय :



एस्फेद्रेओ समस्या हल कार्बनेट आयनेर प्रकृत गठन की हबे?

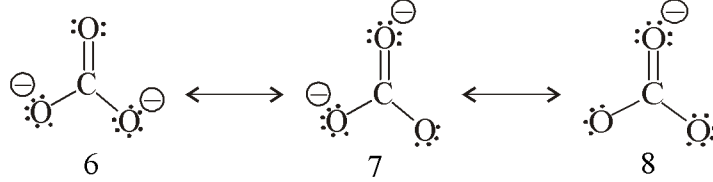
रेजोन्यांस-धारणा अनुसारे एइ धरनेर कोन अणुर प्रकृत गठन बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न गठनगुलिर कोनटिइ नय। अणुटिर प्रकृत गठन हल एइ बिभिन्न गठनगुलिर एकटि हाइब्रिड। बिभिन्न इलेक्ट्रन-बिन्दास सम्पन्न एइ बिभिन्न गठनगुलिर प्रकृतपस्फे कोन अस्तित्व नेइ—एइ गठनगुलि काल्पनिक। प्रकृत अणुटिर अवश्यै एकटि निर्दिष्ट ओ वास्तव गठन आछे। किन्तु एइ प्रकृत गठनके कोन एकटि लुईस-गठन दिये प्रकाश करा संभव हछे ना। ताई प्रकृत अणुटिके बोव्बार 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।

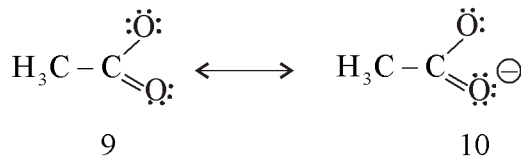
অনুরূপভাবে কার্বনেট আয়নের গঠনও হল নিচের তিনটি ক্যানোনিকাল গঠনের একটি হাইব্রিড :



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।

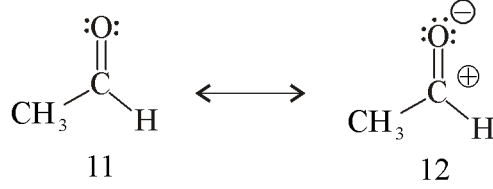
ক্যানোনিকাল গঠন আঁকার সময় পরমাণুর যে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি বন্ধনে আবদ্ধ হয়নি তাদেরও যথাযথভাবে দেখান উচিত। যেমন, কার্বনেট আয়ন ও অ্যাসিটেট আয়নের ক্ষেত্রে দেখান হয়েছে।
 যেমন বেনজিনের পাঁচটি ক্যানোনিকাল গঠনের বা রূপের মধ্যে প্রথম দুটি (কেকুলে গঠন) শেষের থেকে দৃশ্যতঃই আলাদা এবং এদের স্থায়িত্বও (stability) 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

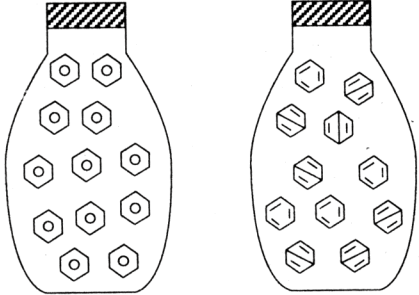
যে ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনগুলি সব একই ধরনের হয় না, তাদের অসমতুল্য ক্যানোনিকাল গঠন বলে। নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটি অসমতুল্য :



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।

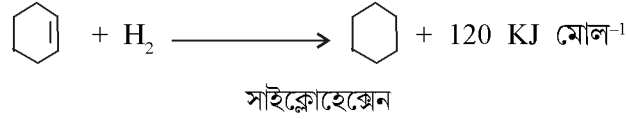
বেনজিন : বেনজিনের মধ্যে এই ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কোন অস্তিত্বই নেই। এগুলি সবই কাল্পনিক।

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)।

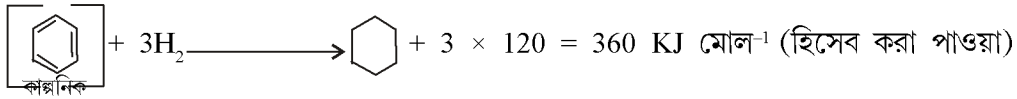
2.2.4 রেজোন্যান্স শক্তি (Resonance energy) :

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।

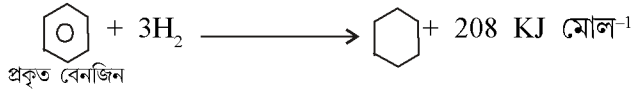
সাইক্লোহেক্সিন ()-কে হাইড্রোজেনেশন করলে 120 KJ মোল⁻¹ শক্তি নির্গত হয় :



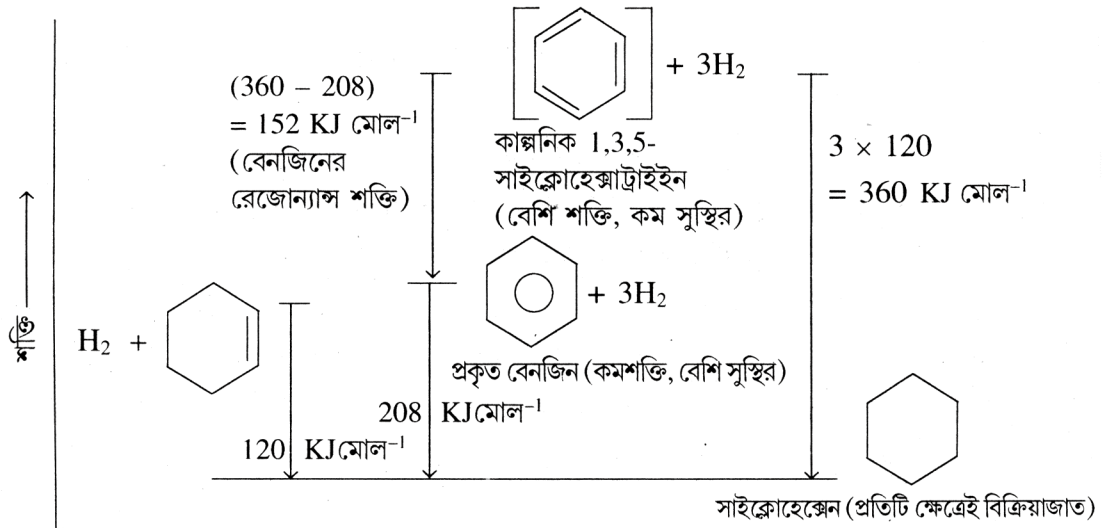
বেনজিনের কেকুলে গঠন হল সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠন। এটি কাল্পনিক 1,3, 5-সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন। তাহলে ধরা যায়, একে হাইড্রোজেনেশন করলে সাইক্লোহেক্সিনের হাইড্রোজেনেশনের নির্গত শক্তি থেকে আনুমানিক তিনগুণ শক্তি নির্গত হবে। অর্থাৎ এটি থেকে 3 × 120 বা 360 KJ মোল⁻¹ শক্তি নির্গত হবে।



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।

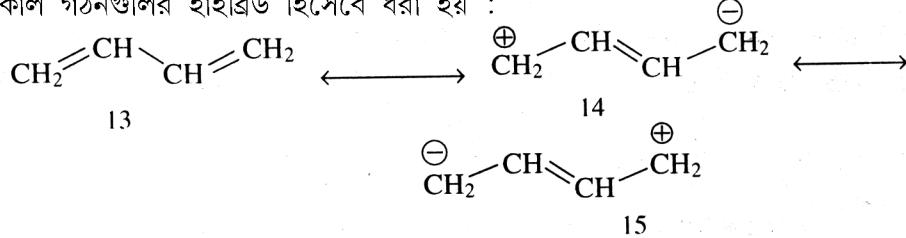
- রেজোন্যান্স হাইব্রিডে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির অবদান সবসময়ই সমান।
- ক্যানোনিকাল গঠনগুলির কোন অস্তিত্ব নাই।
- বেনজিনকে সাইক্লোহেক্সাট্রাইইন বলা যায়।
- রেজোন্যান্স একটি সুস্থিরতা প্রদানকারী ঘটনা।
- রেজোন্যান্স অণুর স্থিতাবস্থায় কার্যকর থাকে।
- রেজোন্যান্স হাইব্রিডের প্রকৃত অস্তিত্ব থাকে।
- রেজোন্যান্স 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 :

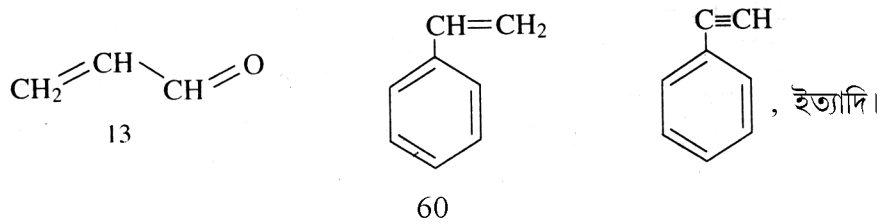
1,3-বিউটাডাইনের গঠনে দুটি দ্বি-বন্ধন ক্রমান্বয়ে উপস্থিত আছে এবং 1,3-বিউটাডাইনকে নিচের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির হাইব্রিড হিসেবে ধরা হয় :



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)।

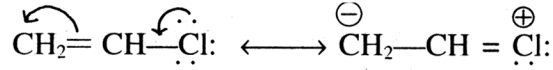
এই ধরনের অপর কয়েকটি যৌগের উদাহরণ হল :



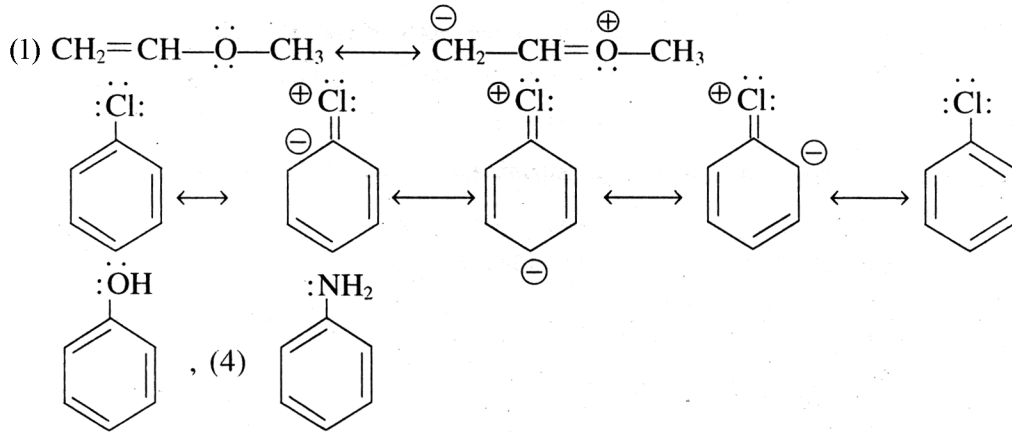
(2) দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন পার্শ্ববর্তী পরমাণুর p-কক্ষকের সঙ্গে ক্রমাঙ্কিত (Conjugated) :

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 :

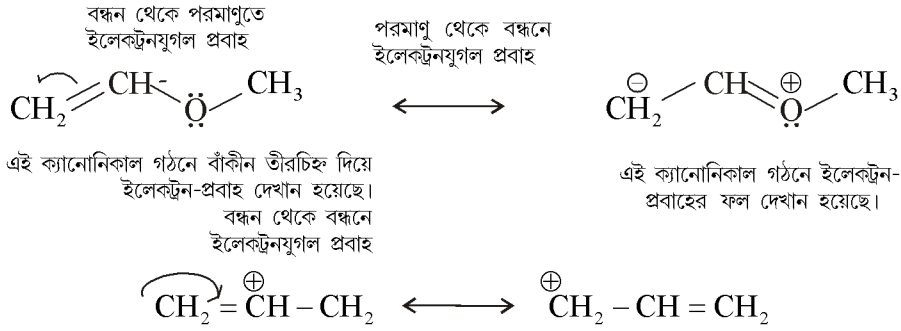
কোন যৌগের ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে পার্থক্য হল ইলেকট্রনবিন্যাসে—ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে পরমাণুগুলির অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে। যোজ্যতা ইলেকট্রনের পুনর্বিন্যাস ঘটিয়ে একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে অপর ক্যানোনিকাল গঠন গড়া যায়। একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠন গড়ার সময় যোজ্যতা-ইলেকট্রনগুলি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

ব্যবহার করা হয়। বাঁকান তীরচিহ্ন দিয়ে ইলেকট্রনযুগলের প্রবাহ দেখান হয়। তীরচিহ্নের লেজ কোথা মনে রাখা দরকার ক্যানোনিকালগুলির মধ্যে এইভাবে কোন ইলেকট্রন-প্রবাহ ঘটে না। বিক্রিয়ার সময় যে ইলেকট্রন-প্রবাহ ঘটে তা দেখানোর জন্যই বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহার সঙ্গত। কিন্তু ক্যানোনিকালগুলি গঠন করতে বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহার করলে ক্যানোনিকালগুলি আঁকা ও বোঝা থেকে ইলেকট্রন-যুগল যাচ্ছে এবং মাথা কোথায় ইলেকট্রনযুগল যাচ্ছে দেখায়। একটি ক্যানোনিকাল গঠন থেকে পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠন গড়তে ইলেকট্রনযুগল প্রবাহিত হতে পারে :

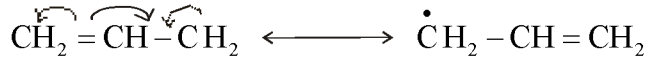
- (i) কোন পরমাণু থেকে সন্নিহিত বন্ধনে,
- (ii) কোন বন্ধন থেকে সন্নিহিত পরমাণুতে,
- (iii) কোন বন্ধন থেকে সন্নিহিত বন্ধনে।

যে ক্যানোনিকাল গটনে বাঁকান তীরচিহ্নের মাধ্যমে ইলেকট্রন-প্রবাহ দেখান হয় তার পরবর্তী ক্যানোনিকাল গঠনে এই ইলেকট্রন-প্রবাহের ফল দেখান হয়।

নিচে বাঁকান তীরচিহ্ন ব্যবহারের মাধ্যমে ক্যানোনিকালের গঠন গড়া দেখান হল :

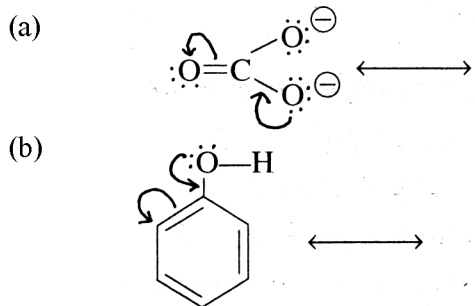


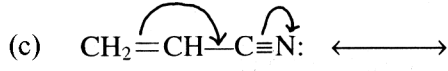
মুক্তমূলকের ক্যানোনিকাল গঠনের ক্ষেত্রে অর্ধতীরচিহ্ন (\curvearrowright) দিয়ে একটি ইলেকট্রনের প্রবাহ দেখান হয় :



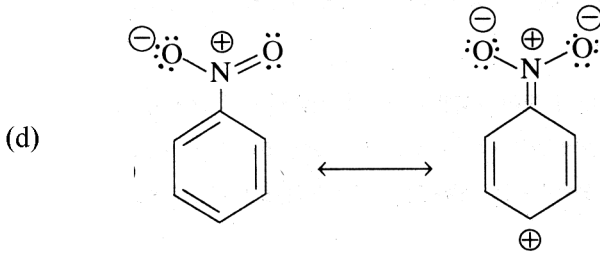
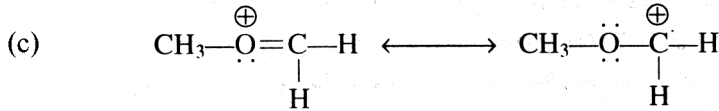
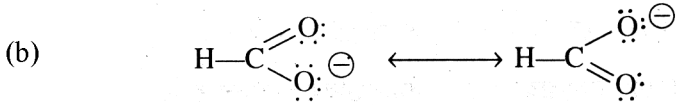
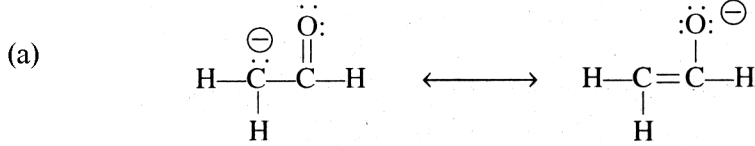
অনুশীলনী 4

(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 :

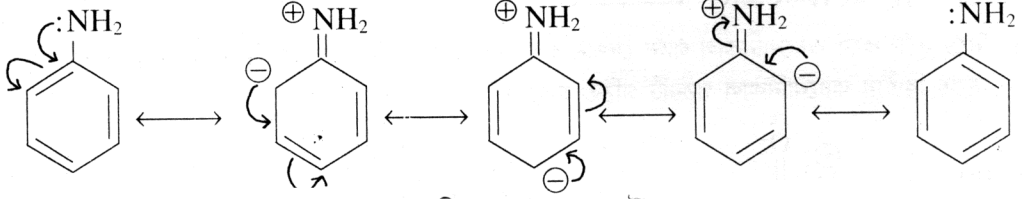
আগেই বলা হয়েছে যে, ক্যানোনিকাল গঠনগুলি কাল্পনিক অর্থাৎ, এদের অস্তিত্ব আছে শুধু আমাদের কল্পনাতে। যৌগের প্রতিটি অণু সবসময়েই একই এবং অভিন্ন গঠনসম্পন্ন এবং এই গঠন হল ক্যানোনিকাল গঠনগুলির ভারযুক্ত গড় গঠন। ক্যানোনিকাল গঠনগুলি লেখার জন্য এবং তাদের থেকে যৌগের প্রকৃত গঠন নির্ণয় করার জন্য কিছু নিয়ম মানা হয়।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

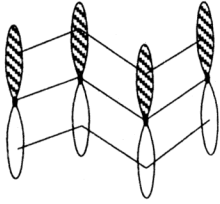
যেমন, এমন কোন গঠন ক্যানোনিকাল গঠন হিসেবে গণ্য হতে পারবে না যেটিতে কোন কার্বনের পাঁচটি বন্ধন থাকে।

(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 পুনর্বিণ্যস্ত 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।

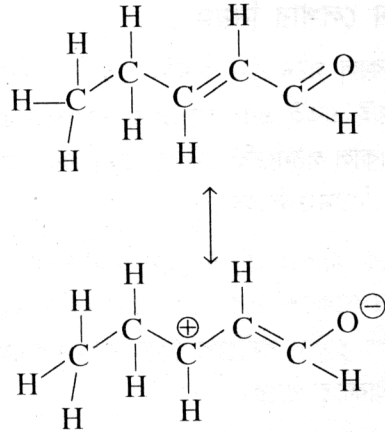


C-পরমাণুগুলি একইতলে অবস্থিত। p-কক্ষকগুলি সমান্তরাল। কার্যকরী অভিলেপন। শক্তিশালী রেজোন্যান্স।

(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।

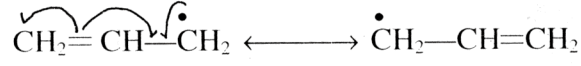
অবশ্য রেজোন্যান্স ঘটার জন্য সমগ্র অণুকেই সমতলিক হতে হবে তা নয়। যে পরমাণুগুলির মধ্যে ইলেকট্রনসমূহ ডিলোকালাইজড হয় সেই পরমাণুগুলিকে সমতলিক হতে হবে। ক্যানোনিকালগুলিতে যে পরমাণুগুলির মধ্যে বন্ধনসমূহ অপরিবর্তিত থাকে তাদের ক্ষেত্রে সমতলিক হওয়ায় শর্ত প্রযোজ্য নয়।

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 :



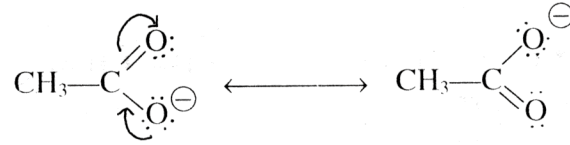
কিন্তু $\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}_2-\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}=\overset{\cdot}{\text{C}}\text{H}_2$ 1, 3-বিউটাডাইইনের গ্রহণযোগ্য ক্যানোনিকাল নয় :



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) :

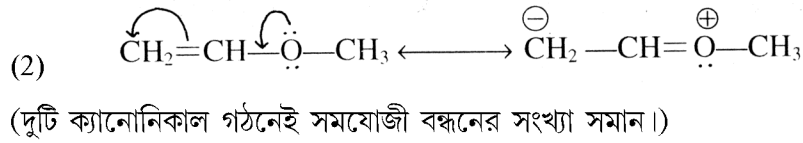
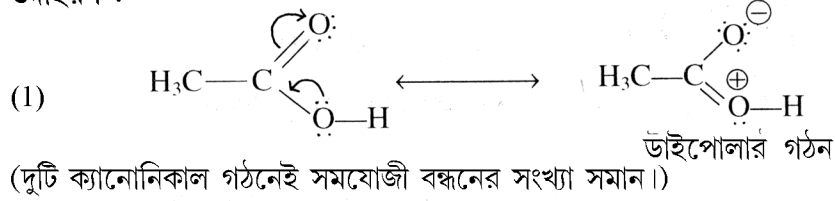
অনেকসময় কোন অণু বা আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে। যেমন, অ্যাসিটেট আয়নের দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান :



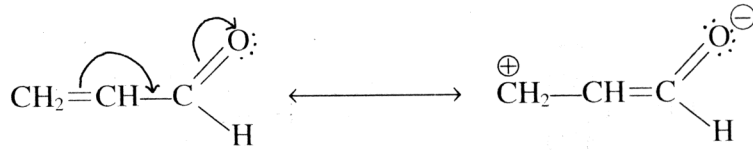
এইধরনের রেজোন্যান্স, যেখানে ক্যানোনিকাল গঠনগুলির মধ্যে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে, তাকে সমবন্ধনযুক্ত রেজোন্যান্স বা আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স (Isovalent resonance) বলে। অ্যাসিটেট আয়ন ছাড়া অন্য অণু ও আয়নের ক্ষেত্রেও যেমন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (যথা, অ্যাসিটিক অ্যাসিড), মিথাইল

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

উদাহরণ :

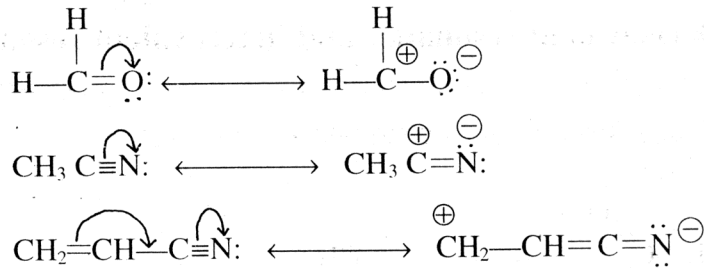


আবার এমন ঘটতে পারে যে, কোন যৌগের বিভিন্ন ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা সমান থাকে না। যেমন, প্রপিন্যালের ক্যানোনিকাল গঠনদুটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা আলাদা :



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 :

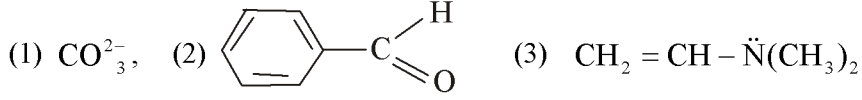


(প্রতিটি ক্ষেত্রেই ক্যানোনিকাল গঠনগুলিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা আলাদা।)

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 :



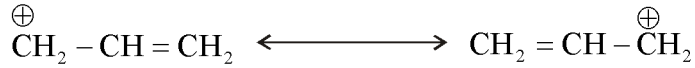
2.2.9 ক্যানোনিকাল গঠনগুলির তুলনামূলক গুরুত্ব নির্ণয় :

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 :

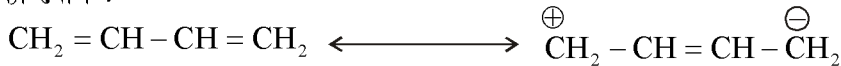


এরা সমান শক্তিসম্পন্ন। তাই এরা সমান গুরুত্বপূর্ণ এবং আয়নটির গঠনে এদের অবদানও সমান।

(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।

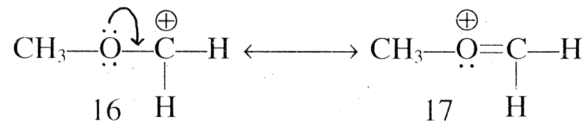
উদাহরণ : 1, 3-বিউটাডাইইন-এর নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটির মধ্যে প্রথমটিতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যা বেশি :



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

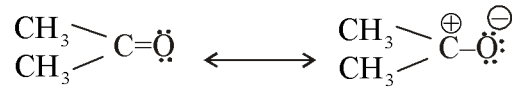


প্রথমটিতে কার্বনের যোজ্যতাকক্ষে ছয়টি ইলেকট্রন আছে, কিন্তু দ্বিতীয়টিতে কার্বন এবং অক্সিজেন উভয়েরই

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।

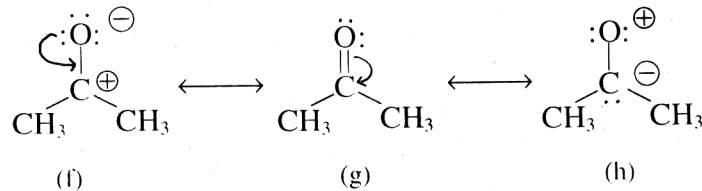
উদাহরণ : প্রপানোন-এর দুটি ক্যানোনিকাল গঠন হল :



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 :



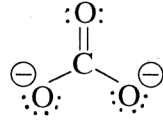
রেজোন্যান্স হাইব্রিডে ক্যানোনিকাল গঠনদ্বয় (f) এবং (h)-এর অবদান গৌণ কারণ দুটির ক্ষেত্রে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটেছে। (f) ও (h)—এই দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের মধ্যে আবার (f)-এর অবদান (h) -এর থেকে অনেক বেশি, কারণ (f)-এ ঋণাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে (O-এ) এবং ধনাত্মক আধান অধিকতর তড়িৎ-ধনাত্মক পরমাণুতে (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 :

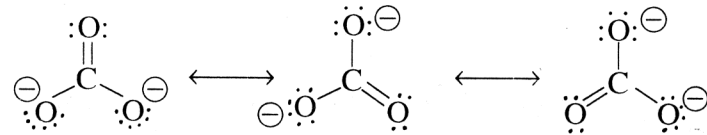
আগেই বলা হয়েছে যে, যেসব যৌগের ক্ষেত্রে একাধিক লুইস-গঠন লেখা যায় রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে তাদের প্রকৃত গঠন প্রকাশ করা হয়। যে কোন একটি লুইস-গঠন যৌগটির ধর্মাবলী ব্যাখ্যা করতে পারে না। ক্যানোনিকাল গঠনগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড হিসেবে যৌগটির ধর্মাবলী ব্যাখ্যা করা হয়। এখানে রেজোন্যান্স তত্ত্বের সাহায্যে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



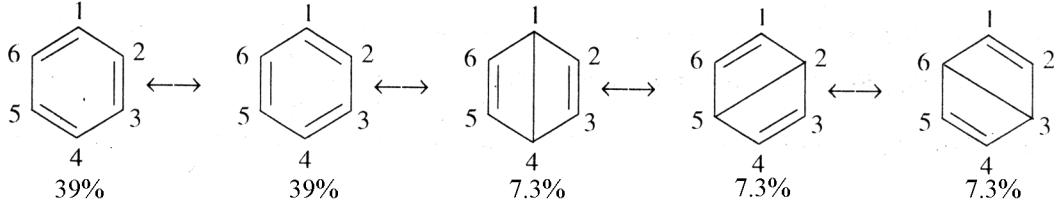
উপরে অবস্থিত কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনটি ধরলে দেখা যায় প্রথম গঠনে এই বন্ধনটি দ্বি-বন্ধন এবং দ্বিতীয় ও তৃতীয় গঠনে এই বন্ধনটি এক-বন্ধন। CO_3^{2-} আয়নকে এই তিনটি গঠনের হাইব্রিড হিসেবে ধরলে স্পষ্টতই বোঝা যায় যে, এই কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের দ্বি-বন্ধন চরিত্র আছে। অপর দুটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধন সম্পর্কেও একই 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 গণনা-
লব্ধ, পরীক্ষালব্ধ 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 :

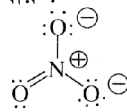


C_1-C_2 বন্ধনের বন্ধন-ক্রম = $(0 + 0.39 + 0 + 0 + 0.073) + 1$ (প্রতিটি ক্যানোনিকাল গঠনে উপস্থিত এক-বন্ধনের জন্য) = 1.463

[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?

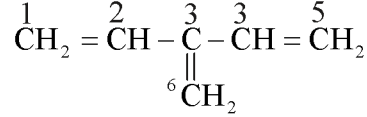
(ii) ধরুন বেঞ্জিন নিচে দেখান দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের রেজোন্যান্স হাইব্রিড



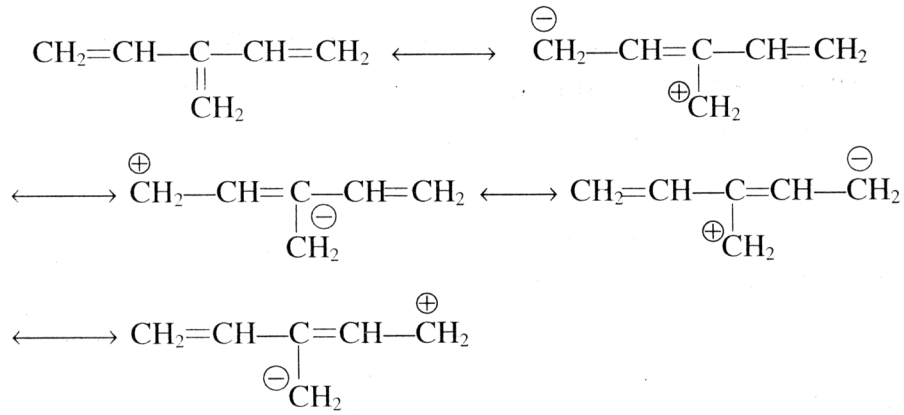
তাহলে বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম কি একই হবে? কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম নির্ণয় করুন।

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 :

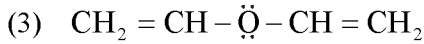
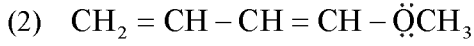
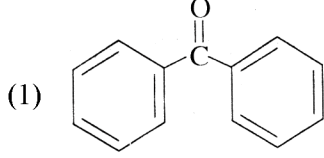


ক্যানোনিকাল গঠনগুলি থেকে স্পষ্ট বোঝা যায় যে, এক্ষেত্রে $\text{C}_1 - \text{C}_2$, $\text{C}_3 - \text{C}_6$, $\text{C}_4 - \text{C}_5$ বন্ধনগুলির বন্ধন-দূরত্ব সমান নয়, যদিও তিনটিতেই আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্র বর্তমান। $\text{C}_1 - \text{C}_2$, $\text{C}_4 - \text{C}_5$ বন্ধন-দূরত্ব দুটির মান সমান (উভয়ের 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 ক্রমাঙ্কিত যৌগ কি না কারণসহ বলুন :

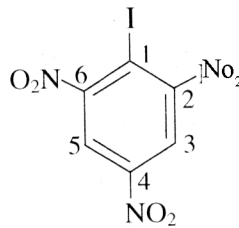


(iii) CO_3^{2-} আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি আঁকুন এবং ব্যাখ্যা করুন কেন কার্বনেট আয়নের তিনটি C-O বন্ধন-দূরত্বের মানই সমান (129 পিকোমিটার)।

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

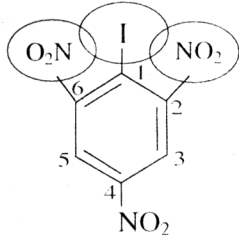
রেজোন্যান্সের একটি অবশ্য পালনীয় শর্ত হল এই যে স্থান-অতিক্রান্ত (delocalised) ইলেকট্রন দিয়ে বেষ্টিত পরমাণুগুলিকে একই সমতলে বা প্রায় একই সমতলে থাকতে হবে। সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলি একই সমতলে থাকলেই তাদের p-কক্ষকগুলি পরস্পর সমান্তরাল থাকতে পারে এবং এই p-কক্ষকগুলির মধ্যে কার্যকর পাশাপাশি অভিলেপন ঘটতে পারে। 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।



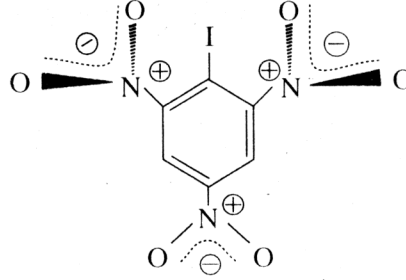
পিকরিল আয়োডাইড

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

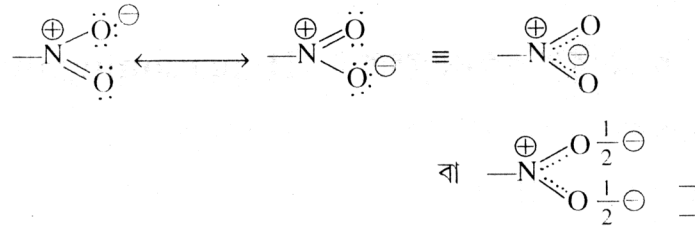


2 ও 6 অবস্থানের NO₂-মূলক বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকতে পারে না।

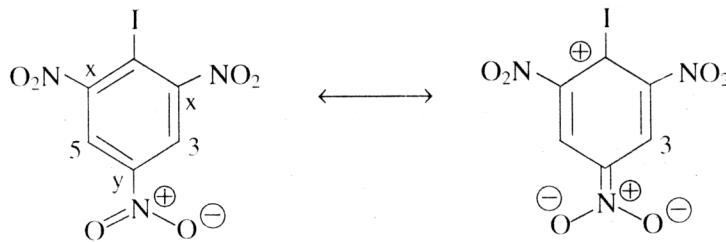
বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকার জন্য স্থানের সংকুলান হয় না। এইজন্য 2 ও 6 অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের অক্সিজেন পরমাণুগুলি আর বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকতে পারে না। অর্থাৎ স্টেরিক কারণে তারা সমতলের বাইরে থাকতে বাধ্য হয়।



[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 :

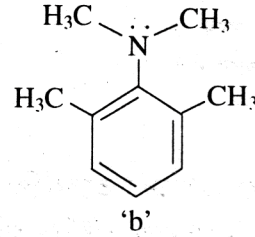
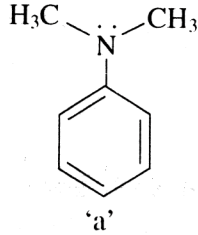


এই ঘটনার প্রতিফলন বন্ধন-দূরত্বে পাওয়া যায়। পরিমাপ করে দেখা যায় যে, x-চিহ্নিত C-N বন্ধন-দূরত্ব 145 পিকোমিটার, কিন্তু y-চিহ্নিত C-N বন্ধন-দূরত্ব 135 পিকোমিটার। 4-অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের সঙ্গে বেনজিন বলয়ের রেজোন্যান্সের ফলে (উপরের রেজোন্যান্স গঠন দেখুন)। y-চিহ্নিত C-N বন্ধনে আংশিক দ্বি-বন্ধন চরিত্র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

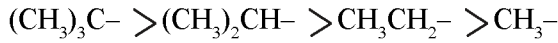
- (i) পিকরিল আয়োডাইডের ২ ও ৬ অবস্থানের নাইট্রো-মূলকের নাইট্রোজেন পরমাণুদুটি কি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে থাকে? এই নাইট্রো-মূলক দুটির অক্সিজেন পরমাণুগুলি কি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে একই সমতলে অবস্থান করে?
- (ii) নিচে দুটি যৌগ দেওয়া হল :



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

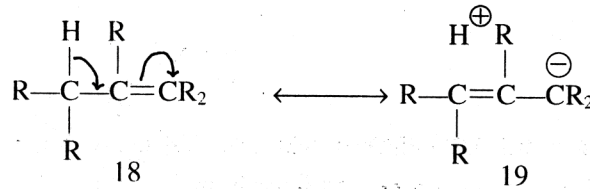
2.3 অধিক্রমাঙ্ঘ বা হাইপারকনজুগেশন (Hyperconjugation)

আবেশীয় ক্রিয়ার অ্যালকিল মূলকগুলির ইলেকট্রন মোচনের ক্রম হল :



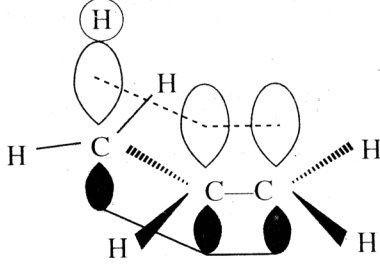
কিন্তু অ্যালকিল মূলকগুলি কোন অসম্পৃক্তির সঙ্গে যেমন, কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের ($\text{C} = \text{C}$) সঙ্গে বা বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত থাকলে অনেক সময় ইলেকট্রন মোচনের এই ক্রম একেবারে বিপরীত হয়ে যায় অর্থাৎ, CH_3 -মূলকের ইলেকট্রন মোচনের ক্ষমতা সবথেকে বেশি হয় এবং $(\text{CH}_3)_3\text{C}$ -মূলকের 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)।

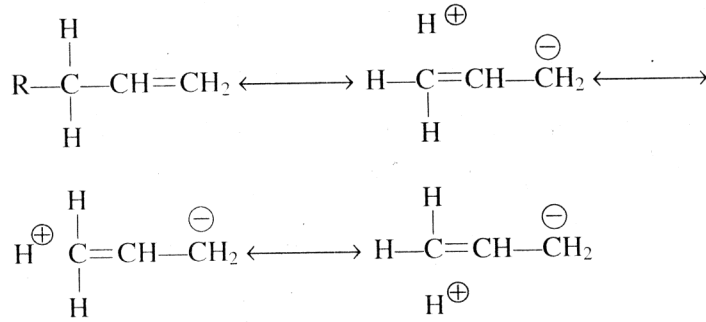


আপনি আগে রেজোন্যান্সের ক্ষেত্রে $\pi-\pi$ ক্রমাঙ্ঘয়ের সঙ্গে পরিচিত হয়েছেন। এখানে C-H বন্ধনের σ -ইলেকট্রনের সঙ্গে C=C বন্ধনের π -ইলেকট্রনের ক্রমাঙ্ঘয় ঘটে। একে বলা হয় $\sigma-\pi$ ক্রমাঙ্ঘয়।

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

হাইপার-কনজুগেশনের কক্ষক চিত্র।

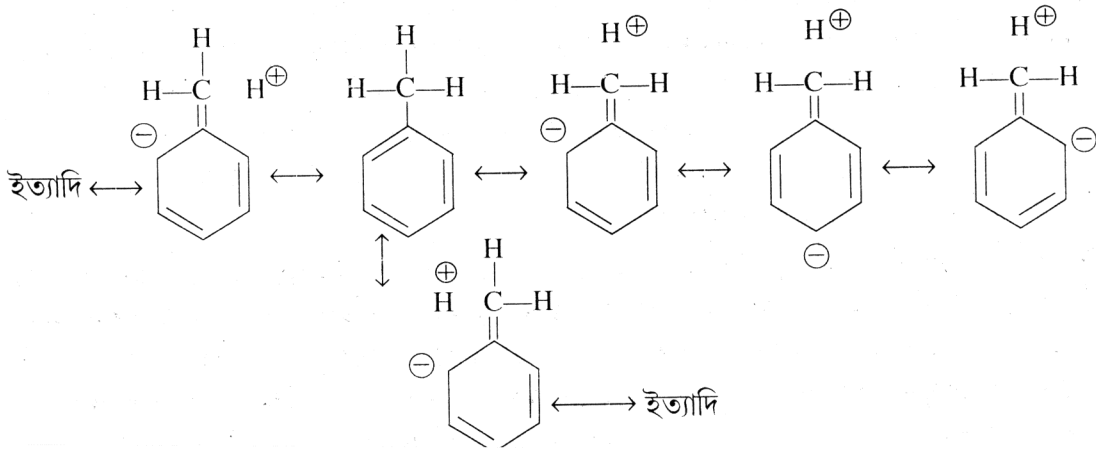
উদাহরণ : (1) প্রোপিন অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত কার্বনে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত আছে। তাই প্রোপিনের ক্ষেত্রে মুখ্য গঠন ছাড়াও আরও তিনটি অধিক্রমাঙ্ঘয়ী বা হাইপারকনজুগেশন গঠন আঁকা হয় :

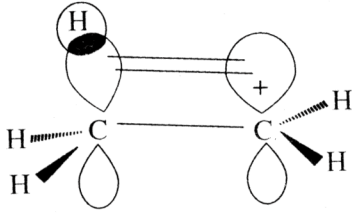


অর্থাৎ, প্রোপিন এই চারটি গঠনের হাইব্রিড। অসম্পৃক্তির সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলিতে মোট হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর হাইপারকনজুগেশন গঠনের মোট সংখ্যা নির্ভর করে।

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

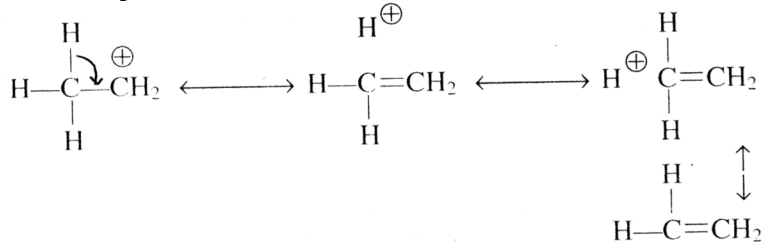
(2) টলুইনের ক্ষেত্রে নিচের হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি আঁকা যায় :



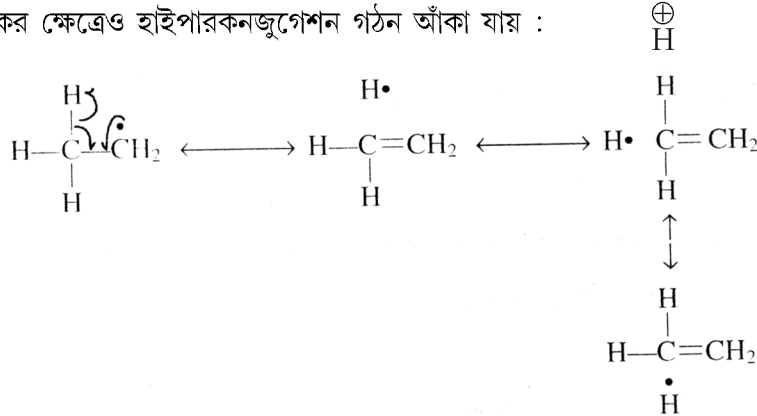


কার্বোক্যাটায়নে হাইপারকনজুগেশন—কক্ষক
চিত্র : কার্বন-হাইড্রোজেন বন্ধন কক্ষকের সঙ্গে
কার্বো-ক্যাটায়নের ফাঁকা p-কক্ষকের অভিলেপন

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।

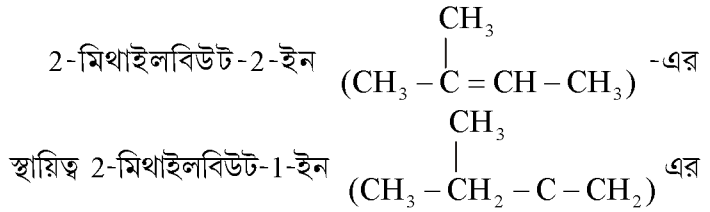
হাইপারকনজুগেশন নিয়ে বৈজ্ঞানিকদের মধ্যে মতভেদ আছে। বর্তমানে মনে করা হয় যে, স্থিতাবস্থায় প্রশম অণুর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনের কোন ভূমিকা নেই (যদিও কিছু ঘটনা এখনও অনেক হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করেন)। কার্বোক্যাটায়ন, মুক্তমূলক এবং অণুর উত্তেজিত অবস্থায় হাইপারকনজুগেশনের ভূমিকা গুরুত্বপূর্ণ।

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।

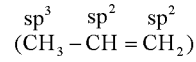
(3) কোন্ যৌগটি বেশি স্থায়িত্বসম্পন্ন?

(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 (উপরে)। তিনটিতে C_2-C_3 -এর মধ্যে দ্বি-বন্ধন আছে। এদের অবদানের অনেকে অন্যভাবে ব্যাখ্যা করেন। এই বন্ধনটি sp^3-sp^2 অভিলেপনের ফলে গঠিত হয়।



sp^2 সংকরায়িত C -র সমযোজী-ব্যাসার্ধ (Covalent radius) sp^3 সংকরায়িত C -র সমযোজী-ব্যাসার্ধ থেকে কম, তাই এই বন্ধন-দূরত্ব সংকুচিত হয়।

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

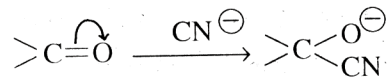
শেষে একটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়া, রেজোন্যান্স, হাইপারকনজুগেশন অণুর স্থিতাবস্থাতেই ক্রিয়া করে তা বলা হয়েছে। মনে রাখা দরকার, অণুর যে কোন অবস্থাতেই তার বিভিন্ন বন্ধনে ও পরমাণুতে ইলেকট্রন-প্রাপ্যতা নির্ণয় করার জন্য ও

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 :



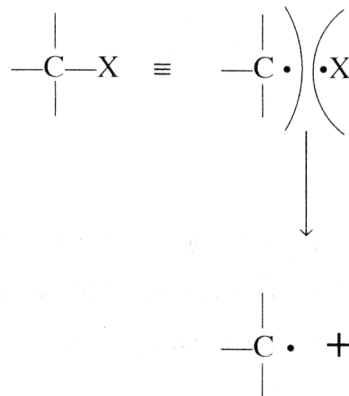
(C-এর অপর যোজ্যতাগুলি C বা অন্য কোন পরমাণু দিয়ে পরিতৃপ্ত আছে)।

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 :

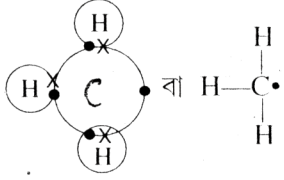
(1) সমবিভাজন (Homolytic Cleavage or Homolysis) :

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।



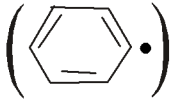
এই বিভাজনের ফলে উৎপন্ন অংশগুলিতে একটি করে অযুগ্ম ইলেকট্রন থেকে যায়। যোজ্যতা কক্ষে এক বা একাধিক অযুগ্ম ইলেকট্রনযুক্ত মূলককে মুক্তমূলক বলা হয়। মূলকটি জৈব মূলক হলে মুক্তমূলকটিকে জৈব মুক্তমূলক বলা হয়। তাহলে সমযোজী বন্ধনের সমভঙ্গনের ফলে মুক্তমূলক গঠিত হয়।



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

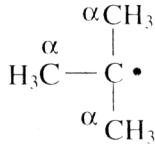
মিথাইল মুক্তমূলক যোজ্যতা-কক্ষে
একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন

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



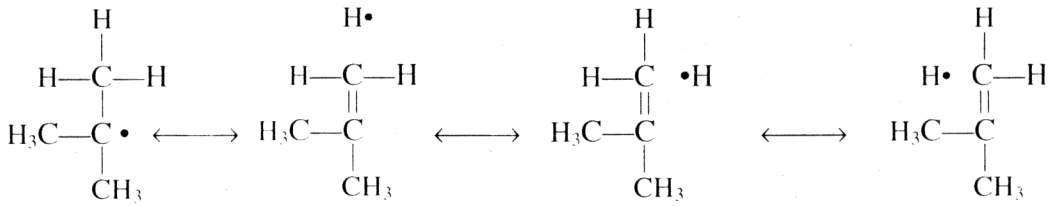
অ্যালাইল মুক্তমূলক ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\bullet$) ইত্যাদি মুক্তমূলকের উদাহরণ।

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) :

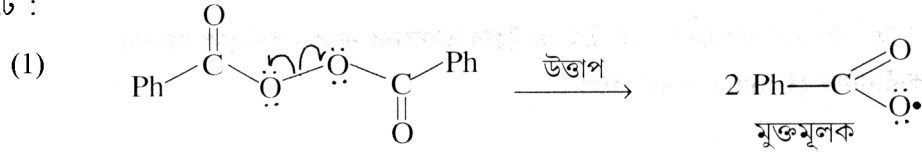


↔ এইরূপ আরও ছয়টি।

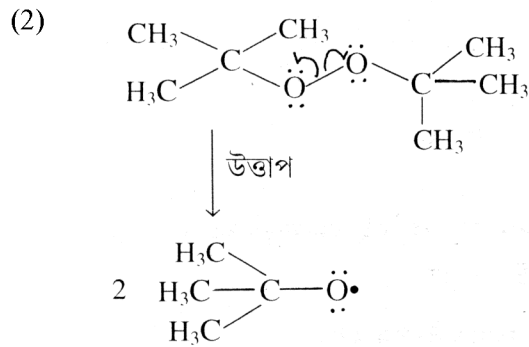
আইসোপ্রোপাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়াও আরও ছয়টি, ইথাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়া আরও তিনটি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। মিথাইল মুক্তমূলকের ক্ষেত্রে কোন হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায় না (কোন α -H নাই)। সুতরাং হাইপারকনজুগেশন ধারণার সাহায্যে উপরের স্থায়িত্বের ক্রমটি ব্যাখ্যা করা যায়।

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 :

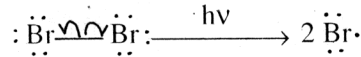


বেনজয়িল পারঅক্সাইড

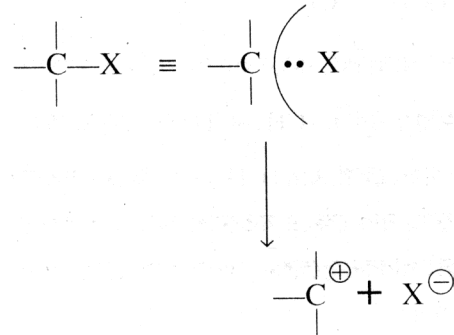


অর্থাৎ কিছু যৌগকে উত্তপ্ত করলে সমভঙ্গন ঘটে। অর্থাৎ, তাপের প্রভাবে সমভঙ্গন ঘটতে পারে। অবশ্য জৈব যৌগটির গঠন সমভঙ্গনে অংশগ্রহণের উপযুক্ত হতে হবে।

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

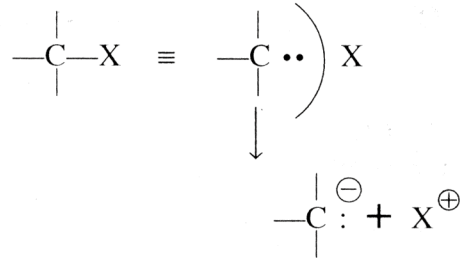


(2) **অসমবিভাজন (Heterolytic Cleavage)** : দু'টি পরমাণুর মধ্যকার সমযোজী বন্ধনের ভঙ্গন এমনভাবে ঘটতে পারে যে সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনদুটি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদুটির যে কোনটি গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। সমযোজী বন্ধনের এই ধরনের ভঙ্গনকে অসমবিভাজন বলা হয়। যেমন, C-এর সঙ্গে অপর কোন পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের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

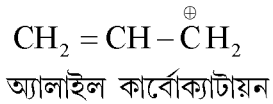
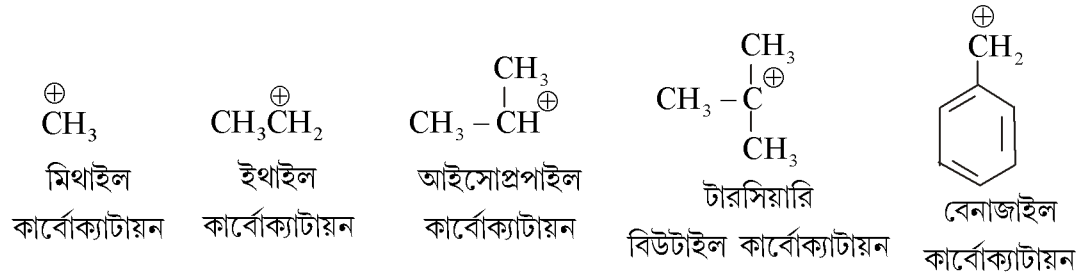
আবার সমযোজ্যতা বন্ধনের ভাঙ্গনের ফলে উৎপন্ন জৈব আয়নের কার্বন ঋণাত্মক আধান বহন করলে জৈব আয়নটিকে কার্বানায়ন (Carbanion) বলে :



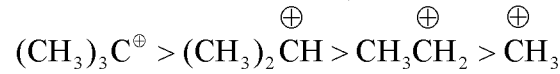
কার্বনের সঙ্গে অপর কোন পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গনে যদি কার্বনই সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রনদুটি সম্পূর্ণরূপে গ্রহণ করে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় তবে কার্বানায়ন উৎপন্ন হয়।

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

কার্বোক্যাটায়নের উদাহরণ : কয়েকটি কার্বোক্যাটায়নের উদাহরণ নিচে দেওয়া হল :



অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম : অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



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

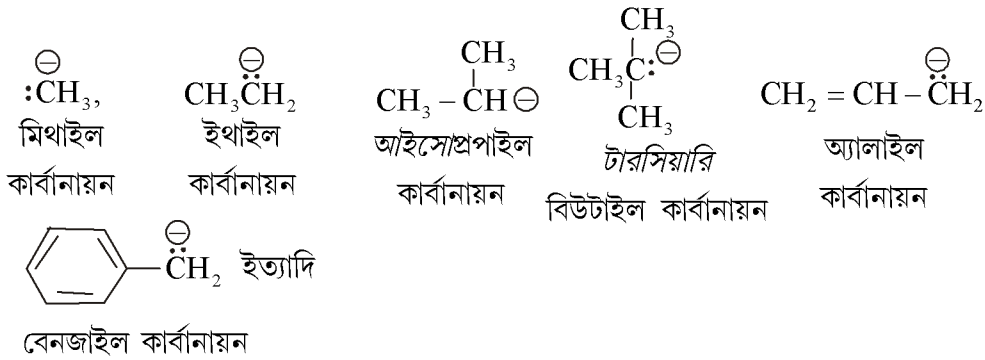
-এর ক্ষেত্রে মূলগঠন ছাড়া আরও নয়টি, $(\text{CH}_3)_2\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}$ -এর ক্ষেত্রে আরও ছয়টি এবং

$\text{CH}_3\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H}_2$ -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।

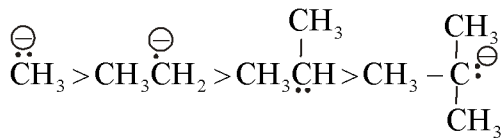
[কোন আয়নের আধান যদি কোন একস্থানে সীমাবদ্ধ না থেকে বিস্তৃত হয়ে যেতে পারে, তবে আয়নটির স্থায়িত্ব বাড়ে। কোন কারক যদি কোন আয়নের আধানকে একস্থানে সীমাবদ্ধ হয়ে থাকতে বাধ্য করে বা কোন একস্থানে আধানের ঘনত্ব বাড়িয়ে দেয় তবে আয়নটির স্থায়িত্ব কমে যায়। আর কোন কারক যদি কোন আয়নের আধানকে σ -বন্ধনের মাধ্যমে 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 :



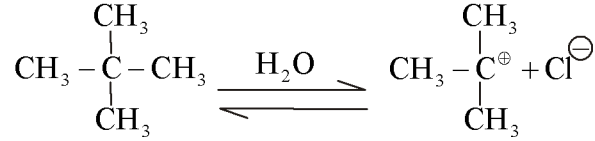
অ্যালকিল কার্বানায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম : অ্যালকিল কার্বানায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



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

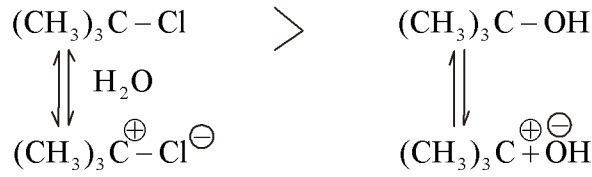
C^{\ominus} -এ ততবেশি ঋণাত্মক আধান কেন্দ্রীভূত হয়। সুতরাং, সঙ্গতকারণেই অ্যালকিল কার্বানায়ন স্থায়িত্বের উপরোক্ত ক্রম দেখা যায়।

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

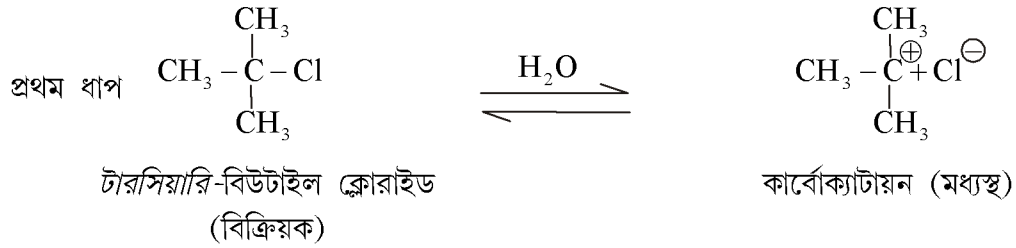
জৈব যৌগে উপস্থিত সমযোজী বন্ধনের ভাঙ্গনের ফলে আয়ন (কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়ন) বা মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়। এইজন্য জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে দুটি বিশদ ভাগে ভাগ করা যায়। (1) আয়নীয় বিক্রিয়া, ও (2) মুক্তমূলক বিক্রিয়া। অবশ্য জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া এই দুভাবে ছাড়াও অন্যভাবে ঘটতে পারে। যেমন, পরিবৃত্তীয়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

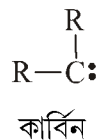
ক → খ → গ
 এখন যদি এই বিক্রিয়ায় ক প্রথমে খ উৎপন্ন করে এবং তারপর খ গ-তে বিক্রিয়ক মধ্যস্থ বিক্রিয়াজাত পরিণত হয় তাহলে খ হল এই বিক্রিয়ার মধ্যস্থ (Intermediate)। যেমন, টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে টারসিয়ারি-বিউটাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই বিক্রিয়ায় টারসিয়ারি-বিউটাইল ক্লোরাইড 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।

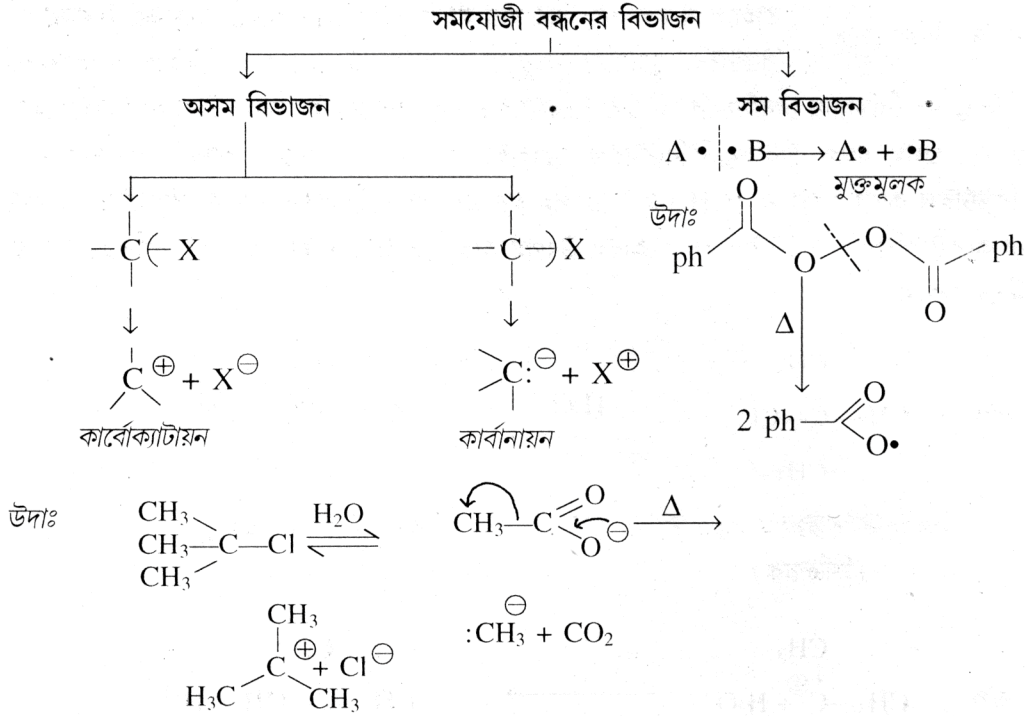


এই মধ্যস্থগুলিতে কার্বনের যোজ্যতা তিন। আর একটি মধ্যস্থ হল কার্বিন যেখানে কার্বনের যোজ্যতা দুই :



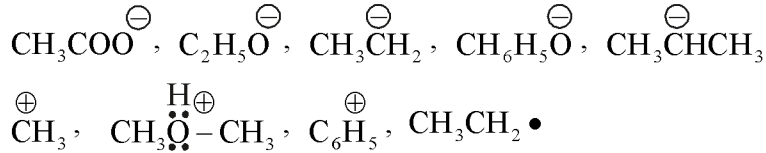
কার্বিনের উদাহরণ হল মিথিলিন (:CH₂), ডাইক্লোরোকার্বিন (: CCl₂) ইত্যাদি।

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?

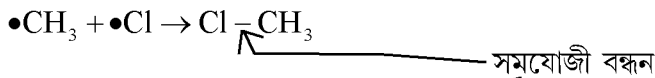


(ii) (CH₃)₃C-Cl ও CH₃-Cl-এর মধ্যে জলে কোন্ যৌগের C-Cl বন্ধনের অসমবিভাজন সহজে হয়? কেন?

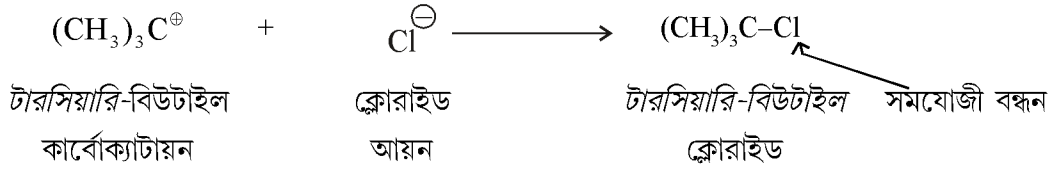
2.5.4 সমযোজী বন্ধন গঠন (Formation of Covalent bond) :

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,

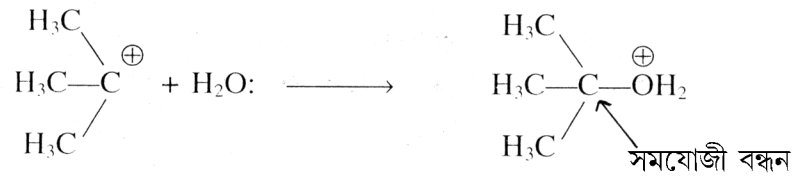


- (2) অসম-বিভাজনের বিপরীত প্রক্রিয়ায় (By the reversal of heterolysis) : এই প্রক্রিয়ায় বিপরীত আধানযুক্ত দুটি আয়ন পরস্পর যুক্ত হয়ে সমযোজী বন্ধন রচনা করে। যেমন,



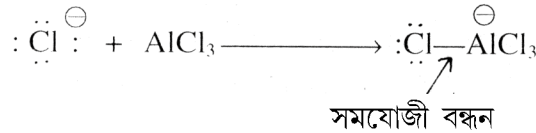
- (3) প্রশম অণুর সঙ্গে কোন আয়নের সংযুক্তির প্রক্রিয়ায় (By the addition of an ion to a neutral molecule) :

- (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।

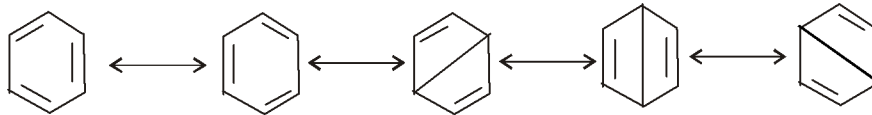
ফলে $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl}$ অণুটির বিভিন্ন পরমাণুতে ইলেকট্রনপ্রাপ্যতা বিভিন্ন হয় : $\delta\delta + \delta + \delta +$ $\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2 \rightarrow \text{Cl}$ । আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে অণু স্থিতিবস্থাতে স্থায়ী ধ্রুবীয়তা প্রাপ্ত হয়। এই ক্রিয়া σ -বন্ধনের মাধ্যমে সঞ্চরিত 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^- 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।



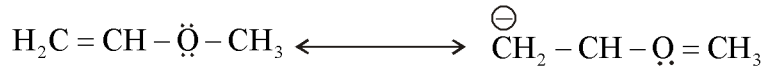
বেনজিন অণুর একটি নির্দিষ্ট ও বাস্তব অস্তিত্ব আছে, কিন্তু উপরোক্ত ক্যানোনিকাল গঠনগুলি কাল্পনিক।

- 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 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \ddot{\text{C}}\text{I}$: (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 :



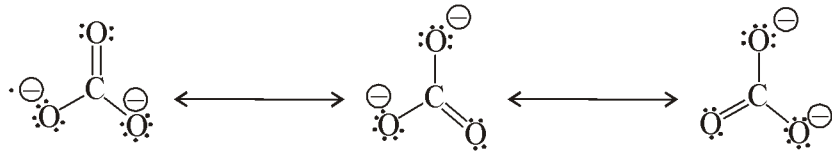
এটি হেটারোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্সের উদাহরণ।

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

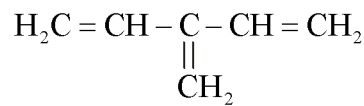
একটি বা দুটি অপূর্ণ যোজ্যতাকক্ষ সম্পন্ন ক্যানোনিকাল গঠনের অবদান থেকে বেশি। (4) যে ক্যানোনিকাল গঠনে বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ ঘটে তার অবদান যে ক্যানোনিকাল গঠনে তা ঘটে না তার থেকে কম। (5) যে ক্যানোনিকাল গঠনে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধান থাকে তার অবদান কম তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুতে ঋণাত্মক আধানযুক্ত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



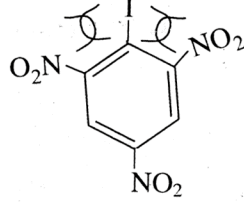
প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের ক্ষেত্রে দুটি ক্যানোনিকাল গঠনে এক-বন্ধন ও একটি ক্যানোনিকাল গঠনে দ্বি-বন্ধন আছে। তাই প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন বন্ধনের বন্ধন-দৈর্ঘ্যের মান একই হওয়া উচিত এবং এই মান হওয়া উচিত এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দৈর্ঘ্যের মানের অন্তর্বর্তী। প্রকৃত পরীক্ষা থেকে দেখা যায় প্রতিটি কার্বন-অক্সিজেন 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 :

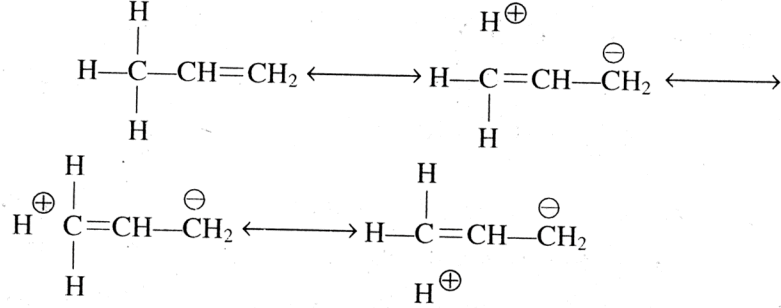


- বড় আকারের প্রতিবেশী পরমাণুগুলি যদি ত্রিমাত্রিক শূন্যে এমনভাবে ভীড় করে থাকে যে রেজোন্যান্সে অংশগ্রহণ করতে পারে এমন পরমাণুগুলি সমতলে থাকা থেকে বিচ্যুত হয়, তবে রেজোন্যান্স অবদমিত হয়। এই ঘটনাকে স্টেরিক কারণে রেজোন্যান্সের অবদমন বলা হয়। যেমন, পিকরিল আয়োডাইডে বৃহৎ আকারের আয়োডিন পরমাণু 2 ও 6 অবস্থানের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

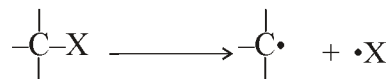


প্রোপিনে ($^3\text{CH}_3 - ^2\text{CH} = ^1\text{CH}_2$) $\text{C}_2 - \text{C}_3$ বন্ধন-দূরত্ব ইথেনের C-C বন্ধন-দূরত্ব থেকে একটু কম। এই ঘটনা হাইপারকনজুগেশন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। আবার, অ্যালকিনগুলির আপেক্ষিক স্থায়িত্বও CH_3

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।

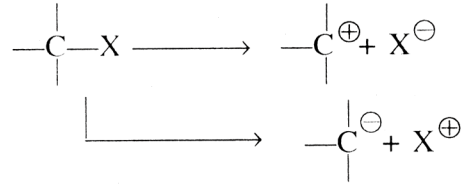
অ্যালকিল মুক্তমূলকগুলির স্থায়িত্বের ক্রমক্রাসমান ক্রম হল :



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 :

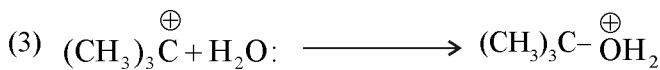
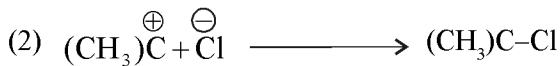


অসমবিভাজনের ফলে আয়নযুগল উৎপন্ন হয়। অসমবিভাজনের ফলে কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বানায়ন উৎপন্ন হতে পারে। কোন জৈব আয়নের কার্বন ধনাত্মক আধান বহন করলে আয়নটিকে কার্বোক্যাটায়ন বলে। জৈব আয়নের কার্বনে ঋণাত্মক আধান থাকলে আয়নটিকে কার্বানায়ন বলে। অ্যালকিল কার্বোক্যাটায়নগুলির স্থায়িত্বের ক্রম হল :



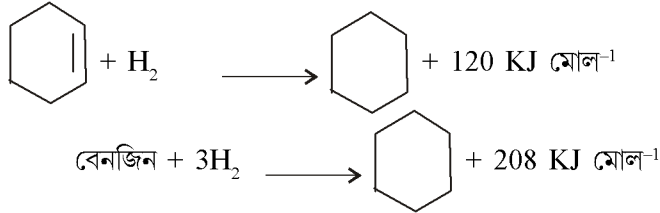
হাইপারকনজুগেশন দিয়ে এই ক্রম ব্যাখ্যা করা যায়।

- 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 :

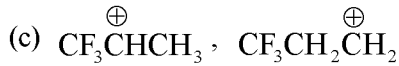
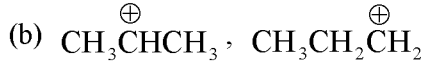
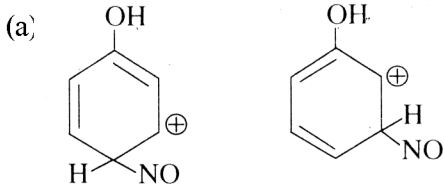


2.7 সর্বশেষ প্রশ্নাবলী

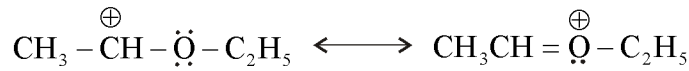
- (1) কোন্ ক্রিয়ার ফলে $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ অণুটির 2নং কার্বনে স্বল্প ধনাত্মক আধান থাকে? ক্রিয়াটি বুঝিয়ে বলুন।
- (2) আবেশীয় ক্রিয়া ও ক্ষেত্রজ ক্রিয়ার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?
- (3) স্থানীভূত (লোকালাইজড) ও স্থান-অতিক্রান্ত (ডিলোকালাইজড) বন্ধন বলতে কী বোঝায়? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দিন।
- (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।



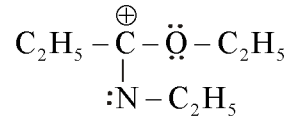
- (5) (i) নিচের জোড়গুড়ির মধ্যে কোন্টি অধিকতর সুস্থির?



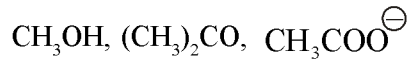
- (ii) নিচের ক্যানোনিকাল গঠনদুটির মধ্যে প্রকৃত রেজোন্যান্স হাইব্রিড কোন্টির অবদান বেশি? কেন?



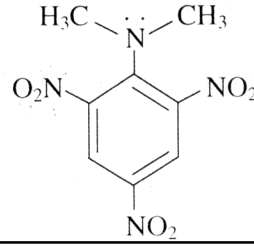
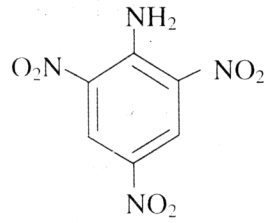
- (ii) নিচের কার্বোক্যাটায়নটির ক্যানোনিকাল গঠনগুলি আঁকুন এবং কোন্ ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান সবথেকে বেশি কারণসহ লিখুন।



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



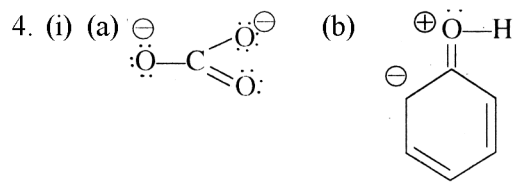
- (b) ইউরিয়া (NH_2CONH_2)-তে অ্যাসিড যোগ করলে একটি H^+ যুক্ত হয়। প্রোটোনেশন নাইট্রোজেনে হয় না অক্সিজেনে হয়?
7. মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন ও কার্বানায়ন বলতে কী বুঝায়। একটি করে উদাহরণ দিন।
- 8.(a) হাইপারকনজুগেশন বলতে কী বোঝায়?
 (b) প্রোপিন-এর হাইপারকনজুগেশন গঠনগুলি আঁকুন।
- 9.(a) একটি সমযোজী বন্ধন 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?



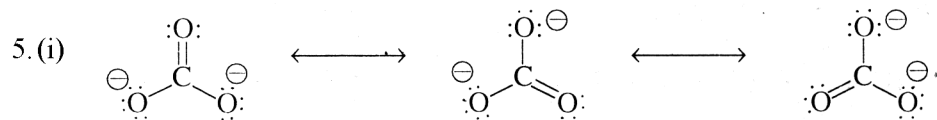
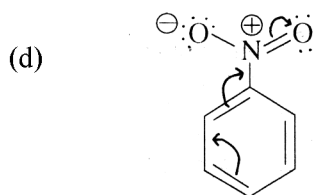
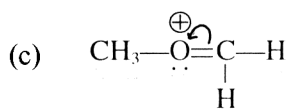
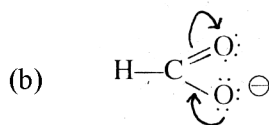
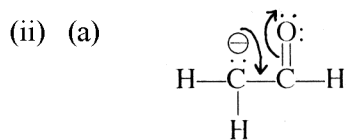
2.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী

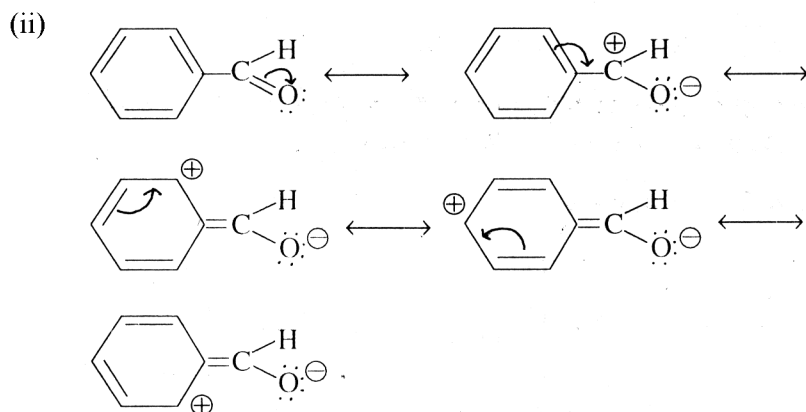
- 1.(i)(a) মিথ্যা। (b) সত্য। (c) মিথ্যা। (d) মিথ্যা। (e) মিথ্যা।
 (ii) O^- , COO^- -ইলেকট্রনমোচনকারী (+1) মূলক। CN , NR_3^+ , COOH , OR -ইলেকট্রন-অপসারী (-1) মূলক। হাইড্রোজেন পরমাণুর সাপেক্ষে।
- 2.(i) স্থানীভূত দ্বি-বন্ধনযুক্ত।
 (ii) স্থান-অতিক্রান্ত বন্ধনযুক্ত।
 (iii) স্থানীভূত দ্বি-বন্ধনযুক্ত।
 (iv)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



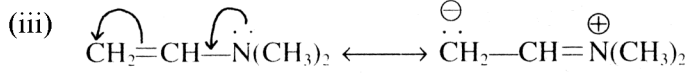
(c)



এক্ষেত্রে আইসোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে।

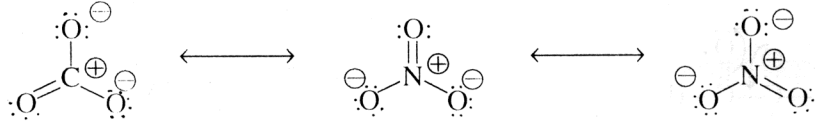


এক্ষেত্রে হেটেরোভ্যালেন্ট রেজোন্যান্স ঘটে।



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 হাইট্রোজেন-অক্সিজেন বন্ধনই সমতুল্য এবং এদের বন্ধন-দূরত্ব নাইট্রোজেন-অক্সিজেন এক-বন্ধন ও দ্বি-বন্ধন দূরত্বের অন্তর্বর্তী।

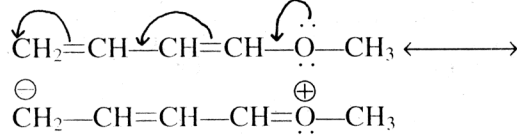
(ii) বেনজিনের দুটি ক্যানোনিকাল গঠনই সমতুল্য। তাই এদের অবদানও সমান— 50% করে। প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনের বন্ধন-ক্রম $= (0 + 0.5) + 1 = 1.5$

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-

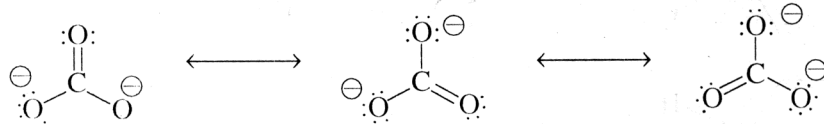
ইলেকট্রনযুগল ক্রমাঙ্কনীয় অবস্থিত।



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।

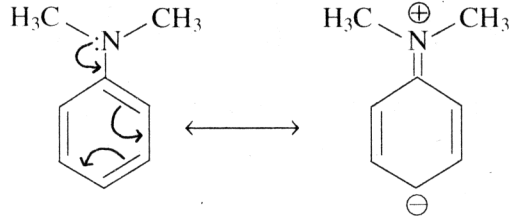
(ii) CO_3^{2-} আয়নের ক্যানোনিকাল গঠনগুলি হল :



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।

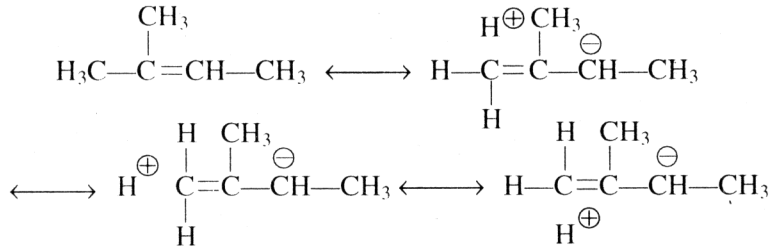
9. (i)



হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুগুলিকে বৃত্তের মধ্যে দেখান হয়েছে।

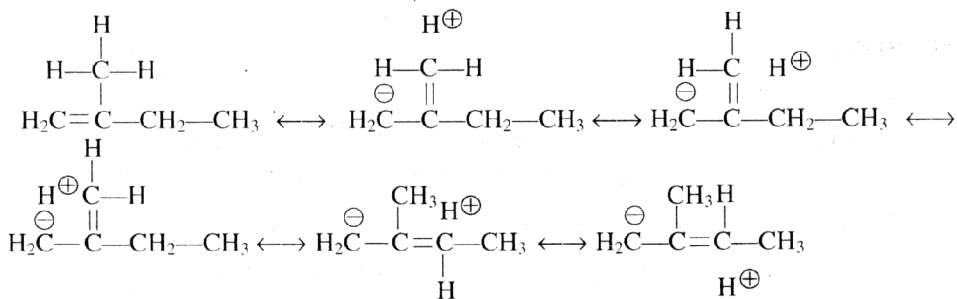
2-মিথাইলবিউট-2-ইন-এর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুর সংখ্যা 9টি এবং 2-মিথাইলবিউট-1-ইন-এর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশনে সক্ষম H-পরমাণুর সংখ্যা 5টি।

- (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।

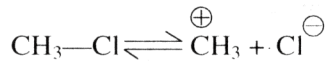
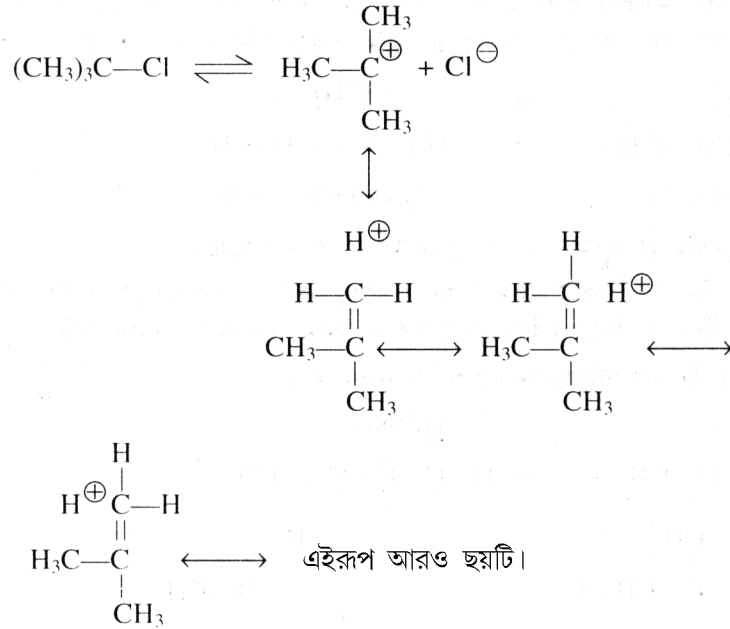
(iv) কারণ এক্ষেত্রে বেশিসংখ্যক হাইপারকনজুগেশন গঠন সম্ভব।

10. (i) কার্বোক্যাটায়ন : CH_3^+ , C_6H_5^+

কার্বানায়ন : CH_3CH_2^- , $\text{CH}_3\text{CH}^-\text{CH}_3$

কোনটিই নয় : CH_3COO^- , $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$, $\text{CH}_3\text{O}^+-\text{CH}_3$, CH_3CH_2

(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

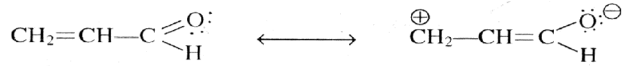
(i) আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে।

$\overset{2}{\text{C}}\text{H}_3-\overset{1}{\text{C}}\text{H}_2-\text{Cl}$ 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,

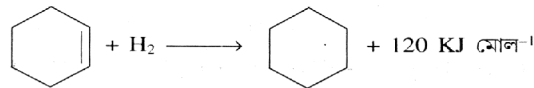


আরও উদাহরণ হল :



- (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।

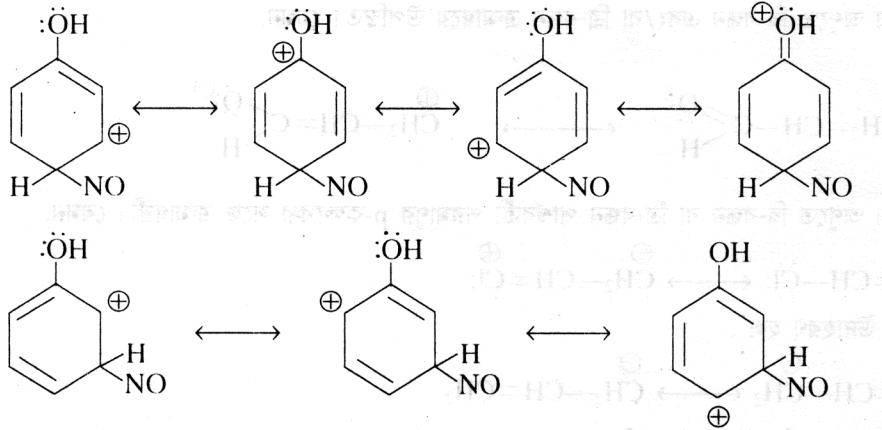
প্রকৃত বেনজিনের হাইড্রোজেনেশন করলে 208 KJ মোল^{-1} শক্তি নির্গত হয়।

∴ বেনজিনের রেজোন্যান্স শক্তি

$$= (360-208) \text{ KJ মোল}^{-1}$$

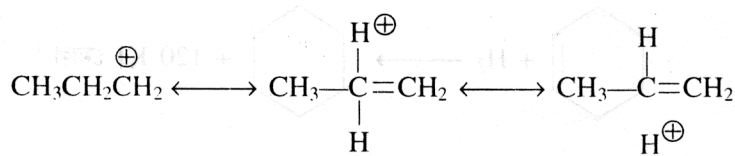
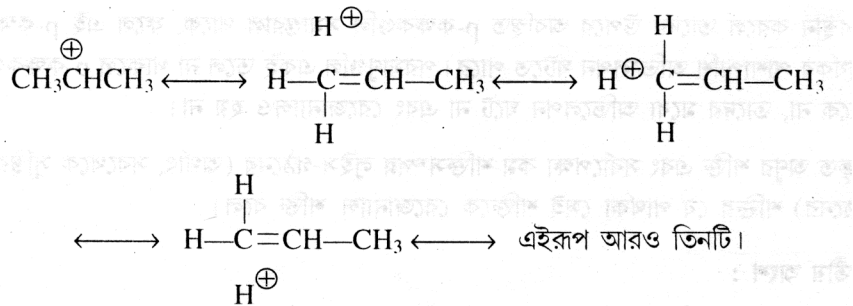
$$= 152 \text{ KJ মোল}^{-1}$$

(5) (i)(a)

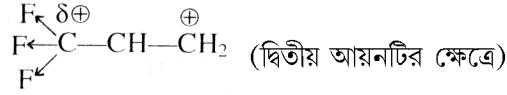
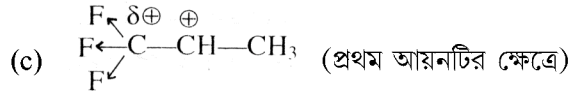


প্রথমটির ক্ষেত্রে একটি বেশি ক্যানোনিকাল গঠন (শেষটি) লেখা যায়। এই ক্যানোনিকাল গঠন শুধু একটি অতিরিক্ত ক্যানোনিকাল গঠনই নয়, সবথেকে সুস্থির ক্যানোনিকাল গঠনও বটে, কারণ এই ক্যানোনিকাল গঠনে পরমাণুগুলির কক্ষকপূর্তি ঘটেছে। এইরকম কোন ক্যানোনিকাল গঠন দ্বিতীয় আয়নটির ক্ষেত্রে লেখা যায় না। তাই প্রথমটিই অধিকতর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

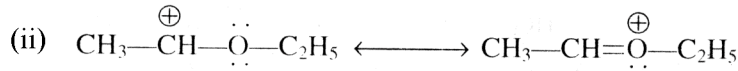
(b)



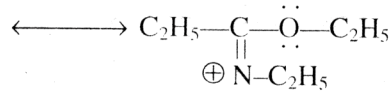
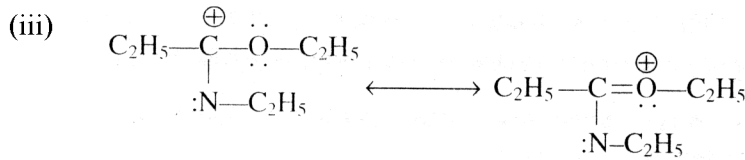
প্রথমটি সেকেন্ডারি কার্বোক্যাটায়ন এবং দ্বিতীয়টি প্রাইমারি কার্বোক্যাটায়ন। প্রথমটির ক্ষেত্রে মূলটি ছাড়া আরও ছয়টি হাইপার-কনজুগেশন গঠন লেখা যায়। দ্বিতীয়টির ক্ষেত্রে মূলটি ছাড়া মাত্র আর দুটি হাইপারকনজুগেশন গঠন লেখা যায়। তাই প্রথমটি অধিকতর সুস্থির।



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

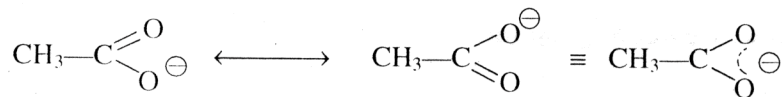


দ্বিতীয় ক্যানোনিকাল গঠনটির অবদান বেশি। কারণ যদিও এই ক্যানোনিকাল গঠনে কার্বনের থেকে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু অক্সিজেনে ধনাত্মক আধান আছে, এই ক্যানোনিকাল গঠনে পরমাণুগুলির কক্ষকপূর্তি ঘটেছে এবং এতে সমযোজী বন্ধনের সংখ্যাও বেশি।



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।

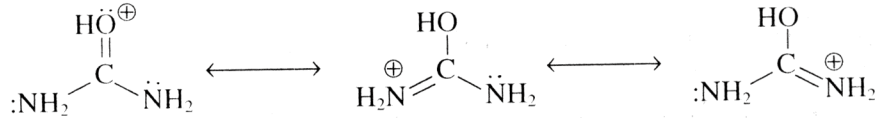
6 (a) C-O বন্ধন-দূরত্বের ক্রমক্রাসমান ক্রম হল : $\text{H}_3\text{C} - \text{OH} > \text{CH}_3\text{COO}^{\ominus} > (\text{CH}_3)_2\text{C} = \text{O}$
কারণ, $\text{CH}_3 - \text{OH}$ -এ C-O একবন্ধন আছে, তাই এখানে C-O বন্ধন-দূরত্ব সবথেকে বেশি।
 $\text{CH}_3\text{COO}^{\ominus}$ দুটি ক্যানোনিকাল গঠনের 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 $\text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\overset{\text{O}:}{\parallel}{\text{C}}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$, যার ধনাত্মক আধানকে স্থান-অতিক্রান্ত করে অন্য কোন ক্যানোনিকাল গঠন আঁকা যায় না।

একটি H[⊕] ইউরিয়ার অক্সিজেনে যুক্ত হলে উৎপন্ন হয় $\text{H}_2\ddot{\text{N}}-\overset{\text{H}\text{O}^{\oplus}}{\parallel}{\text{C}}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$, 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।

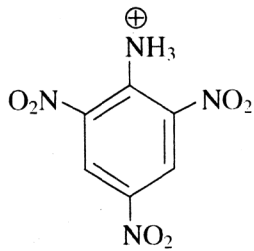
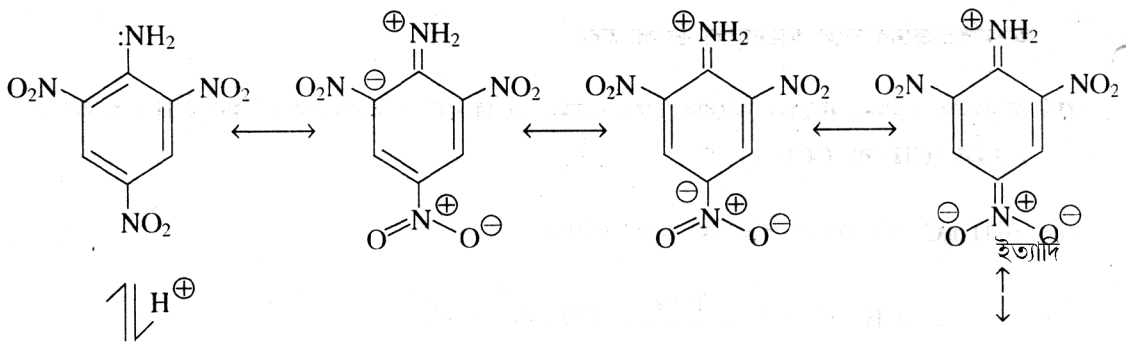
9.(a) সমযোজী বন্ধন দু'ভাবে বিভাজিত হতে পারে :

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

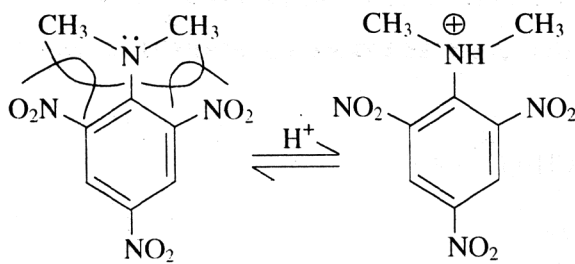


সমবিভাজনের ফলে মুক্তমূলক উৎপন্ন হয়।

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



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



(এক্ষেত্রেও রেজোন্যান্স হয় না।)

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