

লাল - সরুজে
দাগানো
TEXT BOOK



রসায়ন
২য় পত্র

New Edition



উমেষ

মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন কেয়ার

শিক্ষার্থীর কাজ-২.৯ : কার্যকরী মূলকভিত্তিক ত্রিমৌল যোগের সমাপ্তি :

সমস্যা - ২.১৭ : নিচে দেয়া শর্ত মতে, সমাব্য সমাপ্তলোর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

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

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

(গ) $C_4H_{10}O$ এর সমাব্য সব সমাপ্তুর গাঠনিক সংকেত লেখ ।

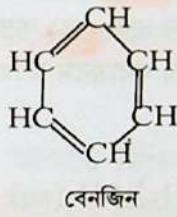
(ঘ) $C_5H_{10}O_2$ এর গঠনের সমাপ্তে একটি কার্বক্সিল মূলক আছে ।

২.৮ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন

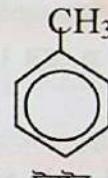
Aromatic Hydrocarbons

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

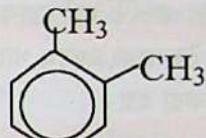
অ্যারোমেটিক যোগের সংজ্ঞা : বেনজিন, বেনজিন জাতক ও বেনজিনের মতো অসম্পৃক্ততা যুক্ত এবং হাকেল (Huckel) নিয়মভিত্তিক $(4n + 2)$ সংখ্যক সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন সমন্বিত বলয়কার জৈব যোগকে অ্যারোমেটিক যোগ বলে ।



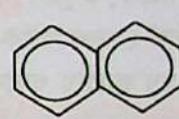
বা.



মিথাইল বেনজিন

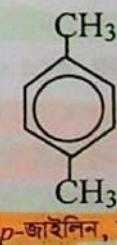
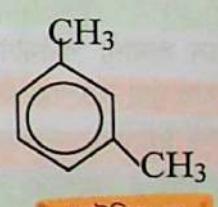
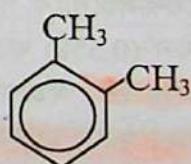
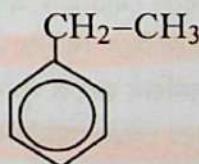


1, 2-ডাইমিথাইল বেনজিন



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

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



অ্যারোমেটিক যৌগের উৎস : কোল ও পেট্রোলিয়াম হলো অ্যারোমেটিক যৌগের প্রধান উৎস। কয়লার বিধ্বংসী পাতন যেমন 10% – 12% জলীয় বাস্প মিশ্রিত বিচুমিনাস কয়লাকে 900° – 1100°C তাপমাত্রায় আবদ্ধপাত্রে পাতন করে প্রাপ্ত কোলটার বা আলকাতরা থেকে এসব যৌগ পৃথক করা হয়। আলকাতরার মধ্যে অস্তীয়, ক্ষারকীয় ও নিরপেক্ষ- অ্যারোমেটিক যৌগ থাকে। আলকাতরাকে লোহ নির্মিত রিটটে নিয়ে 'অংশ-কলাম' ব্যবহার করে ধীরে ধীরে 400°C তাপমাত্রা পর্যন্ত আংশিক পাতন করলে নিম্নোক্ত পাতিত তরল পাওয়া যায়।

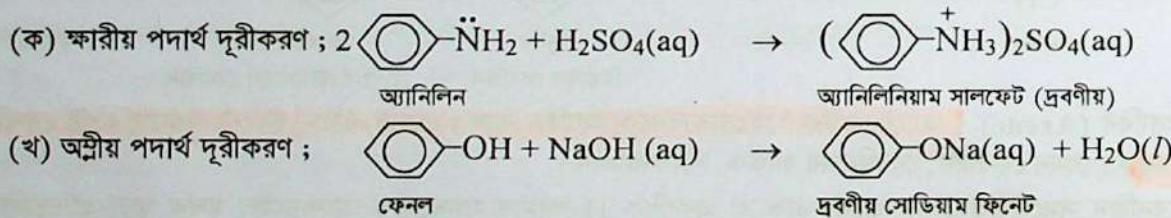
সারণি- ২.৯ : আলকাতরার আংশিক পাতনে প্রাপ্ত বিভিন্ন পাতিত অংশ ও উপাদান

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

২.৮.১ আলকাতরা অথবা লঘু তৈল থেকে বেনজিন ও টলুইন পৃথকীকরণ

Separation of Benzene & Toluene From Light Oil

আলকাতরাকে 170°C তাপমাত্রায় আংশিক পাতন করে প্রাপ্ত লঘু তৈলের মধ্যে প্রধানত (ক) নিরপেক্ষ জাতীয় বেনজিন, টলুইন, জাইলিন প্রভৃতি হাইড্রোকার্বন; (খ) ক্ষার জাতীয় অ্যানিলিন, পিরিডিন, থায়োফিন এবং (গ) অস্তীয় জাতীয় পদার্থ ফেনল থাকে। লঘু তৈলকে প্রথমে গাঢ় H_2SO_4 ও পরে 10% NaOH দ্রবণ দ্বারা ধোত করে যথাক্রমে ক্ষার জাতীয় ও অস্তীয় জাতীয় পদার্থ দূর করা হয়।



পরে এ তৈলকে বার বার পানি দ্বারা ধোত করলে অব্যবহৃত NaOH দূরীভূত হয়। শেষে এ লঘু তৈলকে আংশিক পাতন করে 70° – 110°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে সংগ্রহ করা হয়। এ অংশকে 90% বেনজল (benzol) বলা হয়। এ 90% বেনজলে প্রধানত 84% বেনজিন, 13% টলুইন এবং 3% জাইলিন থাকে। 90% বেনজলকে আংশিক পাতন করে 80° – 82°C তাপমাত্রায় পাতিত তরল পদার্থকে সংগ্রহ করলে মোটামুটি 99% বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়।

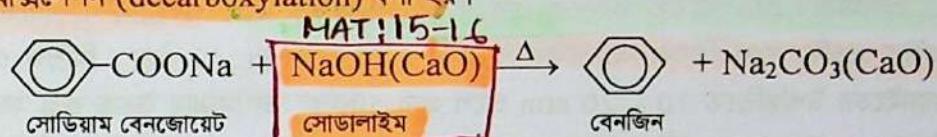
বিশেষণ : লঘু তৈলের আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথকীকৃত এ বেনজিনে টলুইন, থায়োফিন প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। বিশেষণের জন্য এ বেনজিনকে হিম-মিশ্রণ [NaCl ও বরফ পানি ($1:3$) = -22°C] দ্বারা শীতল করলে 5.4°C তাপমাত্রায় বেনজিনের কঠিন কেলাস পাওয়া যায়। এ কেলাসগুলোকে পৃথক করলে মোটামুটি অপদ্রব্য মুক্ত বেনজিন পাওয়া যায়; কিন্তু তবুও এ বেনজিনে সামান্য পরিমাণ থায়োফিন (0.5%) থাকে। থায়োফিন মিশ্রিত এ বেনজিনকে শীতল গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে মিশিয়ে বার বার ঝাঁকালে থায়োফিন দূর হয়। অতঃপর এ বেনজিন স্তরকে পৃথক করে ও অনার্ড CaCl_2 (নিরুদ্ধক) দ্বারা শুক করার পর 80.4°C তাপমাত্রায় পাতন করলে রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়। লঘু তৈলের 110° – 140°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে 50% বেনজল (50% benzol) বলে। 50% বেনজলে বেনজিন (46%), টলুইন ও সামান্য জাইলিন থাকে। 90% বেনজল ও 50% বেনজলকে 108° – 110°C তাপমাত্রায় আংশিক পাতন করলে মোটামুটি বিশুদ্ধ টলুইন পাওয়া যায়।

২.৮.২ বেনজিন ও টলুইন এর বিভিন্ন প্রস্তুত পদ্ধতি

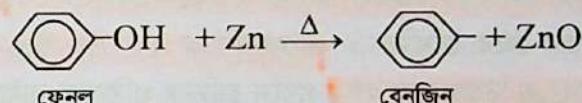
Preparations of Benzene and Toluene

(ক) বেনজিন প্রস্তুত পদ্ধতিসমূহ :

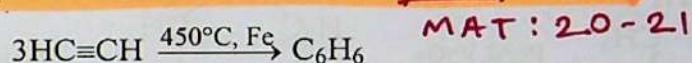
১। বেনজোয়িক এসিডের লবণ ও সোডা লাইমের মিশ্রণ থেকে : সোডিয়াম বেনজোয়েট লবণ ও সোডা লাইমের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে বেনজিনের বাষ্প (ফুটনাক্ষ 80.4°C) উৎপন্ন হয়। এই বাষ্পকে শীতল করলে তরল বেনজিন পাওয়া যায়। জৈব কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ ও সোডা লাইমের বিক্রিয়ায় CO_2 অপসারণ ও হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হওয়ার একটি বিক্রিয়াকে ডিকার্বক্সিলেশন (decarboxylation) বলা হয়।



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



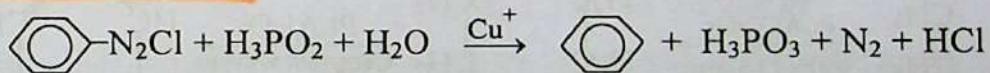
৩। অ্যাসিটিলিন থেকে বেনজিন : বেনজিন হলো অ্যাসিটিলিনের পলিমার। অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত লোহ নলের মধ্যে চালনা করলে তিন অণু অ্যাসিটিলিনের পলিমারকরণের ফলে **বেনজিন** উৎপন্ন হয়।



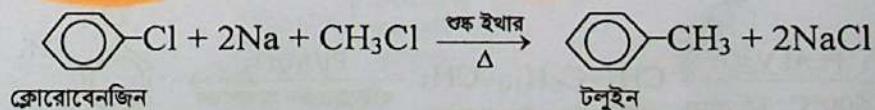
৪। গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে বেনজিন : গ্রিগনার্ড বিকারক যেমন ফিলাইল ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও পানির আর্দ্ধ-বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় বেনজিন উৎপন্ন হয়।



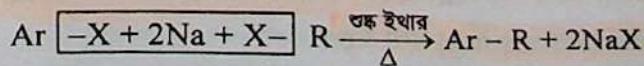
৫। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড থেকে বেনজিন : বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে কিউপ্রাস আয়ন (Cu^+Cl^-) প্রভাবকের উপস্থিতিতে ফসফিনিক এসিড (H_3PO_2) দ্রবণ সহযোগে বিজারিত করলে বেনজিন, ফসফোনিক এসিড, N_2 ও HCl এসিড উৎপন্ন হয়।



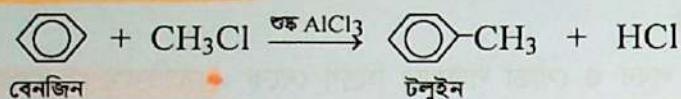
(খ) টলুইন প্রত্তিঃ ১। শক্ত ইথারে দ্রব্যভূত সোডিয়াম ধাতু, ক্লোরো বেনজিন ও মিথাইল ক্লোরাইডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে টলুইন উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াকে উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া বলে।



ଅନୁରୂପଭାବେ ଶ୍ଵର ଇଥାରେ ସୋଡ଼ିଆମ ଧାତୁ, ଯେକୋନୋ ଅୟାରାଇଲ ହ୍ୟାଲାଇଡ (ArX) ଓ ଅୟାଲକାଇଲ ହ୍ୟାଲାଇଡ (RX) ସହକାରେ ଉଟ୍ଟଜ-ଫିଟିଗ ବିକିର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ୱାରା ଅୟାଲକାଇଲ ବେନ୍ଜିନ (C_6H_5-R) ବା ଅୟାଲକାଇଲ ଆରିନ (Ar-R) ପ୍ରତ୍ଯେତ କରା ଯାଏ ।



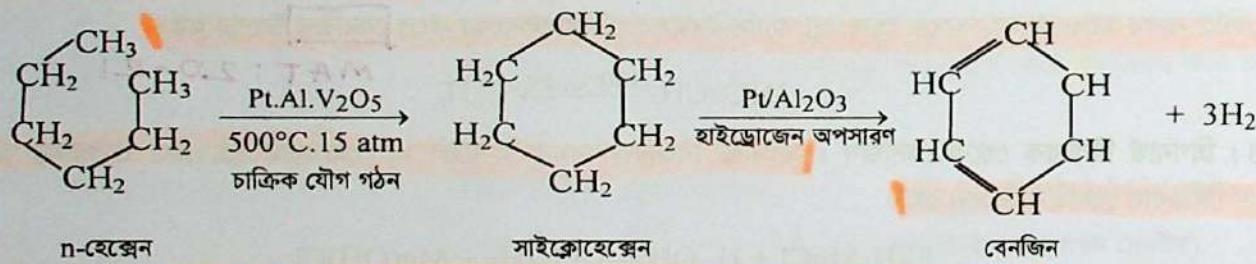
২। বেনজিন থেকে ট্লুইন : শুষ্ক AlCl_3 এর উপস্থিতিতে বেনজিন ও মিথাইল ক্রোরাইডের বিক্রিয়ায় ট্লুইন উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল গ্রাফট অ্যালকাইলেশন বলে।



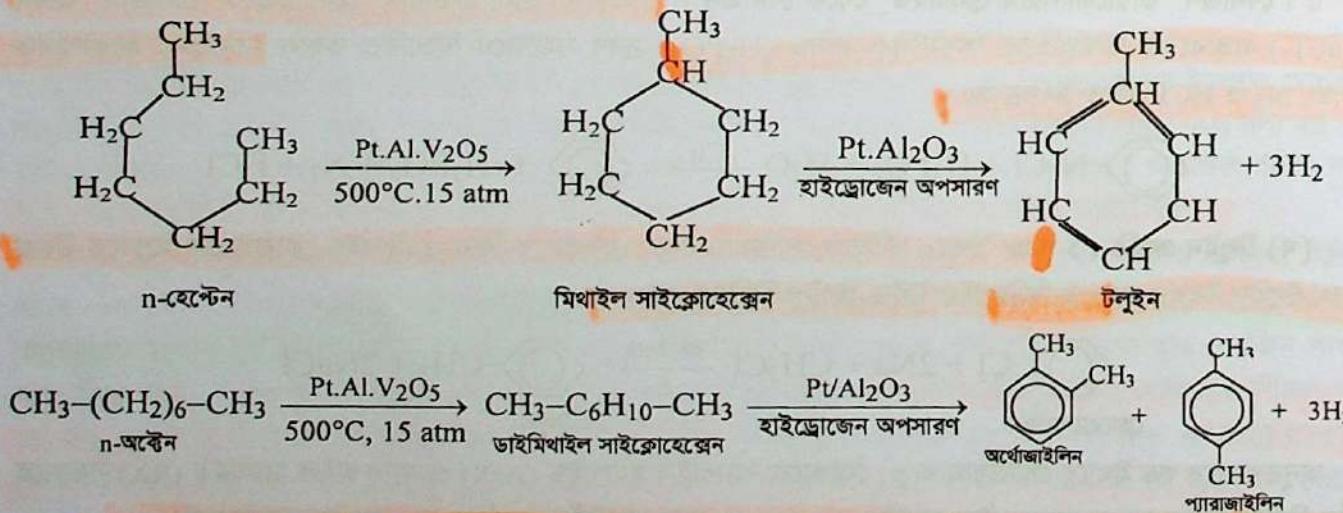
(গ) পেট্রোলিয়াম থেকে বেনজিন ও টলুইনের উৎপাদন

অ্যারোমেটিকৰণ (aromatization) বা রিফরমিং পদ্ধতি : পেট্রোলিয়াম তেলকে আংশিক পাতন কৰলে $35^{\circ} - 175^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় প্রাণ্ড পাতিত তরলকে পেট্রোল বা গ্যাসোলিন বলে। পেট্রোল বা গ্যাসোলিনে *n*-হেক্সেন, *n*-হেক্টেন, *n*-অক্টেন প্ৰভৃতি সৱল শিকল অ্যালকেন থাকে। এ মিশ্রণকে Pt., Al গুড়া মিশ্রিত ক্ৰোমিয়াম অক্সাইড বা ভ্যানাডিয়াম অক্সাইডের উপস্থিতিতে $10 - 20\text{ atm}$ চাপে প্ৰায় 500°C তাপমাত্রায় উৎপন্ন কৰা হয়। একই সঙ্গে চাৰিক যোগ গঠন প্ৰক্ৰিয়া (cyclisation), হাইড্ৰোজেন অপসারণ (dehydrogenation) ও সমাপুৰণ বিক্ৰিয়াৰ মাধ্যমে বেনজিন, টলুইন, জাইলিন প্ৰভৃতি অ্যারোমেটিক হাইড্ৰোকাৰ্বনেৰ মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। আংশিক পাতন বা বিশেষ দ্রাবকেৰ সাহায্যে এ মিশ্রণেৰ উপাদানগুলো পৃথক কৰা হয়। বৰ্তমানে 90% বাণিজ্যিক বেনজিন পেট্রোলিয়াম থেকে উৎপাদন কৰা হয়।

উদাহরণ-১ | n-হেক্সেন থেকে বেনজিন : n-হেক্সেনকে Pt, At গুঁড়া মিশ্রিত ভ্যানাডিয়াম অক্সাইডের উপস্থিতিতে 15 atm চাপে প্রায় 500°C এ উত্পন্ন করা হয়। প্রথমে চাক্রিক প্রক্রিয়ায় সাইক্লোহেক্সেন এবং পরে হাইড্রোজেন অপসারণ প্রক্রিয়ায় বেনজিন উৎপন্ন হয়।

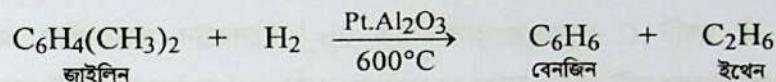
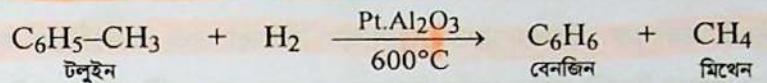


উদাহরণ-২ | অনুরূপভাবে n -হেক্টেন থেকে টলুইন এবং n -অক্টেন থেকে জাইলিন পাওয়া যায়।



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

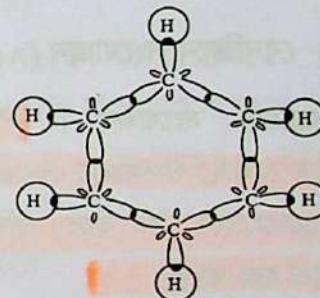
৩। টলুইন ও জাইলিন থেকে বেনজিন : পেট্রোলিয়াম থেকে অধিক পরিমাণ টলুইন ও কিছু জাইলিন পাওয়া যায়। তাই টলুইন ও জাইলিনকে Pt গুঁডা ও Al_2O_3 এর উপস্থিতিতে উচ্চ চাপে হাইড্রোজেনসহ বিক্রিয়া বেনজিনে পরিণত করা হয়। এরপে হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা অ্যালকাইল মূলক প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়াকে হাইড্রো-ডিঅ্যালকাইলেশন বলে।



২.৮.৩ বেনজিনের আণবিক অরবিটাল গঠন

Molecular Orbital Structure of Benzene

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

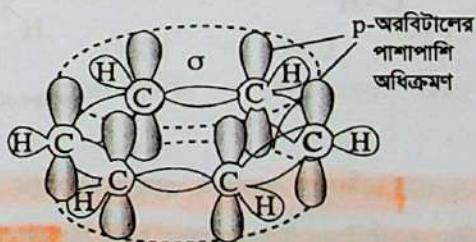


চি-২.১৬ : বেনজিনের ষড়ভুজাকার ০ ৮ বক্স মূল কাঠামো।

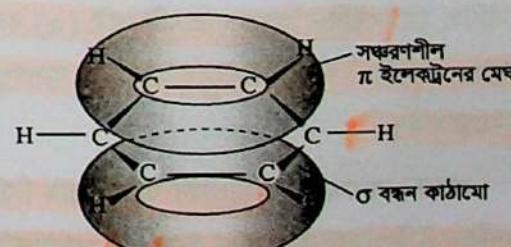
(ক) বেনজিনে C=C দ্বিক্রন দূরত্ব হয় 0.139 nm, (বা, 1.39Å) যা ইথেন ও ইথিলিনে কার্বন-কার্বন একক ও দ্বিক্রন দূরত্ব (0.154 nm বা, 1.54Å), ও 0.134 nm বা, 1.34Å, এর মাঝামাঝি হয়।

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

নিচে বেনজিনের আণবিক অরুবিটাল গঠন চিত্র দেখানো হলো :



চিত্র- ২.১৭(ক) : মাঝখানের ছয় C এর ঘড়ভুজাকার সমতলটি O বন্ধন
ধারা সৃষ্টি। উপরে ও নিচে P অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ।

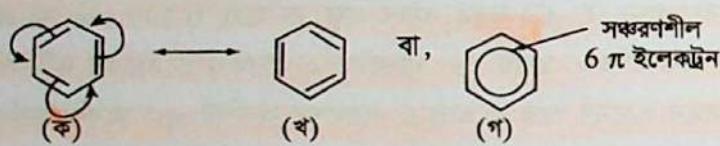


চিত্র-২.১৭(খ) : ছয় C এর ষড়ভুজাকার সমতলের ওপর ও
নিচে বস্তাকারে সম্পর্কশীল π ইলেক্ট্রনের মেঘ।

২.৮.৪ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের বিক্রিয়া

Reactions of Aromatic Hydrocarbons

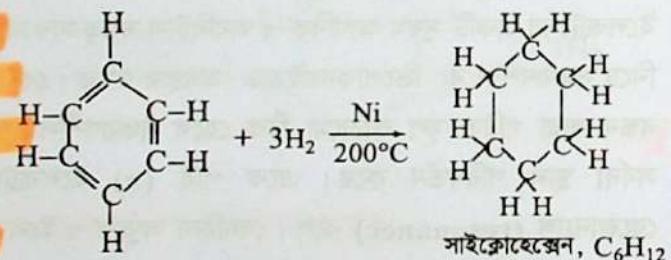
বেনজিনের বিক্রিয়াকালে আক্রমণকারী ইলেকট্রোফাইল π ইলেকট্রনের মেঘকে প্রথমে আক্রমণ করে বিক্রিয়া শুরু করে। বেনজিন সত্ত্বিকার অর্থে একদিকে অসম্পৃক্ত যৌগের মতো সংযোজন বিক্রিয়া এবং অপরদিকে সম্পৃক্ত যৌগের মতো প্রতিষ্ঠাপন বিক্রিয়া দেয়। বেনজিন অণুতে তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($C=C$) এর ছয়টি পাই (π) ইলেকট্রন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



ইথেনে $C-C$ বন্ধন দূরত্ব = 0.154 nm
ইথিলিনে $C-C$ বন্ধন দূরত্ব = 0.134 nm
বেনজিনে $C-C$ বন্ধন দূরত্ব = 0.139 nm

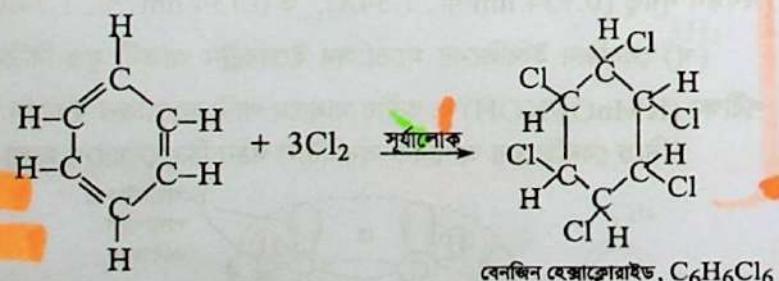
(ক) বেনজিনে সংযোজন (Addition in Benzene)

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

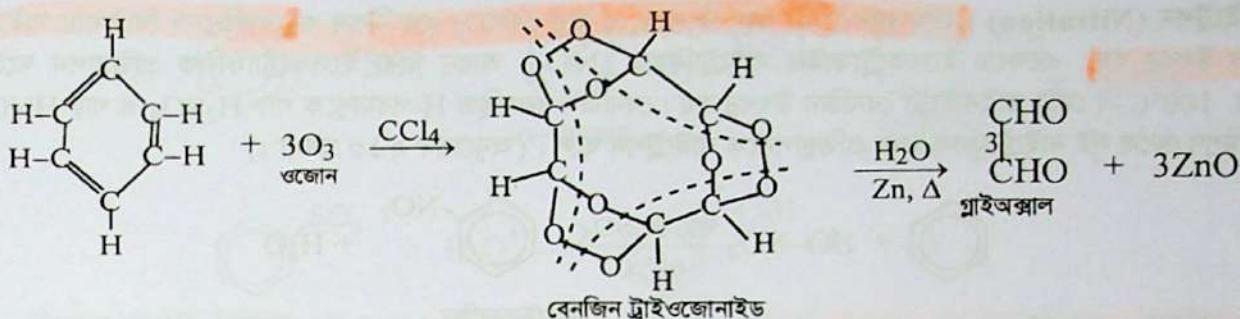


হ্যালোজেন সংযোজন : উজ্জ্বল স্বর্যালোক বা অতিবেগুনি রশ্মির উপস্থিতিতে এক অণু বেনজিন তিন অণু ক্লোরিনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ায় জীবাণুনাশক বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড বা গ্যামেক্সেন পাউডার (gammexane) বা লিনডেন উৎপন্ন করে।

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



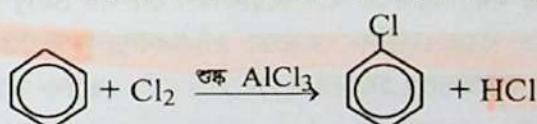
ওজোন সংযোজন : সাধারণ তাপমাত্রায় নিত্রিয়া CCl_4 দ্রাবকে দ্রবীভূত বেনজিন ওজোনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ায় বেনজিন ট্রাইওজোনাইড গঠন করে। ঐ ওজোনাইডকে Zn গুঁড়া ও পানিসহ উত্তপ্ত করলে আর্দ্র বিশ্লেষণে গ্লাইঅক্সাল উৎপন্ন হয়।



দ্রষ্টব্য : অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাথে O_3 এর সংযোজন বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠন এবং উৎপাদ যোগকে উত্তপ্ত পানিতে আর্দ্র বিশ্রেষণ-এ উভয় বিক্রিয়াকে একত্রে ওজোনোলাইসিস (ozonolysis) বলে। এ উভয় বিক্রিয়া দ্বারা জৈব যৌগে দ্বি-বক্রন ও ত্রিবক্রনের অবস্থান নির্ণয় করা যায়; কিন্তু (π) বক্রনের সংখ্যা নির্ণয় করা যায় না। কারণ একটি পাই (π) বক্রন সমন্বিত কার্বন-কার্বন দ্বি-বক্রনে। 1 mol ওজোন যুক্ত হয়। অনুরূপভাবে দুটি পাই (π) বক্রন সমন্বিত কার্বন-কার্বন ত্রিবক্রনে-ও 1 mol ওজোন যুক্ত হয়ে থাকে। যেমন, ইথিন ($CH_2=CH_2$) ও ইথাইন ($CH \equiv CH$) প্রতি ক্ষেত্রে 1 mol ওজোন যুক্ত হয়ে ওজোনাইড গঠন করে।

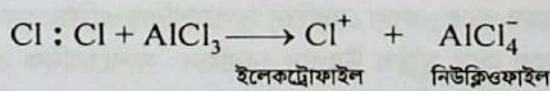
(খ) বেনজিনে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (Electrophilic Substitution)

হ্যালোজেনেশন (Halogeneration) : হ্যালোজেন বাহক যেমন শুক AlCl₃, FeBr₃ এর উপষিতিতে Cl₂ ও Br₂ বেনজিনে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন দ্বারা হ্যালোবেনজিন উৎপন্ন করে। বেনজিন বলয়স্থিত H-পরমাণুকে হ্যালোজেন বাহক (শুক AlCl₃) এর উপষিতিতে হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনকে হ্যালোজেনেশন বলে। (অনুচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য)

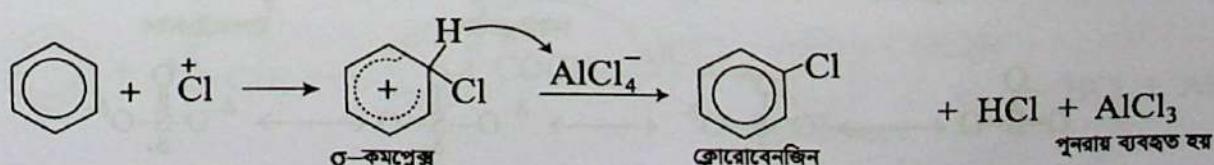


* একপে বেনজিন (C_6H_6) অণুর ছয়টি H পরমাণুকে ছয়টি Cl পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনে হেক্সাক্লোরো বেনজিন (C_6Cl_6) উৎপন্ন হয়। এটির অণুতে কোনো H পরমাণু নেই। C_6Cl_6 পশ্চর ও মানুষের লিভার, কিডনির ক্ষতি করে এবং ক্যাসার সৃষ্টি করে। এজন্য fungicide বা, ছত্রাক বিনাশকরূপে 1945 থেকে 1966 পর্যন্ত এটি ব্যবহৃত হলেও বর্তমানে পরিবেশ দৃশকরূপে এটির ব্যবহার নিষিদ্ধ।

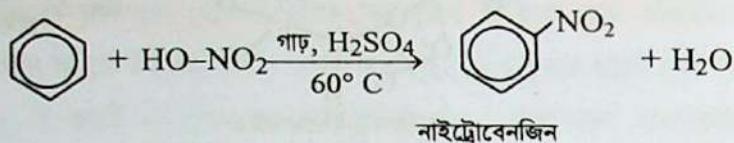
ক্লোরিনেশন বিক্রিয়ার কৌশল : প্রথম ধাপে ইলেকট্রোফাইল ক্লোরোনিয়াম আয়ন (Cl^+) উৎপন্ন হয়; যা ২য় ধাপে বেনজিনেড বলয়ের π ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা (σ) কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইলের সংস্পর্শে σ-কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন (H^+) অপসারিত হয়ে উৎপাদ ক্লোরোবেনজিন সৃষ্টি হয়।



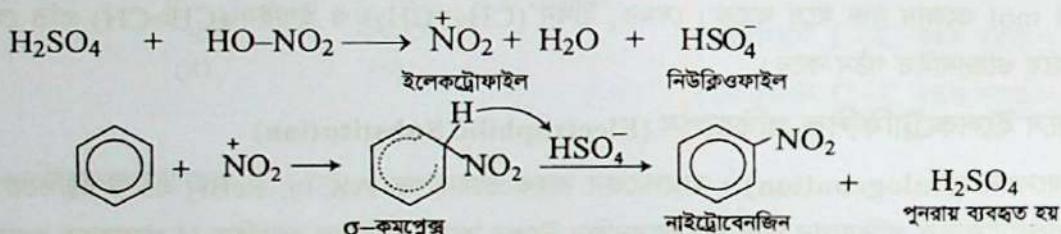
MCQ-2.11 : ବେନ୍ଜିନେର ଗଠନ କାର୍ବନ-କାର୍ବନ ସହନ ଦୂରତ୍ବ କିମ୍ବା
 (କ) 1.30\AA (ଖ) 1.34\AA
 (ଗ) 1.39\AA (ଘ) 1.54\AA



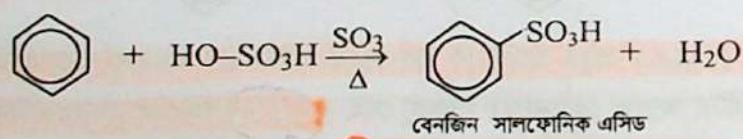
নাইট্রেশন (Nitration) : প্রায় 60°C -এ গাঢ় H_2SO_4 ও গাঢ় HNO_3 এর মিশ্রণ ও বেনজিনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ইলেকট্রোফাইল নাইট্রেনিয়াম (NO_2^+) আয়ন দ্বারা ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন ঘটে। এক্ষেত্রে 100°C -এ মেটা ডাইনাইট্রো বেনজিন উৎপন্ন হয়। বেনজিন বলয়স্থিত $\text{H}-$ পরমাণুকে গাঢ় H_2SO_4 ও গাঢ় HNO_3 এসিড মিশ্রণ থেকে সৃষ্টি নাইট্রোমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনকে নাইট্রেশন বলে। (অনুচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য।)



নাইট্রেশন বিক্রিয়ার কৌশল : নাইট্রেশন বিক্রিয়াটি হলো ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। তাই প্রথম ধাপে ইলেক্ট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2) গাঢ় HNO_3 থেকে গাঢ় H_2SO_4 এর প্রভাবে উৎপন্ন হয়; যা ২য় ধাপে বেনজিনয়েড বলয়ের π ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা (σ) কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট আয়ন (HSO_4^-) এর সংস্পর্শে σ -কমপ্লেক্স থেকে প্রোটন (H^+) অপসারিত হয়ে উৎপাদ নাইট্রোবেনজিন সৃষ্টি হয়। যেমন,

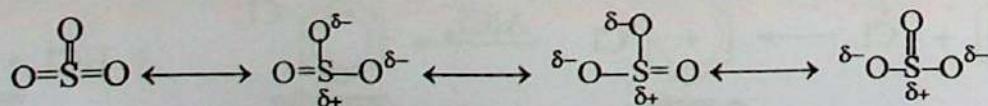
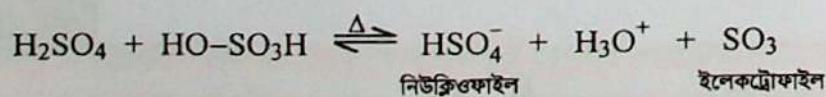


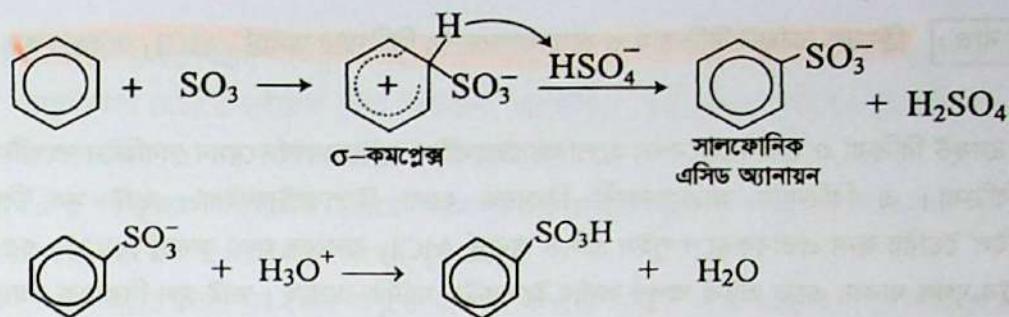
সালফোনেশন (Sulphonation) : সালফার ট্রাই অক্সাইড (SO_3) মিশ্রিত ধূমায়িত H_2SO_4 ও বেনজিনের বিক্রিয়ায় বেনজিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল পোলার SO_3 দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে। ধূমায়িত সালফিউরিক এসিডের সাথে উৎপন্ন করে বেনজিন বলয়ের H-পরমাণুকে সালফোনিক এসিড মূলক ($-\text{SO}_3\text{H}$) দ্বারা প্রতিস্থাপনকে সালফোনেশন বলে। (অনচ্ছেদ ২.১০ দ্রষ্টব্য।)



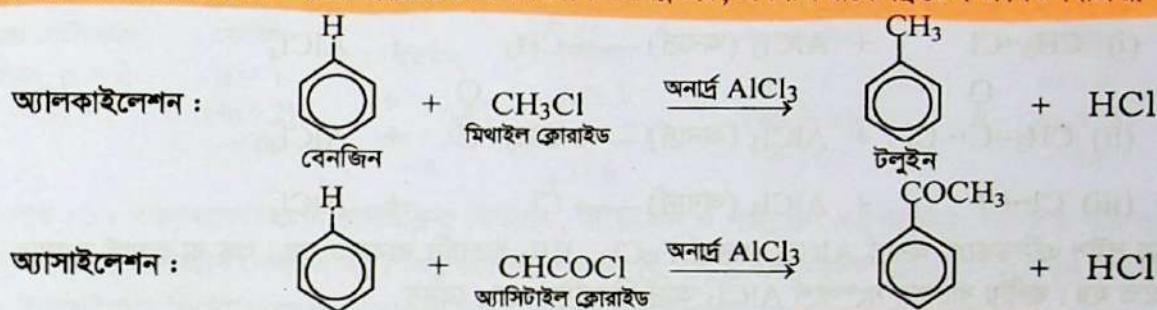
SO₃ ଏର ଭୂମିକା : ଏ ସାଲଫୋନେଶନ ବିକ୍ରିଯାଯି ଉତ୍ପନ୍ନ ପାନି (H₂O) କେ SO₃ ଶୋଷଣ କରେ H₂SO₄ ଏସିଦେ ପରିଣତ କରେ ଏବଂ ବିକ୍ରିଯାଟିକେ ସମ୍ମୁଖଦିକେ ସମ୍ପନ୍ନ ହତେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । SO₃ + H₂O → H₂SO₄

সালফোনেশন বিক্রিয়ার কৌশল : প্রথম ধাপে, উত্তম অবস্থায় দুই অণু গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্যে বিক্রিয়ায় পোলার ইলেকট্রোফাইল SO_3 উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় ধাপে, বেনজিন বলয়ে পাই (π) ইলেক্ট্রন দ্বারা ইলেকট্রোফাইল SO_3 আক্রমণ হয়ে সিগ্মা (σ) কমপ্লেক্স গঠিত হয়। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট (HSO_4^-) আয়নের সংস্পর্শে সিগ্মা (σ) কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন (H^+) নিউক্লিওফাইল HSO_4^- আয়ন গ্রহণ করে। ফলে বেনজিন সালফোনিক এসিড অ্যানায়ান গঠিত হয়, যা পরে বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে একটি প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে সুষ্ঠিত উৎপাদ বেনজিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন করে।

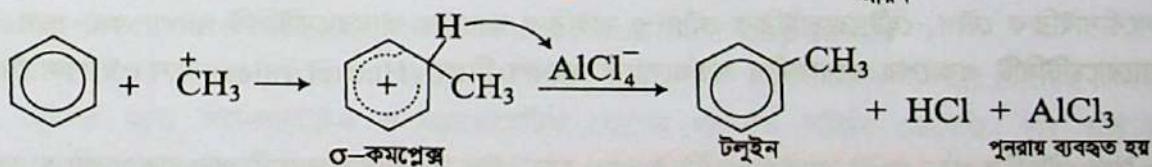
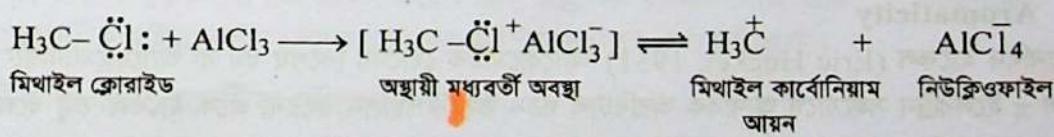




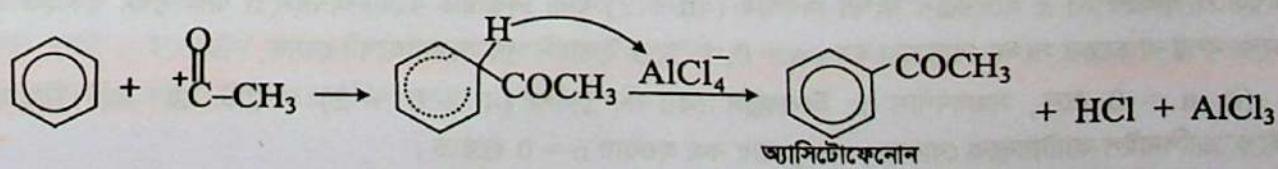
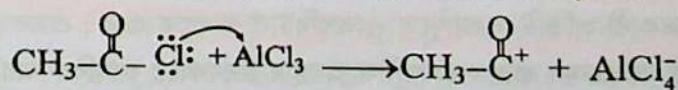
ফ্রিডেল-ক্রাফ্ট বিক্রিয়া (Friedel-Crafts Reaction) : অনার্ড AlCl_3 এর উপস্থিতিতে, বেনজিনের সাথে অ্যালকাইল হ্যালাইড ($\text{R}-\text{X}$) অথবা অ্যাসাইল হ্যালাইড ($\text{RCO}-\text{X}$) এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইলেশন দ্বারা অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন অথবা অ্যাসাইলেশন দ্বারা অ্যারোমেটিক কিটোন উৎপন্ন হয়, এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল-ক্রাফ্ট বিক্রিয়া বলে।



অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়ার কৌশল : এক্ষেত্রে ইলেকট্রোফাইল মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটে। তাই প্রথমে অনার্দ্র AlCl_3 (লুইস এসিড) দ্বারা CH_3Cl থেকে নিম্নরূপে মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়। পরে মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন (H_3C^+) বেনজিনয়েড বলয়ের π ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা ৩-কমপেন্শন গঠন করে। শেষ ধাপে নিউক্লিওফাইল AlCl_4^- এর সংস্পর্শে ৩-কমপেন্শন থেকে প্রোটন (H^+) অপসারিত হয়ে উৎপাদ টলুইন উৎপন্ন হয়।



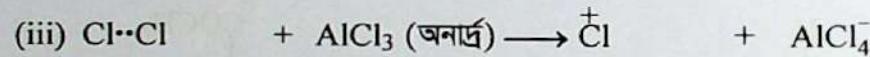
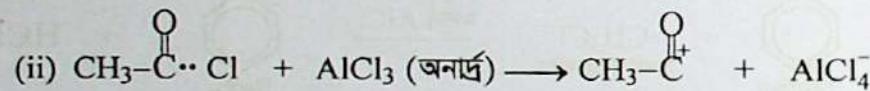
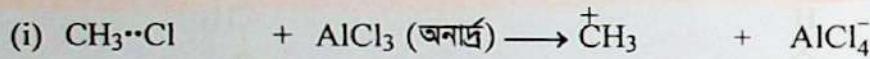
অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়ার কৌশল : এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোফাইল অ্যাসাইল ক্যাটায়ন ($R-C^+=O$) নিম্নরূপে তৈরি হয় :



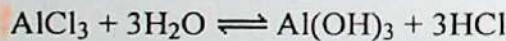
↳ জেনে নাও : ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়ায় ও হ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় অনার্ট্রি AlCl_3 ব্যবহৃত হয় কেন?

[চ. বো. ২০১৯]

ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া ও হ্যালোজেনেশন হলো অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন যেমন বেনজিনে সংঘটিত ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় আক্রমণকারী বিকারক হলো 'ইলেকট্রোফাইল'। তাই মূল বিকারক অণু ভেঙ্গে ইলেকট্রোফাইল' তৈরির জন্য প্রভাবকরূপে লুইস এসিড অনার্ট্রি AlCl_3 ব্যবহৃত হয়। অনার্ট্রি AlCl_3 এর অণুতে তিনি জোড়া বক্ষন ইলেকট্রন-যুগল থাকায় এতে অষ্টক অপূর্ণ অর্থাৎ ইলেকট্রন ঘাটতি রয়েছে। তাই মূল বিকারক অ্যালকাইল হ্যালাইড ($R-X$), আসাইল হ্যালাইড ($R-COX$) ও হ্যালোজেন (X_2) অণুর সমযোজী বক্ষনের অসম ভাঙ্গন প্রক্রিয়ায় প্রভাবকরূপে অনার্ট্রি AlCl_3 ব্যবহার করে অন্তর্বর্তী AlCl_3X^- আয়ন ও ইলেকট্রোফাইল (যেমন, R^+ , RCO , X^+) তৈরি করা হয়। যেমন,



এক্ষেত্রে লুইস এসিডের অনার্ট্রি AlCl_3 , অনার্ট্রি FeCl_3 , BF_3 ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। শুষ্ক বা অনার্ট্রি অবস্থায় AlCl_3 ব্যবহার করতে হয়। জলীয় বাস্পের সংস্পর্শে AlCl_3 আর্দ্র-বিশ্রেষ্ণিত হয়। যেমন,



তখন AlCl_3 বা যেকোনো লুইস এসিড প্রভাবকরূপে ইলেকট্রোফাইল তৈরিতে ভূমিকা রাখতে পারে না।

বেনজিন ও অ্যারোমেটিক যৌগের বেনজিনয়েড বলয়ের অধিকতর স্থায়িত্ব এবং এদের বিশেষ বিক্রিয়া যেমন সংযোজন ও প্রতিস্থাপন ইত্যাদিকে অ্যারোমেটিক যৌগের ধর্ম বা অ্যারোমেটিসিটি বলে।

২.৮.৫ অ্যারোমেটিসিটি

Aromaticity

রসায়নবিদ হাকেল (Eric Huckel, 1931) অ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ ধর্ম বা অ্যারোমেটিসিটি প্রকাশের শর্তরূপে সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন সহযোগে আণবিক অরবিটাল গঠন তত্ত্ব উপস্থাপন করেন; একে হাকেল তত্ত্ব বলে। এ তত্ত্বে এক বা একাধিক কার্বোসাইক্লিক যৌগ, হেটারোসাইক্লিক যৌগ ও সাইক্লিক আয়নের অ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যা করা সম্ভব। হাকেল প্রজ্ঞাত অ্যারোমেটিসিটি প্রকাশের প্রয়োজনীয় শর্তগুলোকে হাকেল নিয়ম (Huckel rules) বলে। হাকেল নিয়মগুলো নিম্নরূপ :

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

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

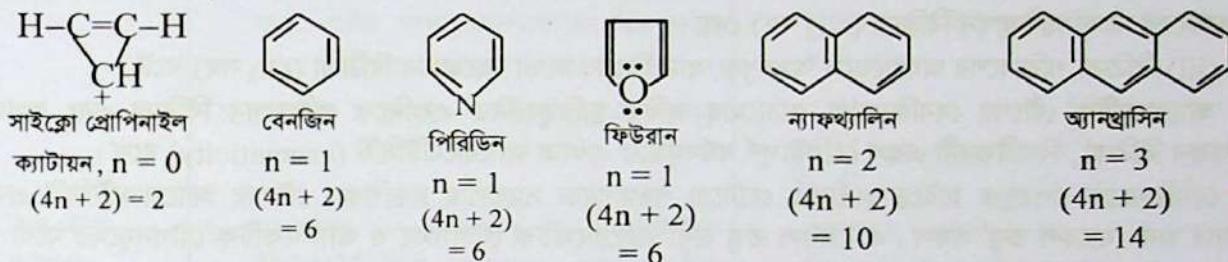
(i) $n = 0$ হলে, সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন $(4n + 2) = (4 \times 0 + 2) = 2$ টি হয়। এটি ত্রিভুজাকার সাইক্লোপিনাইল ক্যাটায়নকে বোঝায়। পঞ্চভূজের কম হওয়ায় $n = 0$ হয়েছে।

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

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

* (৩) হেটোরোসাইক্লিক পঞ্চভুজাকার যৌগের হেটোরো পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন মুগল (p - অরবিটালের) π ইলেকট্রন সিস্টেমে অংশ নিয়ে $(4n + 2)$ সংখ্যক π ইলেকট্রন সংখ্যা পূর্ণ করে।

এ হাকেল সংখ্যক π ইলেকট্রন বলয়াকার জৈব অণুতে থাকলে বলয়টি সুস্থিতি লাভ করে এবং বৈশিষ্ট্যপূর্ণ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেয়। এরপি কিছু যৌগের গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো :

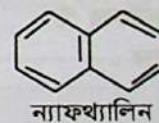


জেনে নাও : ১। পঞ্চভুজাকার হেটোরোসাইক্লিক ফিউরান, থায়োফিন ও পাইরোল এর গাঠনিক সংকেতে দুটি পাই (π) বন্ধন অর্থাৎ চারটি π ইলেকট্রন দেখানো হয়। কিন্তু হেটোরো পরমাণু N, O, S এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন মুগল (p অরবিটালের) ঐ চারটি π ইলেকট্রনসহ সিস্টেমে অংশ নিয়ে মোট ছয়টি সঞ্চরণশীল ইলেকট্রনরূপে হাকেল সংখ্যা $(4n + 2)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

২। ন্যাফ্থ্যালিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ কেন?

[চ. বো. ২০১৭]

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



ন্যাফ্থ্যালিন

২.৯ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য

Differences between Aliphatic and Aromatic Compounds

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

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

অনুরণন (Resonance) : জৈব যৌগে অণুর সিগমা বন্ধন দ্বারা গঠিত মূল কাঠামো ঠিক রেখে সঞ্চরণশীল পাই (π) ইলেকট্রনসমূহ দ্বারা দুই বা ততোধিক পরমাণুর মধ্যে সর্বদা ছান পরিবর্তনকে অনুরণন বা রেজোন্যান্স (resonance) বলে। একপ অনুরণনজনিত বেনজিন বলয়ের অধিক ছায়িত্বের কারণে অ্যারোমেটিক যৌগের ধর্ম ও অ্যালিফেটিক যৌগের ধর্মের মধ্যে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পার্থক্য সৃষ্টি হয়েছে। অ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ বৈশিষ্ট্যসমূহকে অ্যারোমেটিসিটি বলে।

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

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

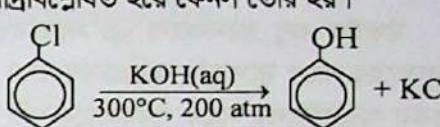
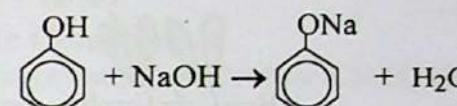
(iii) বিক্রিয়া পরিবেশের অবস্থাভোগে অসম্পৃক্ত অ্যালকিনের মতো সংযোজন বিক্রিয়া (Cl_2 সহ) ঘটে।

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

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

নিচের তালিকায় অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্যসমূহ দেখানো হলো :

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

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

শিক্ষার্থীর কাজ-২-১০ : বাড়ির কাজ :

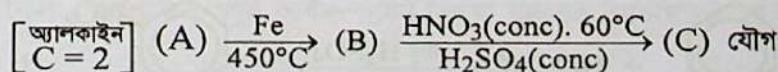
এ অনুচ্ছেদের পাঠ শেষে তোমরা প্রত্যেকে নোট খাতায় নিম্নোক্ত পার্থক্য সূচকসহ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যোগের পার্থক্য তালিকা তৈরি করো। শ্রেণিকক্ষে শিক্ষকের কাছে নোট খাতা জমা করো এবং মতামত নাও।

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

সমাধানকৃত সমস্যা-২.৭ : অ্যালকাইন ও বেনজিন সংশ্লিষ্ট রসায়ন :

নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট সমস্যার সমাধান করো :

[দি. বো. ২০১৬]

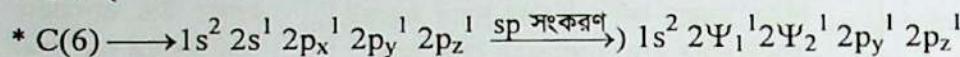


(ক) উদ্দীপকের A যোগে কার্বন পরমাণুর sp সংকরণ কীরুপে ঘটে তা ব্যাখ্যা করো।

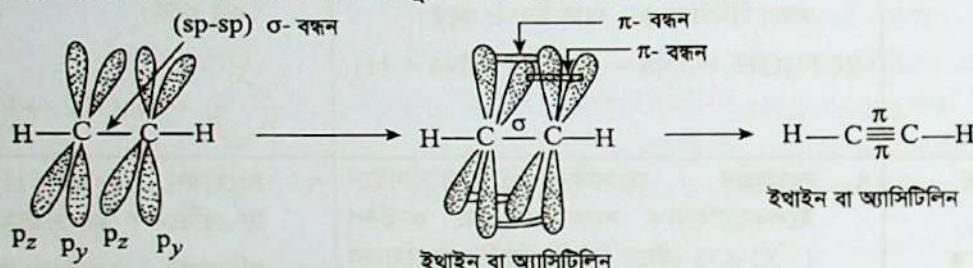
(খ) উদ্দীপকের B যোগ থেকে C যোগ প্রস্তুতি ও বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম বিশ্লেষণ করো।

সমাধান-২ (ক) : উদ্দীপক মতে, A যোগটি হলো দুটি C-পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকাইন, যা হলো অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন। ইথাইনের গাঠনিক সংকেতে ($H-C\equiv C-H$) দুটি C- পরমাণু পরস্পর ত্রিবন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এ ত্রিবন্ধনের মধ্যে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও দুটি পাই (π) বন্ধন থাকে। এ ক্ষেত্রে দুটি C পরমাণু প্রত্যেকে উদ্দীপিত অবস্থায় এর একটি $2s$

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

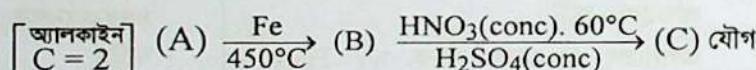


ইথাইন অণু গঠনকালে sp সংকরিত দুটি C পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রত্যেক C পরমাণুর একটি সংকর অরবিটাল পরস্পরের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা একটি কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধন গঠন করে। এছাড়া ঐ দুটি C-পরমাণুর দ্বিতীয় সংকর অরবিটালের সাথে পৃথকভাবে দুটি H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা দুটি কার্বন-হাইড্রোজেন (C-H) সিগমা (σ) বন্ধন গঠিত হয়। তখন উভয় C পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি $2p_y^1$ অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ দ্বারা একটি π বন্ধন এবং দুটি $2p_z^1$ অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ দ্বারা দ্বিতীয় π বন্ধন গঠিত হয়। উভয় π বন্ধনের ইলেক্ট্রন মেঘ কার্বন-কার্বন-৳ বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেঠন করে থাকে।



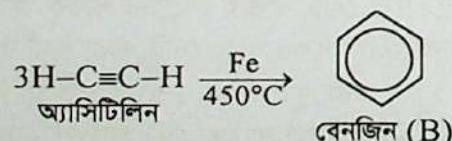
চিত্র-২.১৮: sp সংকরিত দুটি C-পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও দুটি π বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

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

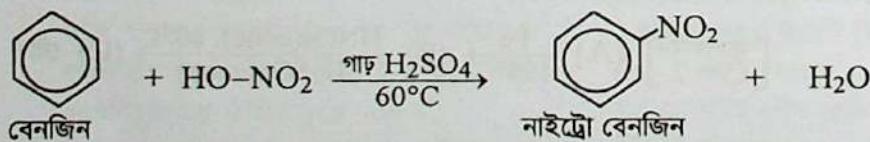


B যোগ থেকে C যোগ প্রস্তুতি ও বিক্রিয়ার কৌশল :

দুটি C পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকাইন হলো অ্যাসিটিলিন। অর্থাৎ A যোগটি হলো অ্যাসিটিলিন ($H-C\equiv C-H$) গ্যাস। এক্ষেত্রে লোহ (Fe) নলের মধ্যে 450°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে চালনা করলে তিন অণু অ্যাসিটিলিনের পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় বেনজিন বা (B) উৎপন্ন হয়।

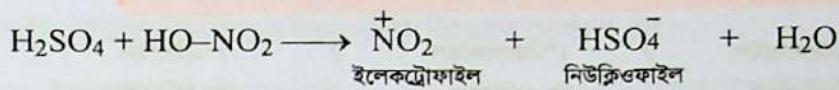


এখন B যোগ বেনজিনকে 60°C তাপমাত্রায় গাঢ় $H_2\text{SO}_4$ এর উপস্থিতিতে গাঢ় HNO_3 সহ নাইট্রেশন করলে মনোনাইট্রো বেনজিন বা, C যোগটি উৎপন্ন হয়।

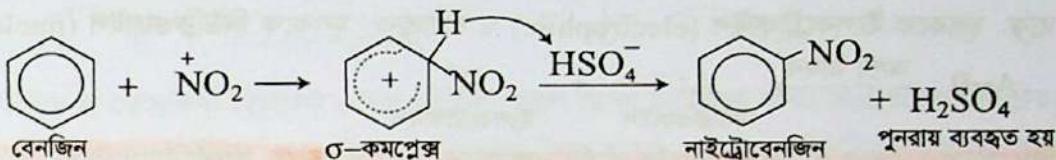


নাইট্রেশন বিক্রিয়ার কৌশল হলো নিম্নরূপ : নাইট্রেশন বিক্রিয়াটি হলো বেনজিন চক্রে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। তাই প্রথমে ইলেক্ট্রোফাইল নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^+) গাঢ় HNO_3 থেকে গাঢ় H_2SO_4 এর প্রভাবে উৎপন্ন হয়। ২য় ধাপে ঐ নাইট্রোনিয়াম আয়ন বেনজিনয়েড বলয়ের π ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা কমপ্লেক্স গঠন করে। শেষ ধাপে বিক্রিয়া পরিবেশে থাকা নিউক্লিওফাইল বাইসালফেট আয়ন (HSO_4^-) এর সংস্পর্শে ৩ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন (H^+) অপসারিত হয়ে H_2SO_4 ও মূল উৎপাদ নাইট্রোবেনজিন সৃষ্টি হয়। যেমন,

(i) ইলেক্ট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল সৃষ্টি :



(ii) ইলেক্ট্রোফাইল দ্বারা বেনজিনয়ে ত-কমপ্লেক্স এবং শেষে নাইট্রোবেনজিন গঠন :

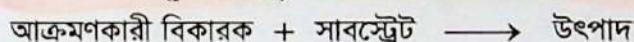


২.১০ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগে বিভিন্ন বিক্রিয়াসমূহ

Different Reactions of Aliphatic & Aromatic Compounds

এখন এ অনুচ্ছেদে অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের (১) সংযোজন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), (২) প্রতিস্থাপন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), (৩) অপসারণ, (৪) সমাগুকরণ বিক্রিয়া, (৫) বেনজিনে বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও ওরিয়েন্টেশন আলোচনা করা হলো।

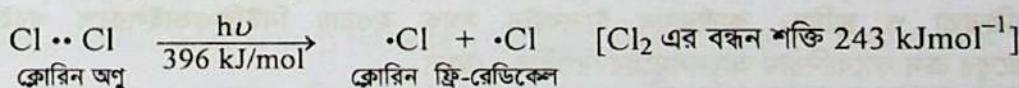
জৈব বিক্রিয়ার কৌশল : জৈব বিক্রিয়ার মূল কৌশল হলো কার্বন গঠিত যৌগ বা জৈব যৌগের ওপর দ্বিতীয় কোনো পদার্থ আক্রমণ করে জৈব বিক্রিয়া সংঘটিত করে থাকে। প্রথমোক্ত কার্বন গঠিত যৌগকে 'সাবস্ট্রেট' (substrate—অর্থাৎ নিচে অবস্থানকারী) এবং শেষোক্ত পদার্থকে 'আক্রমণকারী বিকারক' (attacking reagent) বলে। উভয়ের বিক্রিয়ায়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



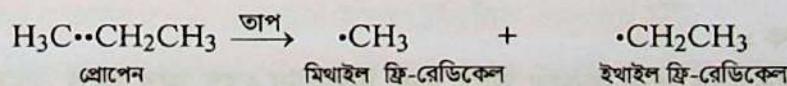
আক্রমণকারী বিকারকের শ্রেণিবিভাগ : আক্রমণকারী বিকারক তিনি শ্রেণিভুক্ত হতে পারে। যেমন,

- (১) মুক্তমূলক বা ফ্রি-রেডিকেল (free radical),
- (২) ইলেক্ট্রোফাইল (electrophile) ও
- (৩) নিউক্লিওফাইল (nucleophile)।

ফ্রি-রেডিকেল : বিকারক অণুর সময়োজী বন্ধন তাপ বা আলোর প্রভাবে সমভাঙ্গন (homolysis) দ্বারা ফ্রি-রেডিকেল উৎপন্ন হয়। যেমন, সূর্যালোক ($h\nu$) এর উপস্থিতিতে Cl_2 অণুর সমভাঙ্গনের ফলে ক্রোরিন ফ্রি-রেডিকেল ($\cdot\text{Cl}$) উৎপন্ন হয়।

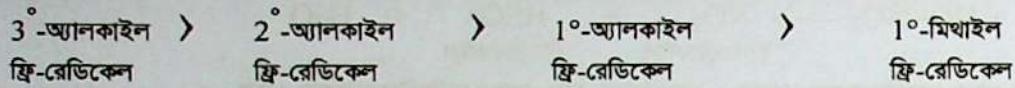


অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল : অ্যালকেন অণুর কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনের সমভাঙ্গনের ফলে অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেল তৈরি হয়।



জৈব যৌগের দহন বিক্রিয়া এবং অ্যালকেনের সমাগুকরণ বিক্রিয়া ফ্রি-রেডিকেল তৈরির মাধ্যমে ঘটে।

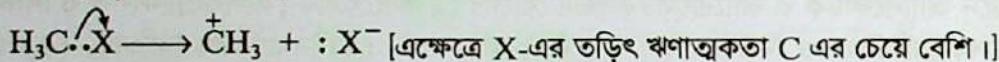
অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের সক্রিয়তা ও স্থায়িত্ব : ফ্রি-রেডিকেলে বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকায় এরা খুবই সক্রিয় হয়। অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের স্থায়িত্ব এদের কার্বন পরমাণুর প্রকৃতির। যেমন 1° কার্বন, 2° কার্বন ও 3° কার্বন ইত্যাদির ওপর নির্ভরশীল। যেমন, এদের স্থায়িত্বের ক্রম হলো নিম্নরূপ :



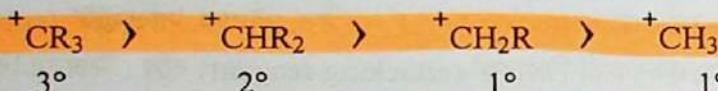
ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইল : বিকারক অণুর দ্রাবক অথবা প্রভাবকের দ্বারা বন্ধনের অসম ভাস্তন (heterolysis) দ্বারা সৃষ্টি ধনাত্মক মূলককে ইলেকট্রোফাইল (electrophile) ও ঋণাত্মক মূলককে নিউক্লিওফাইল (nucleophile) বলা হয়। যেমন, $A \cdots B \xrightarrow{\text{অসম ভাস্তন}} A:^- + B^+$

কার্বনিয়াম আয়ন : একক ধনাত্মক চার্জের কার্বন পরমাণুজ্য জৈব আয়নকে কার্বনিয়াম আয়ন বা কার্বোক্যাটায়ন (carbocation) বলে। যেমন, মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন, ${}^+CH_3$; ইথাইল কার্বনিয়াম আয়ন, ${}^+CH_2CH_3$ ।

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



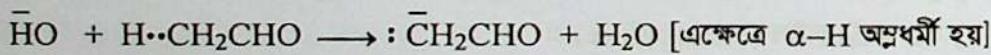
কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের সক্রিয়তা ও স্থায়িত্ব : কার্বোনিয়াম আয়ন ইলেকট্রন ঘাটতি হওয়ায় ইলেকট্রোফাইলরপে খুবই সক্রিয়। কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের স্থায়িত্বের ক্রম অ্যালকাইল ফ্রি-রেডিকেলের অনুরূপ হয়।



কার্বনায়ন : একক ঝণাত্মক চার্জের কার্বন পরমাণু যুক্ত জৈব আয়নকে কার্বনায়ন বলে। যেমন, মিথাইল কার্বনায়ন

: $\bar{C}H_3$; ইথাইল কার্বনায়ন : $\bar{C}H_2CH_3$ ।

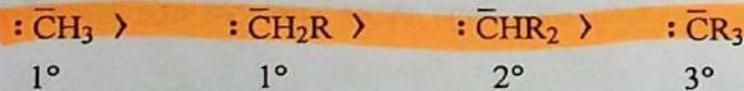
উৎপত্তি : জৈব যৌগের আলফা হাইড্রোজেন (α -H) পরমাণু অস্থির্মী হলে তখন লম্বু ক্ষার দ্রবণের উপচ্ছিতিতে কার্বনায়ন সৃষ্টি হয়। যেমন,



কার ইথান্যাল কার্বানায়ন

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

কার্বনায়নের সক্রিয়তা ও ছায়িত্ব: কার্বনায়ন ইলেকট্রন সমৃদ্ধ হওয়ায় নিউক্লিওফাইলরপে খুবই সক্রিয়। কার্বনায়নসমূহের ছায়িত্বের ক্রম কার্বোনিয়াম আয়নসমূহের বিপরীত। যেমন,



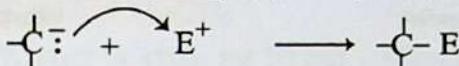
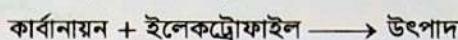
ইলেকট্রোফাইল বা ইলেক্ট্রন আকর্ষী বিকারক :

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

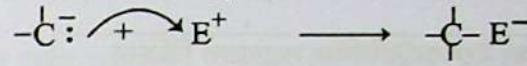
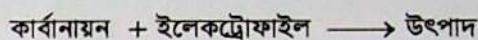
(१) धनात्रक इलेक्ट्रोफाइल (E^+) : एरा धनात्रक चार्जयुक्त। येमन मिथाइल कार्बोनियम आयन (${}^+CH_3$), ब्रोयोनियम आयन (Br^-), नाइट्रोनियम आयन (NO_2^-)।

(২) প্রশম ইলেকট্রোফাইল (E) : এরা চার্জবিহীন এবং যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে অষ্টক অপূর্ণ থাকে। যেমন, AlCl_3 , BF_3 ইত্যাদি। ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণকে নিম্নরূপে দেখানো হয় :

ধনাত্মক ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণ :

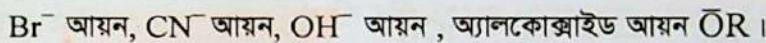


প্রশম ইলেকট্রোফাইলের আক্রমণ :



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

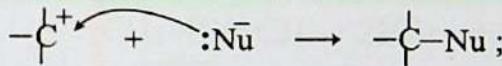
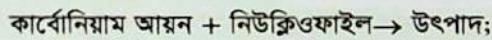
(১) ঝণাত্মক নিউক্লিওফাইল ($:\text{Nu}^-$) : এরা ঝণাত্মক চার্জযুক্ত। যেমন, মিথাইল কার্বানায়ন : CH_3 , Cl^- আয়ন,



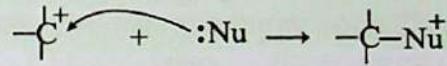
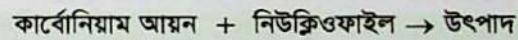
(২) প্রশম নিউক্লিওফাইল (Nu) : এরা চার্জবিহীন যৌগ অণু এবং এদের কেন্দ্রীয় পরমাণুতে এক বা একাধিক নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে। যেমন, $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$, $\text{H}_2\ddot{\text{O}}^-$, $\text{R}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$, $\text{R}-\ddot{\text{O}}\text{H}$ ইত্যাদি।

নিউক্লিওফাইলের আক্রমণকে নিম্নরূপে দেখানো হয় :

ঝণাত্মক নিউক্লিওফাইলের আক্রমণ :



প্রশম নিউক্লিওফাইলের আক্রমণ :



নিউক্লিওফাইলের উদাহরণ হলো : HO^- , RO^- , $:\text{CN}$, $:\text{Cl}^-$, $:\text{Br}^-$, $:\text{I}^-$

ইলেকট্রোফাইলের উদাহরণ হলো : H^+ , H_3O^+ , NO_2^+ , SO_3^- , AlCl_3 , FeCl_3

২.১০.১ সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction)

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

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

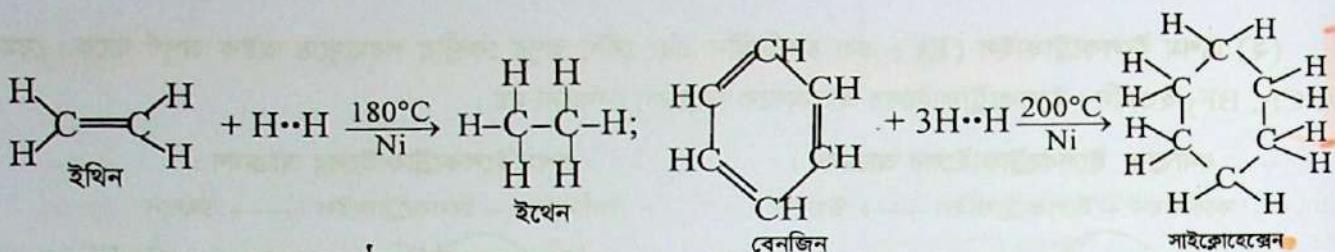
কিন্তু কার্বনিল মূলকের কার্বন-অক্সিজেন ($\text{C}=\text{O}$) দ্বিবন্ধনের π ইলেকট্রন অক্সিজেন পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ণ থাকায় পোলারিটি সৃষ্টি হয়। তাই,

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

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

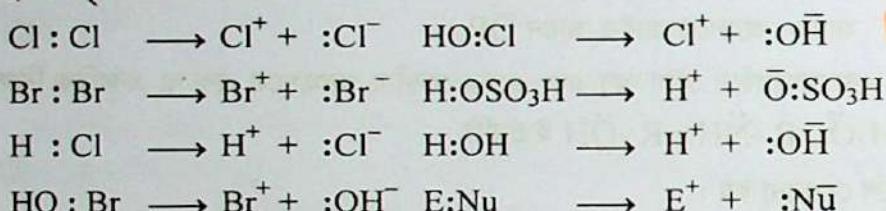
* সংযোজন বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক উভয় শ্রেণির পাই (π) বন্ধন যুক্ত যৌগে ঘটে। যেমন,

* প্রায় 180° – 200°C তাপমাত্রায় নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে ইথিন ও বেনজিনের সাথে পৃথকভাবে H_2 সংযোজন বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ইথেন ও সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে এ প্রভাবকীয় হাইড্রোজেন সংযোজনকালে দুটি H পরমাণু সৃষ্টি হয়; ফলে ফ্রি-রেডিকেল সংযোজন ঘটে। যেমন,



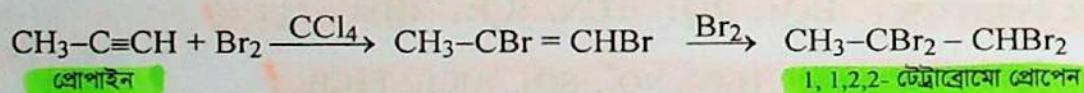
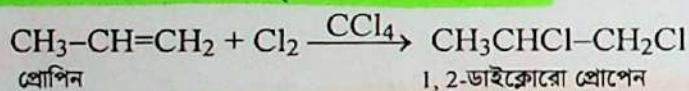
(ক) ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া

ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া প্রধানত অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন (C=C) ও কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন (C≡C) এর পাই (π) ইলেকট্রন বিক্রিয়াকালে ইলেক্ট্রোফাইল বা ইলেক্ট্রন আকর্ষী বিকারকের নিকট ইলেক্ট্রনদাতারূপে কাজ করে। তখন বিকারকসমূহ যেমন Cl₂, Br₂, HCl, HOBr, H₂SO₄, H₂O, O₃ প্রভৃতি থেকে দ্রবণে অথবা π ইলেক্ট্রনের প্রভাবে ধনাত্মক ইলেক্ট্রোফাইল ও ঋণাত্মক নিউক্লিওফাইল নিম্নরূপে সৃষ্টি হয় :



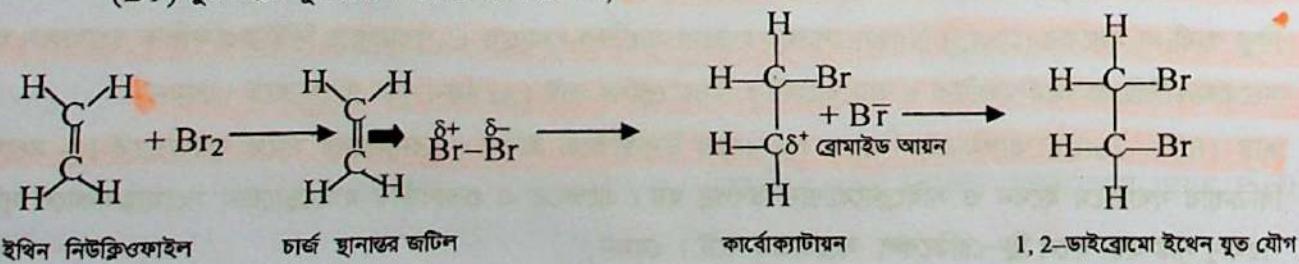
MCQ. 2.12 : নিচে দেয়া নমুনায়
কোনটি ইলেক্ট্রোফাইল?
(ক) NH₃ (খ) H₂O
(গ) ROH

(১) অ্যালকিন ও অ্যালকাইনে হ্যালোজেন ($X_2 = \text{Cl}_2, \text{Br}_2$) সংযোজন : আলোর অনুপস্থিতিতে ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) দ্রাবকে দ্রবীভূত Cl_2 ও Br_2 অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের পাই (π) বন্ধনের সাথে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে ডাইহ্যালো ও টেট্রাহ্যালো সম্পৃক্ত যৌগ গঠন করে। যেমন,



পাই (π) বন্ধনে Br₂ অথবা Cl₂ সংযোজন কৌশল

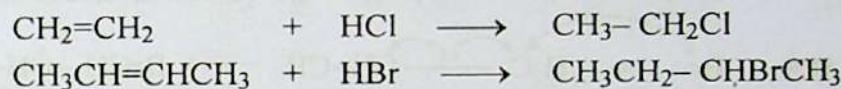
- অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের ইলেক্ট্রনের প্রভাবে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) দ্রাবকে দ্রবীভূত ব্রোমিন অণু (Br_2) ডাইপোল ($\delta^+\text{Br}-\delta^-\text{Br}$) সৃষ্টি করে।
- এই ডাইপোলের ($\delta^+\text{Br}-\delta^-\text{Br}$) ধনাত্মক প্রান্ত অ্যালকিন অথবা অ্যালকাইনের π বন্ধনের ইলেক্ট্রনবন্ধনের সাথে সিগমা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



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

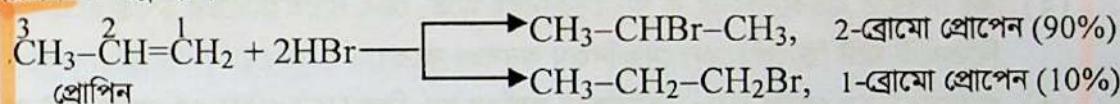
(২) প্রতিসম ও অপ্রতিসম অ্যালকিনে অপ্রতিসম বিকারক সংযোজন : জৈব যৌগে পাই-বন্ধন যুক্ত উভয় কার্বন পরমাণুতে সমসংখ্যক H পরমাণু যুক্ত থাকলে ঐ যৌগকে প্রতিসম অসম্পৃক্ত যৌগ বলে। যেমন, ইথিন, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ । দ্বিবন্ধনযুক্ত দুটি কার্বন পরমাণুতে অসম সংখ্যক H পরমাণু যুক্ত থাকলে ঐ যৌগকে অপ্রতিসম অসম্পৃক্ত যৌগ বলে। যেমন, প্রোপিন $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$

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

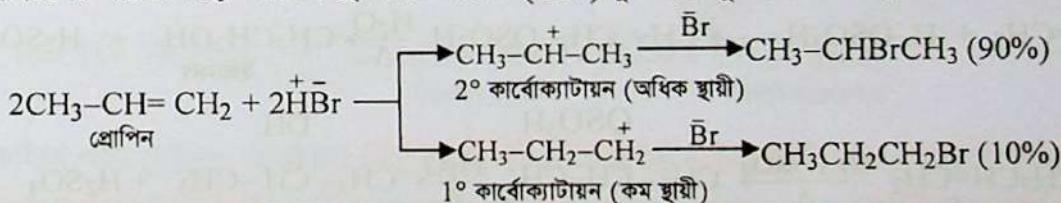


অপরদিকে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অপ্রতিসম বিকারকসমূহ যেমন, HCl , HBr , HOCl , H_2SO_4 ইত্যাদির সংযোজন বিক্রিয়ায় পরিমাণে কম-বেশি দুটি উৎপাদ পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে কোনটি প্রধান উৎপাদ হবে তা 1869 খ্রিষ্টাব্দে কৃশ বিজ্ঞানী দ্বারা প্রতিষ্ঠিত মারকনিকভের নিয়ম থেকে জানা যায়।

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

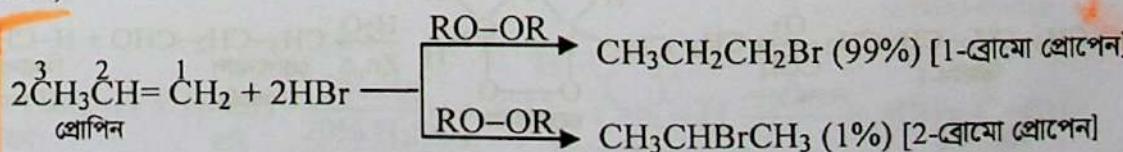


ব্যাখ্যা : প্রথম ধাপে বিকারক $\text{H}\cdot\text{Br}$ থেকে ইলেক্ট্রোফাইলরপে H^+ আয়ন ও নিউক্লিওফাইলরপে ব্রোমাইড আয়ন (Br^-) সৃষ্টি হয়। দ্বিবন্ধনের π ইলেক্ট্রন দ্বারা ইলেক্ট্রোফাইল (H^+) আকৃষ্ট হলে কমশক্তি সহযোগে অধিক ছায়ী 2° কার্বোক্যাটায়ন অধিক সংখ্যায় এবং অধিক শক্তি সহযোগে কম ছায়ী 1° কার্বোক্যাটায়ন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

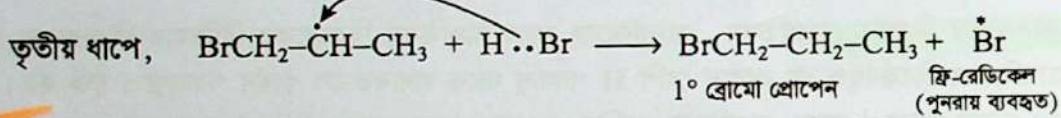
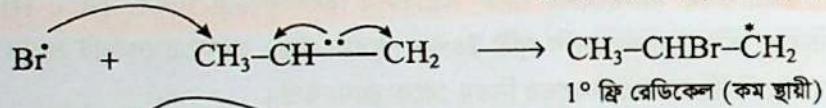
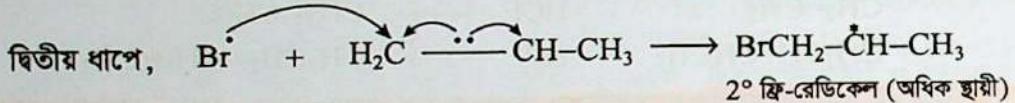
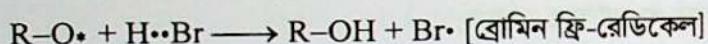
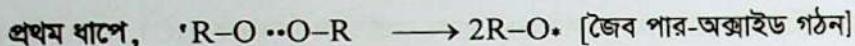


কার্বোক্যাটায়ন উৎপন্নি ও এদের ছায়িত্বের ক্রম হলো : $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \overset{+}{\text{CH}}_3$

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



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

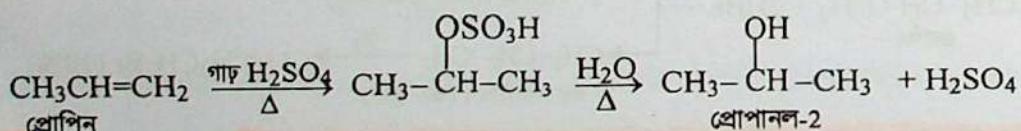
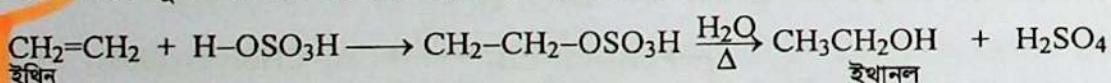


জেনে নাও : (১) মারকনিকভের নিয়ম মতে, সংযোজন বিক্রিয়াটি ইলেকট্রন আকর্ষী আয়নিক বিক্রিয়া।

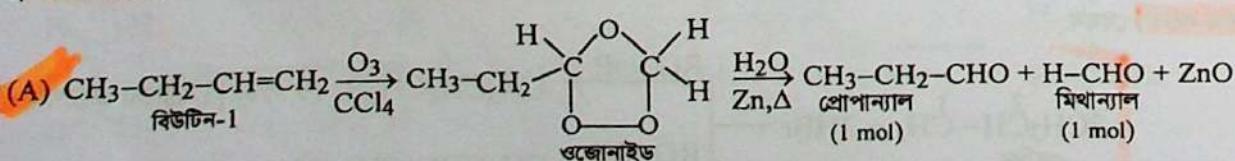
(২) কিন্তু বিপরীত মারকনিকভের বা খারাসের নিয়ম মতে, জৈব পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সংযোজন বিক্রিয়াটি ঘটে ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজম অনুসরণ করে।

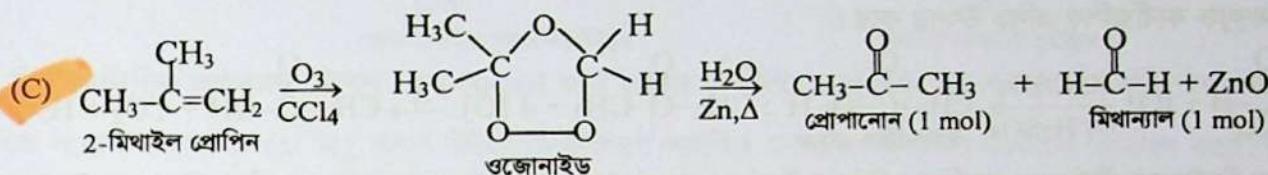
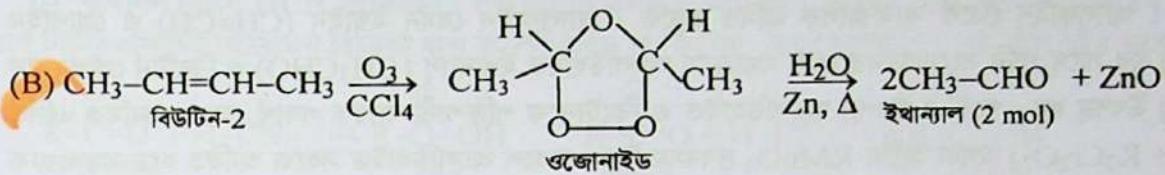
(৩) খারাসের নিয়ম কেবল HBr সংযোজনে কার্যকর হয়; কিন্তু HCl ও HI এর বেলায় ঘটে না।

(ii) H_2SO_4 সহ অ্যালকিনের বিক্রিয়া : মারকনিকভের নিয়ম মতে অ্যালকিনের সাথে গাঢ় H_2SO_4 এর ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন দ্বারা প্রথমে অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। পরে উৎপন্ন যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা আলাকোহল প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে মারকনিকভের নিয়ম মতে সংযোজন ঘটে।

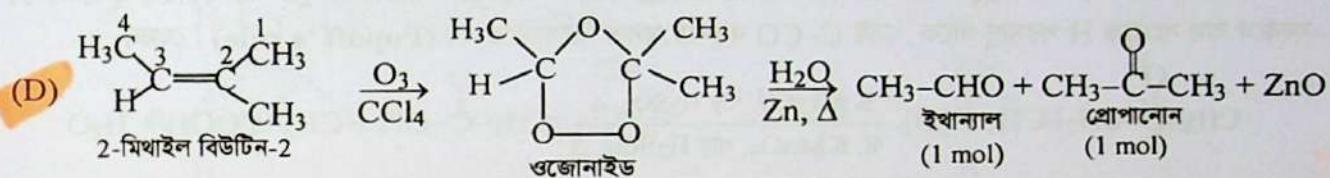


(iii) ওজনসহ অ্যালকিনের বিক্রিয়া : অ্যালকিনে ওজন সংযোজন একটি জটিল ইলেক্ট্রোফিলিক প্রক্রিয়া। তবে অ্যালকিনের কার্বন শিকলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান নির্ণয়ে ওজন সংযোজনের শুরুত্ব রয়েছে। অ্যালকিনকে নিম্ন CC₁₄ দ্বাবকে দ্রবীভূত করে ওজন চালনা করলে অ্যালকিন ওজনাইড উৎপন্ন হয়। ওজনাইডের আর্দ্র বিশ্বেষণে দ্বিবন্ধনের অবস্থান অনুযায়ী অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়। দ্বিবন্ধনযুক্ত C-পরমাণুতে H পরমাণু থাকলে অ্যালডিহাইড; নতুন্বা কিটোন উৎপন্ন হয়। যেমন,





[ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ : ବିଉଟିନ -1, ବିଉଟିନ -2 ଓ 2- ମିଥାଇଲ ପ୍ରୋପିନ ହଳେ C_4H_8 -ଏର ତିନଟି ସମାଗୁ ।]



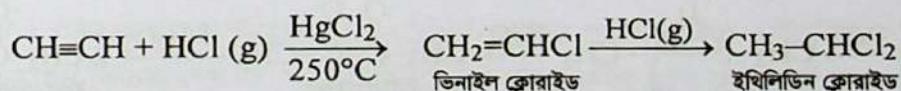
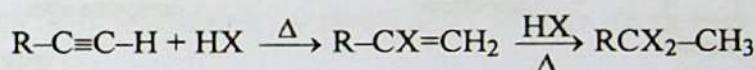
অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সাথে ওজোনের বিক্রিয়ায় প্রথমে ওজোনাইড গঠন এবং পরে ওজোনাইডের আর্দ্ধ বিশ্লেষণ-এ দুষ্টরবিশিষ্ট বিক্রিয়াকে ওজোনোলাইসিস (Ozonolysis) বলে। অ্যালকিন, অ্যালকাইন ও বেনজিনে ওজোনোলাইসিস বিক্রিয়া ঘটে। দ্বিবৰুনের π ও σ উভয় বদ্ধন এবং ত্রিবৰুনের দুটি π বদ্ধন ওজোনাইড গঠনে অংশ নেয়।

(৩) অ্যালকাইনে অপ্রতিসম বিকারক সংযোজন :

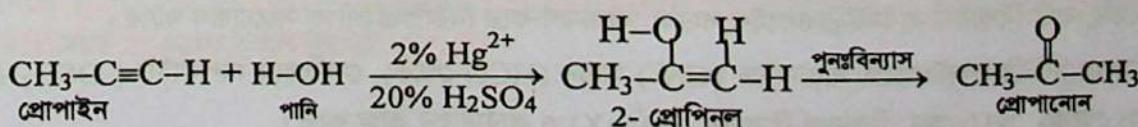
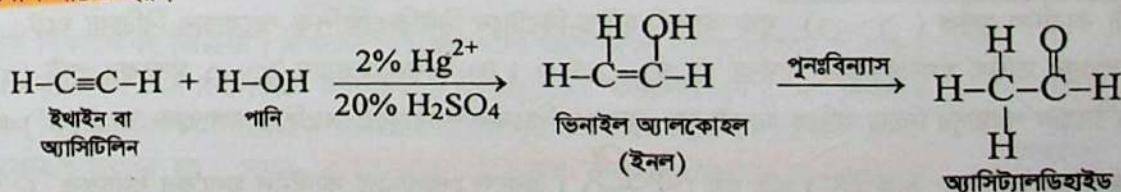
MCO-2.13 : କୋନଟି ଅପ୍ରତିସମ ଅୟାଲକିନ?

- (i) HCl ও HBr সহ বিক্রিয়া : দুটি π বন্ধনে দু'ধাপে
 সংযোজন ঘটে। এক্ষেত্রে প্রথমে মার্কনিকভের নিয়ম অন্বস্ত হয়।

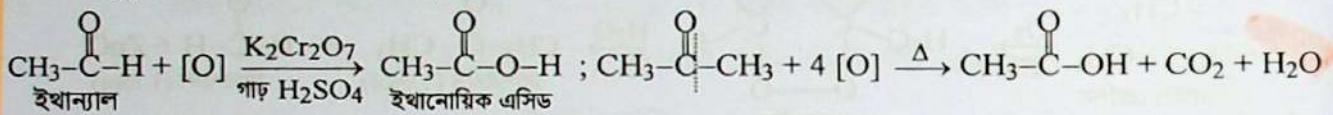
(ক) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (খ) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
 (গ) $\text{ClCH}=\text{CHCl}$ (ঘ) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$



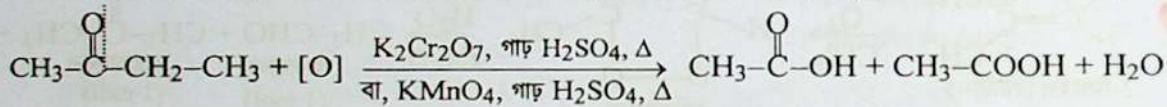
(ii) অ্যালকাইনে পানি (H_2O) সংযোজন : লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত 2% মারকিউরিক সালফেট ($HgSO_4$) এর উপস্থিতিতে $60^{\circ}-75^{\circ}C$ তাপমাত্রায় অ্যালকাইন পানির সাথে যুক্ত হয়ে অ্যালডিহাইড অথবা কিটোন উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ত্রিবন্ধনের একটি π বন্ধন ভেঙ্গে দুটি সিগমা (σ) বন্ধনে H ও OH যুক্ত হয়ে 'ইনল' তৈরি করে। পরে পুনর্বিন্যাস দ্বারা কার্বনিল যৌগ গঠিত হয়।



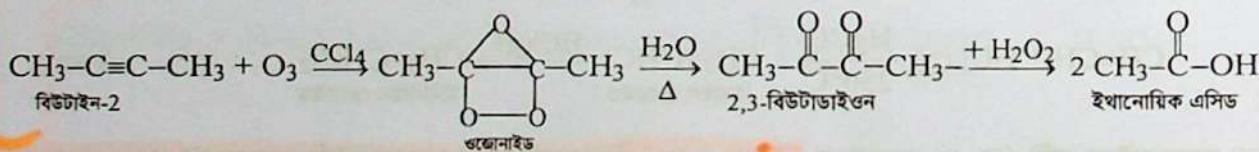
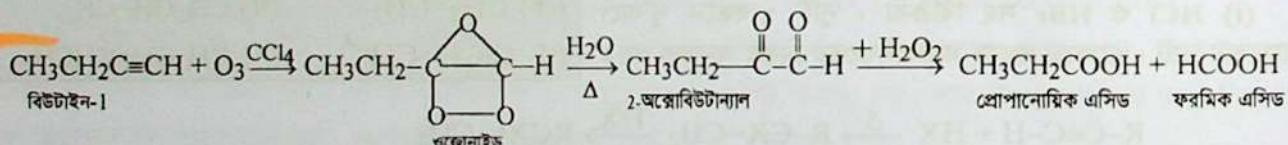
জেনে নাও : অ্যালকাইন থেকে কাৰ্বক্সিলিক এসিড প্ৰস্তুতি : অ্যালকাইন যেমন ইথাইন ($\text{CH}=\text{CH}$) ও প্ৰোপাইন ($\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$) এৰ সাথে পানি সংযোজনেৰ ফলে যথাক্রমে অ্যালডিহাইড ইথান্যাল (CH_3CHO) ও কিটোন প্ৰোপানোন (CH_3COCH_3) উৎপন্ন হয়। পৱে ঐ উৎপন্ন অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে শক্তিশালী জাৰক পদাৰ্থ যেমন ক্ৰোমিক এসিড (গাঢ় $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) অথবা অস্ত্ৰীয় KMnO_4 দ্রবণসহ উত্পন্ন কৰলে অ্যালডিহাইড সহজে জাৰিত হয়ে সমসংখ্যক C-পৰমাণুক কাৰ্বক্সিলিক এসিড উৎপন্ন কৰে।



কিন্তু কিটোনকে দীর্ঘ সময় ক্রোমিক এসিডসহ উত্পন্ন করলে তবে কার্বন-কার্বন (C-CO) বন্ধন বিয়োজিত হয়ে কিটোন অপেক্ষা কম সংখ্যক C-পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক এসিড উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে কিটোনের দুটি অ্যালকাইল মূলকের যে α -কার্বনে কম সংখ্যক H পরমাণু থাকে, সেই C-CO বন্ধনটি মূলত বিয়োজিত হয় (Popoff's rule)। যেমন,



(iii) ওজোন সংযোজন : অ্যালকাইনকে নিত্রিয় দ্রাবক CCl_4 এ দ্রবীভূত করে এর মধ্যে ওজোন গ্যাস চালনা করলে অ্যালকাইন ওজোনাইড নামক যুত ঘোগ উৎপন্ন হয়। ওজোনাইডকে পানিসহ উত্তপ্ত করলে প্রথমে 2-অক্রো অ্যালকান্যাল অথবা অ্যালকাডাইওন ও H_2O_2 উৎপন্ন হয়। পরে H_2O_2 দ্বারা উৎপন্ন ঘোগ জারিত হয়ে ত্রিবন্ধনের অবস্থান মতে ভিন্ন ভিন্ন কার্বক্সিলিক এসিড উৎপন্ন করে থাকে। যেমন, বিউটাইন-1 থেকে প্রোপোনোয়িক এসিড ও ফরমিক এসিড; অপরদিকে বিউটাইন-2 থেকে ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয়।



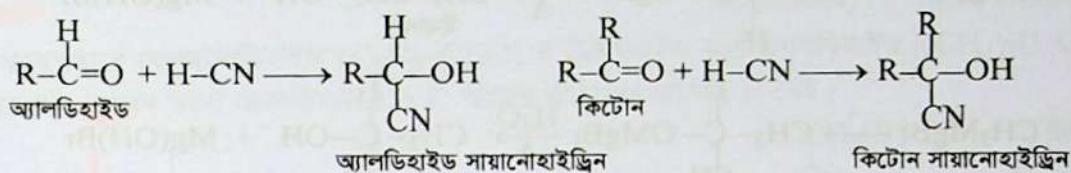
সিদ্ধান্ত : (১) বিউটাইন-১ এর ওজনাইড যোগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে প্রোপানোয়িক এসিড ও ফরমিক এসিড—এ দুটি উৎপাদ পাওয়া যায়। (২) বিউটাইন-২ এর ওজনাইড যোগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে কেবল ইথানোয়িক এসিড পাওয়া যায়।

(୯) ନିଉକ୍ରିଓଫିଲିକ ସଂଯୋଜନ ବିକ୍ରିଆ

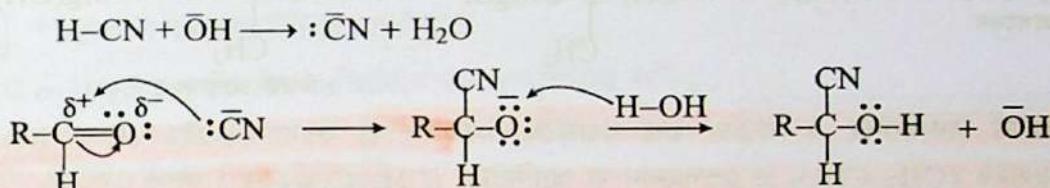
বিয়োজী কার্বনিল মূলক ($\text{C}=\text{O}$) যুক্ত অ্যালডিহাইড-কিটোনে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে। অক্সিজেন ও কার্বন পরমাণুর তত্ত্বাত্মকতার পার্থক্য ($3.5 - 2.5 = 1.0$) অধিক হওয়ায় $\text{C}=\text{O}$ মূলকের পাই (π) বন্ধনের ইলেকট্রন অক্সিজেন পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়। ফলে অক্সিজেন পরমাণুতে আংশিক ঝণাত্মক চার্জ (δ^-) এবং কার্বন পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ (δ^+) সৃষ্টি হয় ($>\text{C}=\overset{\delta^+}{\text{O}}$) এরপে পোলারিত কার্বনিল মূলকের ধনাত্মক C পরমাণুকে ঝণাত্মক কেন্দ্রাকর্ষী বিকারক বা নিউক্লিওফাইল সহজে আক্রমণ করে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটায়।

এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইলরূপে সায়ানাইড (CN^-) আয়ন (HCN থেকে), সোডিয়াম সালফাইট (OSO_2Na) আয়ন (NaHSO_3 থেকে), $\ddot{\text{NH}}_3$ অণু, প্রিগনার্ড বিকারক ($\bar{R}\text{MgX}$) ও কার্বানায়ন কাজ করে।

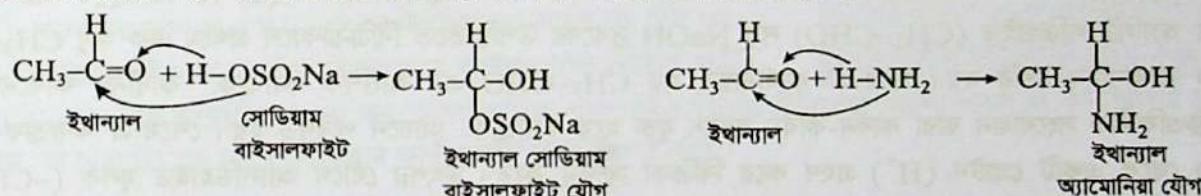
(i) **কার্বনিল যৌগে HCN সংযোজন :** সব অ্যালডিহাইড ও অধিকাংশ কিটোন হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) এর দ্রবণে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালডিহাইড বা কিটোন সায়ানোহাইড্রিন যুক্ত যৌগ গঠন করে।



নিউক্লিওফিলিক সংযোজন কৌশল : লব্দ NaOH ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে $\text{H}-\text{CN}$ এর আয়নীকরণ বৃদ্ধি পায়। উৎপন্ন অধিক সংখ্যক সায়ানাইড ($:\bar{\text{C}}\text{N}$) আয়ন নিউক্লিওফাইলরূপে আংশিক ধনাত্মক কার্বনিল কার্বনকে আক্রমণ করে। শেষ ধাপে ঝণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুটি H_2O অণু থেকে প্রোটন (H^+) গ্রহণ করলে সংযোজন বিক্রিয়া শেষ হয়।

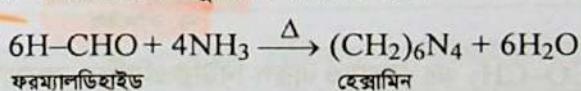


(ii) অনুরূপভাবে, সোডিয়াম বাইসালফাইট (NaHSO_3), NH_3 ও মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম ক্রোমাইড (CH_3MgBr) বা হিগনার্ড বিকারকের সাথে কার্বনিল যৌগের নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে।

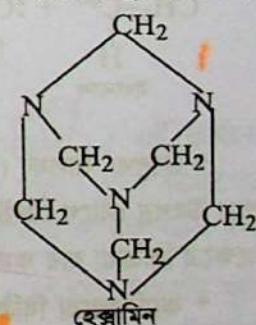


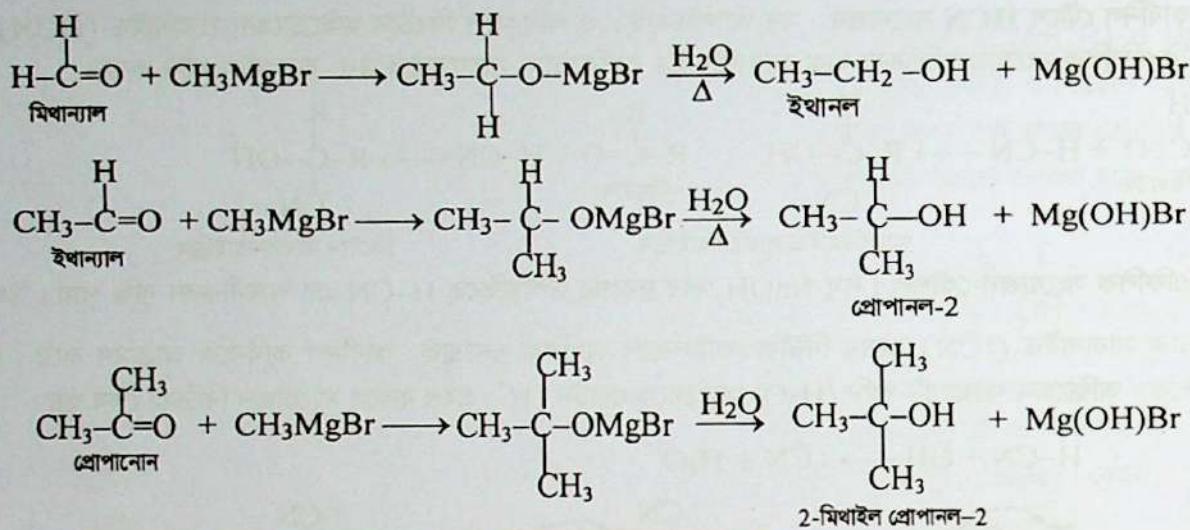
* উভয় উৎপাদ নির্দিষ্ট গলনাক্ষবিশিষ্ট কেলাসাকার যোগ। তাই জৈব যোগের মিশ্রণ থেকে কার্বনিল যোগ পৃথকীকরণে এ বিক্রিয়ার ব্যবহার আছে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : একমাত্র ফরম্যালডিহাইড (H-CHO) অন্যান্য অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মতো NH_3 এর সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া দেয় না। ফরম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণ বা ফরমালিনকে গাঢ় NH_3 দ্রবণের সাথে উৎপন্ন করলে ছয় অণু H-CHO এর সাথে চার অণু NH_3 এর মধ্যে ঘনীভবন বিক্রিয়ার ফলে হেক্সামিথিলিন টেট্রাআয়ামিন বা হেক্সামিন নামক সাইক্লিক পলিমার গঠিত হয়। হেক্সামিন রিউমেটিক ফিভার বা বাতজুর ও প্রস্রাবের থলি সংকৃত প্রদাহ রোগে ওষধরূপে ব্যবহৃত হয়।



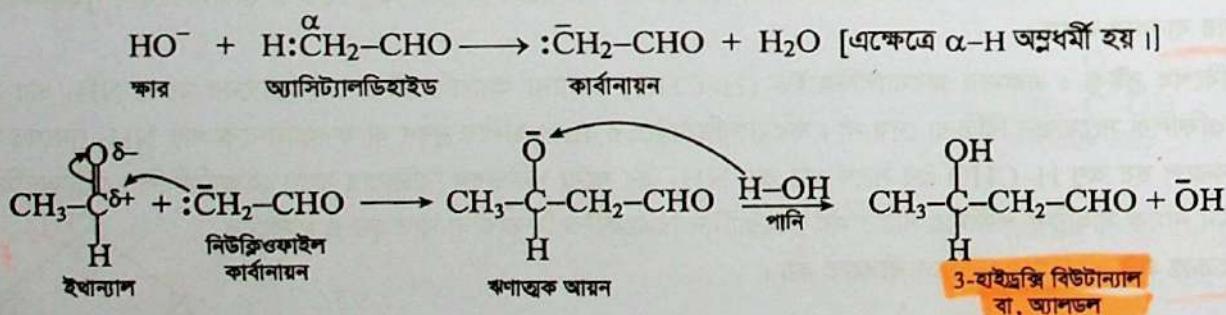
* হিগনার্ড বিকারকসহ বিক্রিয়া : হিগনার্ড বিকারক হলো অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (RMgX) ও অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (ArMgX)। কার্বনিল যৌগ ও হিগনার্ড বিকারকের সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় গঠিত যুত যোগকে আর্দ্ধ বিশ্লেষিত করলে বিভিন্ন অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। যেমন, এ হিগনার্ড বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইড বা মিথান্যাল ($\text{H}-\text{CHO}$) থেকে 1° -অ্যালকোহল, অ্যাসিট্যালডিহাইড CH_3CHO থেকে 2° -অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন বা প্রোপানোন (CH_3COCH_3) থেকে 3° -অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।





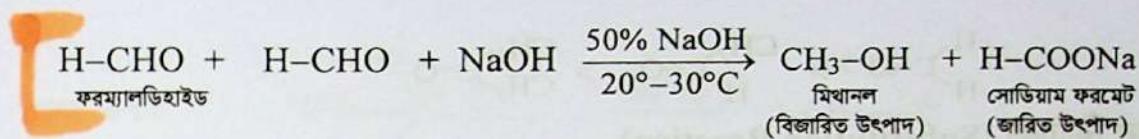
* ছিগনার্ড বিকারকসহ এ বিক্রিয়া দ্বারা যথাক্রমে মিথান্যাল বা ফরম্যালডিহাইড ($\text{H}-\text{CHO}$), ইথানল বা অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3-CHO) ও প্রোপানোন বা অ্যাসিটোন ($\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$) থেকে 1° , 2° , 3° অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়।

(iii) কার্বনিল যৌগে কার্বানায়ন সংযোজন : অ্যালডল ঘনীভবন : অস্ত্রধর্মী আলফা (α) H -পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড যেমন অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3-CHO) লম্ব NaOH দ্রবণের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াকালে প্রথমে এক অণু CH_3-CHO থেকে কার্বানায়ন তৈরি হয়। পরে ঐ কার্বানায়ন ২য় CH_3-CHO এর আংশিক ধনাত্মক কার্বনিল কার্বনের সাথে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন দ্বারা কার্বন-কার্বন বন্ধনে যুক্ত হয়ে ঝণাত্মক আয়নে পরিণত হয়। শেষে এই ঝণাত্মক আয়ন H_2O থেকে একটি প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। উৎপন্ন যৌগে অ্যালডিহাইড মূলক ($-\text{CHO}$) ও অ্যালকোহল মূলক ($-\text{OH}$) উভয়ই বর্তমান থাকায় এরূপ বিক্রিয়াকে অ্যালডল ঘনীভবন বলে। ($\text{Ald} + \text{ol} = \text{Aldol}$)।

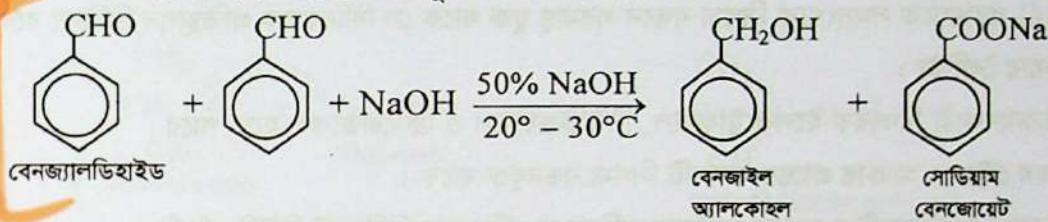


* উল্লেখ্য আলফা (α)- H যুক্ত কিটোন যেমন, $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ এর বেলায়ও এরূপ নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে; তবে উৎপন্ন যৌগে কিটো মূলক ($-\text{CO}-$) এবং ($-\text{OH}$) মূলক থাকে; এক্ষেত্রেও এ বিক্রিয়াকে অ্যালডল ঘনীভবন বলে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়া হ্যার কম হয়।

* ক্যানিজারো বিক্রিয়া : আলফা (α)- H বিহীন অ্যালডিহাইড যেমন ফরম্যালডিহাইড ($\text{H}-\text{CHO}$) অ্যালডল বিক্রিয়া দেয় না। বরঞ্চ গাঢ় NaOH দ্রবণে দুই অণু ফরম্যালডিহাইডে জারণ-বিজ্ঞারণ বিক্রিয়ার ফলে এক অণু ফরম্যালডিহাইড বিজ্ঞারিত হয়ে মিথানল (CH_3-OH) ও অপর ফরম্যালডিহাইড ($\text{H}-\text{CHO}$) অণু জারিত হয়ে সোডিয়াম ফরমেট ($\text{H}-\text{COONa}$) গঠন করে। আলফা (α)- H বিহীন অ্যালডিহাইডের দুটি অণুর মধ্যে এরূপ অসামঞ্জস্যতা পূর্ণ বিক্রিয়াকে আবিক্ষারকের নামানুসারে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে।



* অনুকূপভাবে বেনজ্যালডিহাইড (C₆H₅-CHO) ও ট্রাইমিথাইল অ্যাসিট্যালডিহাইড [(CH₃)₃C-CHO] ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেয়। কারণ উভয় অ্যালডিহাইডে α -C পরমাণু থাকলেও এতে α -H নেই।



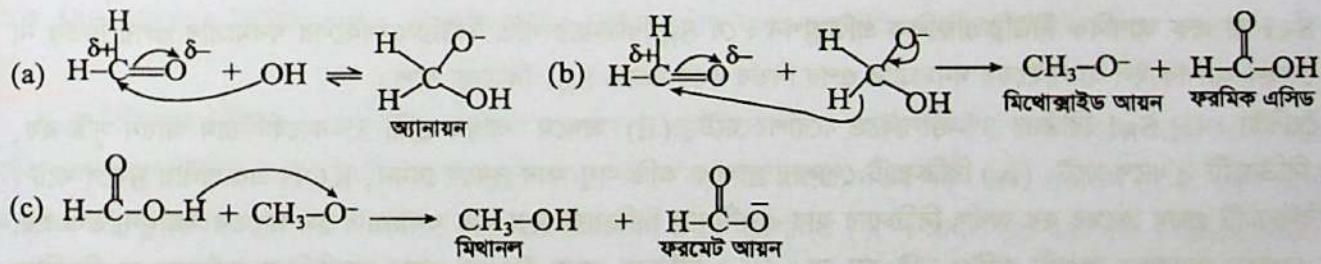
জেনে নাও : * অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়ার শর্ত হলো :

- (1) অনুধর্মী α -H যুক্ত অ্যালডিহাইড ও কিটোনে অ্যালডল বিক্রিয়া ঘটে।
- (2) লঘু ক্ষার দ্রবণ NaOH(aq) এর উপস্থিতিতে এক্সপ বিক্রিয়া ঘটে।
- (3) এক্ষেত্রে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে।

* ক্যানিজারো বিক্রিয়ার শর্ত হলো :

- (1) α -H বিহীন অ্যালডিহাইডে ক্যানিজারো বিক্রিয়া ঘটে।
- (2) গাঢ় ক্ষার দ্রবণ NaOH(aq) এর উপস্থিতিতে কার্বনায়ন সৃষ্টি হয়।
- (3) আন্তঃআণবিক জারণ-বিজারণ সহকারে অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া ঘটে।

গাঢ় NaOH এর উপস্থিতিতে দুই অণু অ্যালডিহাইড পারস্পরিক রিডক্স বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল ও কার্বক্সিলেট আয়ন গঠন করে, যা NaOH সহ শেষে সোডিয়াম কার্বক্সিলেট লবণ উৎপন্ন করে।

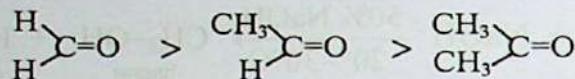


* জেনে নাও : নিম্নোক্ত কার্বনের মূলক (-CHO, -OH, -COOH) যে C-পরমাণুতে যুক্ত থাকে, তাকে আলফা (α) কার্বন বলে।

* আলফা কার্বনে যুক্ত H পরমাণুকে আলফা (α) H বলে।

নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সক্রিয়তা

নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড-কিটোনের সক্রিয়তা কার্বনিল মূলক ($>\overset{\delta+}{\text{C}}=\overset{\delta-}{\text{O}}$) এর কার্বনের ধনাত্মক চার্জের পরিমাণের ওপর নির্ভরশীল। এই কার্বনিল কার্বনে কোনো কারণে ধনাত্মক চার্জের মাত্রা ($\delta+$) কমে গেলে এই যৌগে সক্রিয়তাও কমে। অ্যালকাইল মূলক (-R) যেমন, -CH₃ মূলক এর ধনাত্মক আবেশধর্মিতা বা ইলেক্ট্রন ঘনত্ব যোগান দেয়া ধর্ম আছে; তাই কার্বনিল মূলক ($>\overset{\delta+}{\text{C}}=\overset{\delta-}{\text{O}}$) এর সাথে মিথাইল (-CH₃), ইথাইল (-C₂H₅) ইত্যাদি মূলক যুক্ত হলে তখন কার্বনিল মূলকে ধনাত্মক চার্জের মাত্রা কমে এবং সক্রিয়তা হ্রাস পায়। এজন্য মিথান্যাল অপেক্ষা ইথান্যাল এবং ইথান্যাল অপেক্ষা প্রোপানোন কম সক্রিয় হয়। অর্থাৎ **অ্যালডিহাইড অপেক্ষা কিটোন কম সক্রিয় হয়।** এছাড়া কিটোনে থাকা বেশি সংখ্যক অ্যালকাইল (R-) মূলক নিউক্লিওফাইলকে বিক্রিয়ার পথে স্থানিক বাধা (Steric hindrance) সৃষ্টি করে। কার্বনিল যৌগসমূহের সক্রিয়তা ক্রম হলো :



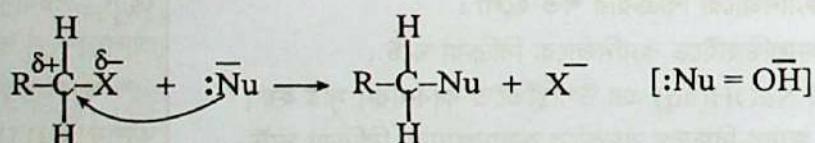
২.১০.২ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction)

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

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য :

- * (১) আক্রমণকারী বিকারক ইলেকট্রোফাইল, নিউক্লিওফাইল ও ফ্রি-রেডিকেল হতে পারে।
- * (২) জৈব যৌগের আক্রান্ত প্রান্তের কার্বনটি সিগমা বন্ধনযুক্ত থাকে।
- * (৩) উল্লেখ্য অ্যালিফেটিক সম্পৃক্ত কার্বনের অধিকাংশ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াই নিউক্লিওফিলিক।
- * (৪) অ্যারোমেটিক বেনজিন বলয়ে সব প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ইলেকট্রোফিলিক। কারণ বেনজিনয়েড বলয়ের পাই (π) ইলেক্ট্রন মেঘ দ্বারা নিউক্লিওফাইল বিকর্ষিত হয়।

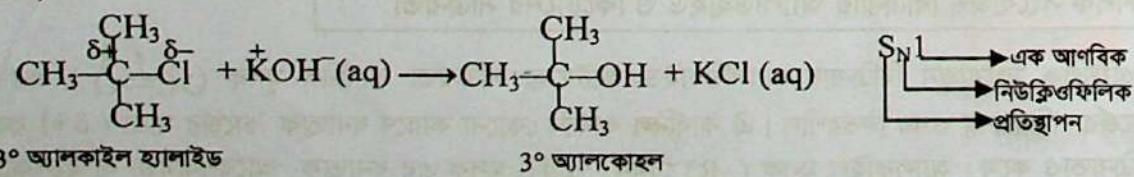
(ক) নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন (Nucleophilic Substitution) : যে জৈব বিক্রিয়ায় সম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুতে নিউক্লিওফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটে, তাকে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বা সংক্ষেপে S_N বিক্রিয়া বলে।



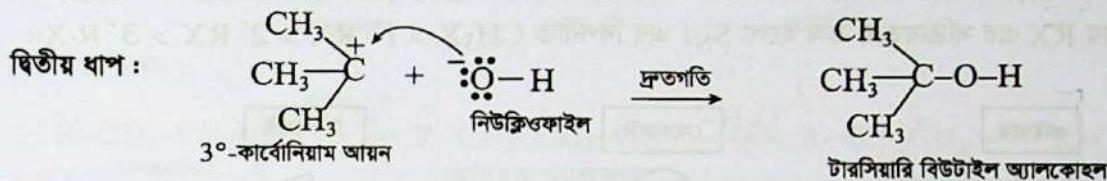
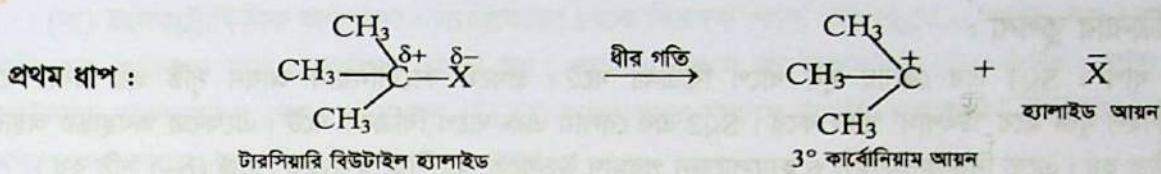
S_N বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ : অ্যালকাইল হ্যালাইডের বেলায় S_N বিক্রিয়া দু'প্রকার। যেমন, এক আণবিক S_N বিক্রিয়া (S_N1) ও দ্বি-আণবিক S_N বিক্রিয়া (S_N2)।

S_N1 বা এক আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন : যে S_N বিক্রিয়ার গতি নিউক্লিওফাইলের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর না করে কেবল অ্যালকাইল হ্যালাইডের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে তাকে S_N1 বিক্রিয়া বলে।

বৈশিষ্ট্য : (i) S_N1 বিক্রিয়া 3° -হ্যালাইডে বেশি ঘটে, (ii) প্রথমে অধিক ছায়ী 3° -কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়, (iii) বিক্রিয়াটি দু'ধাপে ঘটে, (iv) বিক্রিয়াটি পোলার দ্রাবকে অতি লঘু ক্ষার দ্রবণে যেমন, KOH এর জলীয় দ্রবণে ঘটে। (v) বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রমের হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার একটিমাত্র বিক্রিয়ক RX এর ঘনমাত্রার ১ম ঘাতের সমানুপাতিক হয়; (vi) এক্ষেত্রে অবস্থান্তর অস্থায়ী জটিল সৃষ্টি হয় না। (vii) বিক্রিয়া শেষে উৎপাদ অণুর জ্যামিতিক কাঠামো অপরিবর্তিত থাকে। যেমন,



S_N1 বিক্রিয়ার কৌশল : ১ম ধাপে 3° -অ্যালকাইল হ্যালাইড ধীর গতিতে বিয়োজিত হয়ে অধিক ছায়ী 3° কার্বোনিয়াম আয়ন ও হ্যালাইড আয়ন সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে RX এর বিয়োজনে পোলার দ্রাবক পানি (H_2O) অণুর সাথে HO^- আয়নের পানি-যোজন কালে নির্গত তাপ শক্তির মূল ভূমিকা থাকে। ২য় ধাপে নিউক্লিওফাইল HO^- আয়ন ঐ কার্বোনিয়াম আয়নে দ্রুতগতিতে যুক্ত হয়।

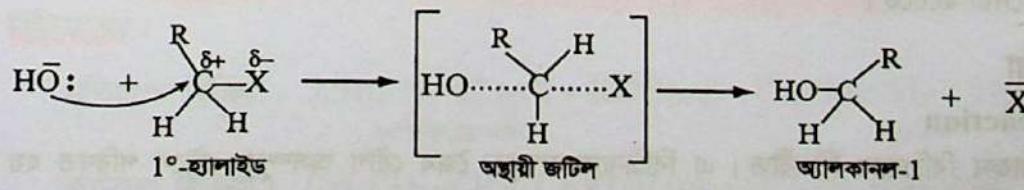


S_N1 বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে RX এর সক্রিয়তার ক্রম হলো : $3^{\circ} RX > 2^{\circ} RX > 1^{\circ} RX$

S_N2 বা দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন : যে S_N বিক্রিয়ার হার বা গতি নিউক্লিওফাইল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড (বা সাবস্ট্রেট) উভয়ের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে, তাকে S_N2 বিক্রিয়া বলে।

বৈশিষ্ট্য : (i) 1° হ্যালাইডে S_N2 বেশ ঘটে, কারণ এতে স্টেরিক বাধা কম; (ii) বিক্রিয়াটি একধাপে ঘটে, (iii) নিউক্লিওফাইল $O\bar{H}$ আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকতে হয়; (iv) বিক্রিয়াটি ২য় ক্রমের হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার RX ও $O\bar{H}$ আয়ন উভয়ের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে। (v) S_N2 বিক্রিয়াটিতে সরাসরি নিউক্লিওফাইল $O\bar{H}$ আয়নের আক্রমণে ঘটে বলে নতুন বন্ধন গঠন ও পুরাতন বন্ধন ভাঙ্গনজনিত অবস্থান্তর 'অঙ্গীয় জটিল' সৃষ্টি হয়। (vi) তাই S_N2 বিক্রিয়ায় কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয় না; (vii) RX অণুর ত্রিমাত্রিক গঠনে কার্বনের যে পার্শ্বে X পরমাণু থাকে এর বিপরীত দিক থেকে 180° অবস্থানে নিউক্লিওফাইল আক্রমণ করে। তাই উৎপাদ অণুর জ্যামিতিক কাঠামো উল্লেখ গিয়ে সম্পূর্ণ বিপরীত হয়।

S_N2 বিক্রিয়ার কৌশল : $R-\overset{\delta^{+}}{CH_2}-\overset{\delta^{-}}{X}$ এর X পরমাণু যে দিকে থাকে, তার বিপরীত দিক থেকে আংশিক ধনাত্মক কার্বন পরমাণুকে নিউক্লিওফাইল ($:O\bar{H}$) আক্রমণ করে। তখন নতুন সমযোজী বন্ধন গড়ন এবং পুরাতন $C-X$ বন্ধন ভাঙ্গন সহকারে 'অঙ্গীয় জটিল' সৃষ্টি হয়। শেষে $C-X$ বন্ধনটি ভেঙে গিয়ে হ্যালাইড (X^-) আয়ন মুক্ত হয় এবং নিউক্লিওফাইলটি C -পরমাণুর সাথে পূর্ণ সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। তখন উৎপাদ অণুর কনফিগারেশনটি C পরমাণুর সাথে যুক্ত অন্য তিনি পরমাণু বা মূলক ঝড়ে উল্টানো ছাতার মতো উল্লেখ গিয়ে নতুন ত্রিমাত্রিক গঠন লাভ করে। এরপে যৌগের ত্রিমাত্রিক কাঠামো পরিবর্তনকে বিজ্ঞানী পল ওয়ালডেনের নামানুসারে ওয়ালডেন ইনভার্সন (Walden inversion) বলে।

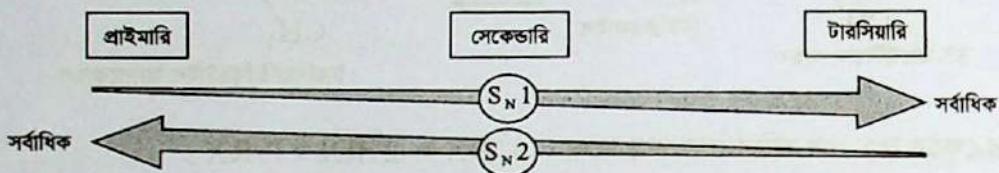


- MCQ-2.14 : S_N1
বিক্রিয়া কয় ধাপে ঘটে?
(ক) 1 (খ) 2
(গ) 3 (ঘ) 4

S_N2 বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে RX এর সক্রিয়তার ক্রম হলো $1^{\circ} RX > 2^{\circ} RX > 3^{\circ} RX$ । অর্থাৎ $1^{\circ} RX$ প্রধানত S_N2 বিক্রিয়া, $3^{\circ} RX$ প্রধানত S_N1 বিক্রিয়া এবং $2^{\circ} RX$ এর বেলায় S_N1 ও S_N2 সমভাবে ঘটে।

S_N1 ও S_N2 বিক্রিয়ার তুলনা :

- (১) বিক্রিয়ার ধাপ : S_N1 এর বেলায় দুই ধাপে বিক্রিয়া ঘটে। প্রথমে কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয় এবং পরে নিউক্লিওফাইল যুক্ত হয়ে 'উৎপাদ' গঠন করে। S_N2 এর বেলায় এক ধাপে বিক্রিয়া ঘটে। এক্ষেত্রে অবস্থান্তর অঙ্গায়ী জটিল গঠিত হয়। এতে নিউক্লিওফাইল ও হ্যালোজেন পরমাণু উভয়তে আংশিক ঝণাত্রক চার্জ ($\delta-$) সৃষ্টি হয়।
- (২) RX-এর প্রকৃতি : S_N1 এর বেলায় RX এর সক্রিয়তার ক্রম হলো $3^\circ RX > 2^\circ RX > 1^\circ RX > CH_3X$ । কিন্তু S_N2 এর বেলায় RX এর সক্রিয়তার ক্রম হলো S_N1 এর বিপরীত $CH_3X > 1^\circ RX > 2^\circ RX > 3^\circ R-X$ ।



- (৩) বিক্রিয়ার ক্রম : S_N1 বিক্রিয়া প্রথম ক্রম (first order) বিক্রিয়া এবং S_N2 বিক্রিয়া দ্বিতীয় ক্রম (second order) বিক্রিয়া হয়।
- (৪) বিক্রিয়ার ফেস্ট্রি : S_N1 এর গতির মূলে রয়েছে ইলেক্ট্রনিক ফেস্ট্রি বা অধিক শাখাযুক্ত কার্বন শিকল। কিন্তু S_N2 এর গতির মূলে রয়েছে steric factor বা ত্রিমাত্রিক স্থানিক বাধা। 1° হ্যালাইডের বেলায় ত্রিমাত্রিক স্থানিক বাধা কম, তাই S_N2 বিক্রিয়া অধিক ঘটে।
- (৫) নিউক্লিওফাইলের ঘনমাত্রা : নিউক্লিওফাইলের ঘনমাত্রা বেশি হলে S_N2 মেকানিজম এবং ঘনমাত্রা কম হলে S_N1 মেকানিজম অনুসৃত হয়।
- (৬) দ্রাবকের প্রকৃতি : অধিক পোলার দ্রাবকে কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি সহজতর হয় বলে পোলার দ্রাবকে S_N1 মেকানিজম এবং কম পোলার বা নন্পোলার দ্রাবকে S_N2 মেকানিজম বেশি ঘটে।
- (৭) নিউক্লিওফাইলের প্রকৃতি : সবল নিউক্লিওফাইল S_N2 এবং দুর্বল নিউক্লিওফাইল S_N1 মেকানিজমের গতি নিয়ন্ত্রণ করে। যেমন, নিউ-পেন্টাইল ব্রোমাইড সবল নিউক্লিওফাইল ইথোক্লাইড আয়ন (EtO^-) এর সঙ্গে S_N2 মেকানিজম, কিন্তু দুর্বল নিউক্লিওফাইল যেমন, পানি ও ইথানল ($EtOH$) এর সঙ্গে S_N1 মেকানিজম অনুসরণ করে। শক্তিশালী ক্ষার EtO^- দ্বারা RX থেকে X পরমাণু সহজেই বিতাড়িত হয়। কিন্তু দুর্বল ক্ষার ইথানল ($EtOH$) তা পারে না বলে কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টির জন্যে অপেক্ষা করে।

* দ্রষ্টব্য : সব নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক যৌগের আংশিক ধনাত্রক চার্জযুক্ত C পরমাণুতে ঘটে। অপরদিকে সব ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে অ্যারোমেটিক বেনজিন বলয়ে। কারণ নিউক্লিওফাইলকে বেনজিন বলয়ের সঞ্চরণশীল π ইলেক্ট্রন বিকর্ষণ করে। অনুচ্ছেদ-২.৮.৪ এর (খ) বেনজিনে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াসমূহ দেয়া হয়েছে।

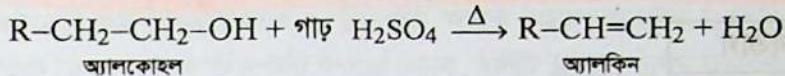
২.১০.৩ অপসারণ বিক্রিয়া**Elimination Reaction**

অপসারণ বিক্রিয়াটি সংযোজন বিক্রিয়ার বিপরীত। এ বিক্রিয়ায় সম্পৃক্ত জৈব যৌগ অসম্পৃক্ত যৌগে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধন সৃষ্টি হয়। এ অপসারণ বিক্রিয়াটি :

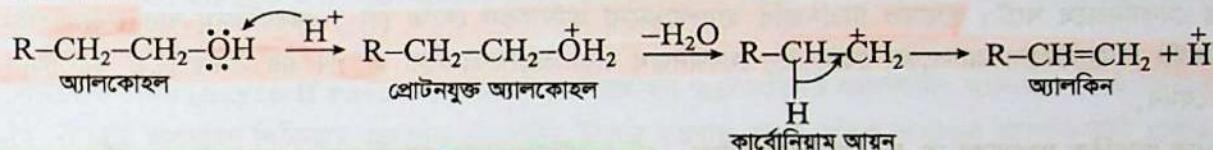
* (১) ক্ষারের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে হ্যালোজেনো অ্যালকেন ($R-CH_2CH_2X$) থেকে HX অপসারণ এবং

* (২) গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে অ্যালকোহল ($R-CH_2CH_2OH$) থেকে H_2O অপসারণের মাধ্যমে ঘটে।

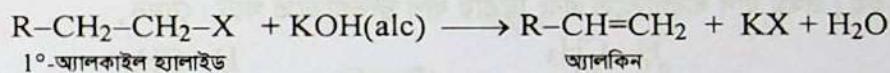
(ক) ইলেক্ট্রোফিলিক অপসারণ : অ্যালকোহল থেকে নিরুদক পদার্থ গাঢ় H_2SO_4 অথবা, গাঢ় H_3PO_4 এর সাহায্যে পানি অণু অপসারণ দ্বারা অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে প্রথমে অ্যালকোহলের OH মূলকে প্রোটন (H^+) যুক্ত হয়ে প্রোটনযুক্ত অ্যালকোহল থেকে পানি অণু (H_2O) অপসারণের মাধ্যমে কার্বোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়। পরে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



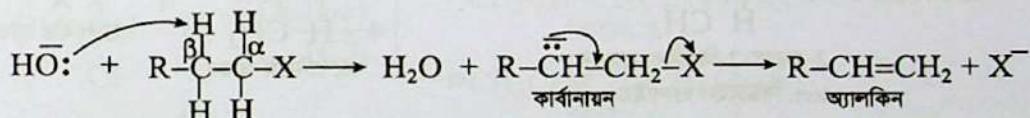
মেকানিজম :



(খ) নিউক্লিওফিলিক অপসারণ : হ্যালোজেনে অ্যালকেন থেকে অ্যালকোহলীয় ক্ষারের সাহায্যে HX অপসারণে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। প্রথমে ক্ষারের আক্রমণে (বিটা) β -H পরমাণু প্রোটনরূপে অপসারিত হয়ে কার্বানায়ন সৃষ্টি হয়। পরে হ্যালোজেন পরমাণু হ্যালাইড আয়ন ($: X^-$) রূপে মুক্ত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এরপে বিক্রিয়াকে β -অপসারণ বিক্রিয়া বলে। যেমন,

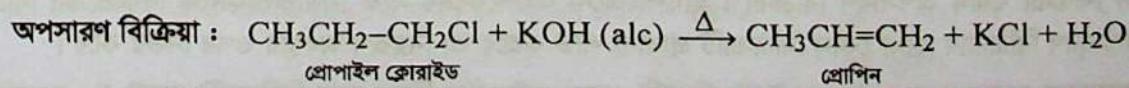
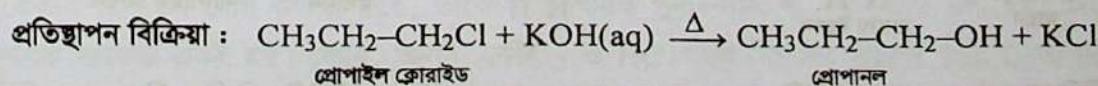


মেকানিজম :

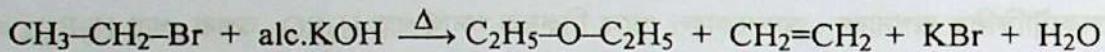


জেনে নাও : অ্যালকাইল হ্যালাইডের অপসারণ বিক্রিয়ায় নিউক্লিওফাইলের উৎসরূপে অ্যালকোহল (C_2H_5OH) এ দ্রব্যীভূত $NaOH$ ও সোডিয়াম ইথোক্লাইড (C_2H_5ONa) প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে নিউক্লিওফাইলের ঘনত্ব কম থাকা দরকার হয়। তখন বিক্রিয়ার গতি ঐ কম পরিমাণ নিউক্লিওফাইলের (OH^- , $C_2H_5O^-$) মোলার ঘনমাত্রা দ্বারা প্রভাবিত হয়। অধিকতুল্য নিউক্লিওফাইল OH^- আয়নগুলো পানির তুলনায় ইথানল দ্বারা কম সলভেটেড (দ্রাবক-যোজিত) থাকে; ফলে সবল নিউক্লিওফাইল ও ক্ষারকরূপে OH^- আয়নসমূহ β -H কে প্রোটনরূপে অপসারণ করতে পারে।

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



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

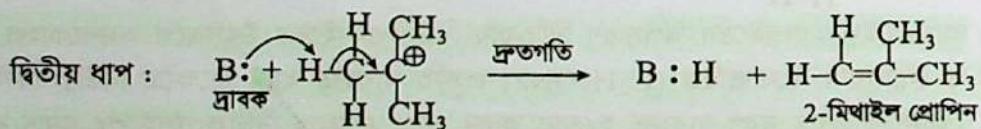
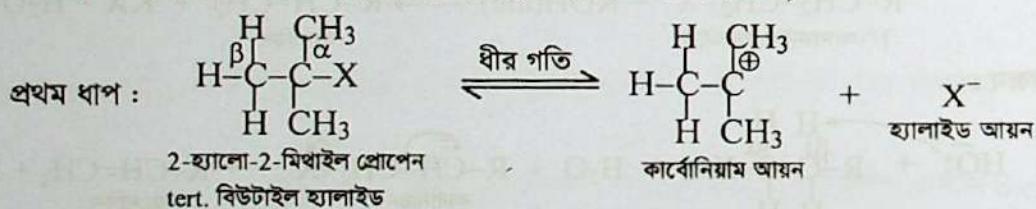


অনুরূপভাবে iso-প্রোপাইল ব্রোমাইড ও alc. KOH এর বিক্রিয়ায় 80% প্রোপাইলিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু tert-বিউটাইল ব্রোমাইড alc. KOH এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 100% iso-বিউটাইলিন উৎপন্ন করে। এসব উদাহরণ থেকে দেখা যায় যে, অপসারণ বিক্রিয়া হ্যালোজেনো অ্যালকেনের আণবিক গঠন প্রকৃতি (structure) এর ওপর নির্ভর করে।

অপসারণ বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ

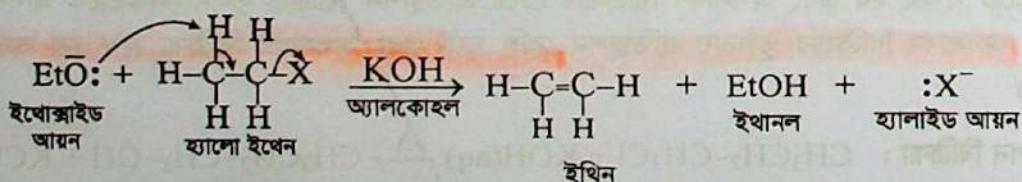
প্রতিচ্ছাপন বিক্রিয়ার মতো অপসারণ বিক্রিয়াও এক-আণবিক অপসারণ (E_1) ও দ্বিআণবিক অপসারণ (E_2) – এই দুই প্রকার মেকানিজমে ঘটে। প্রধানত টারসিয়ারি হ্যালোজেনো অ্যালকেন থেকে (E_1) মেকানিজম দ্বারা এবং প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি হ্যালোজেনো অ্যালকেন থেকে E_2 মেকানিজম দ্বারা অ্যালকোহলীয় KOH এর উপস্থিতিতে অ্যালকিন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

এক-আণবিক অপসারণ বা E_1 এর মেকানিজম : S_N1 প্রতিচ্ছাপনের মেকানিজমের মতো E_1 মেকানিজমও দু ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে $R-X$ থেকে বিদ্যায়ী গ্রুপ হ্যালাইড আয়ন ($:X^-$) ধীরগতিতে পৃথক হয়ে যায় এবং কার্বনিয়াম আয়ন সৃষ্টি হয়। দ্বিতীয় ধাপে দ্রাবক ($B:$) এর আক্রমণে কার্বনিয়াম আয়নের β -কার্বন থেকে একটি H পরমাণু প্রোটনরূপে অপসারিত হয়। ফলে β -কার্বনের মুক্ত ইলেক্ট্রন যুগল α ও β কার্বনের মধ্যে বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে। ফলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। প্রথম ধাপ ধীরগতিতে এবং দ্বিতীয় ধাপ দ্রুতগতিতে ঘটে। যেমন,



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

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



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

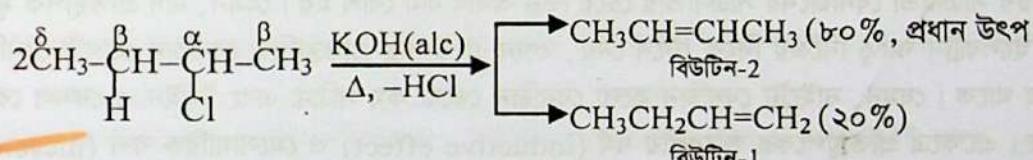
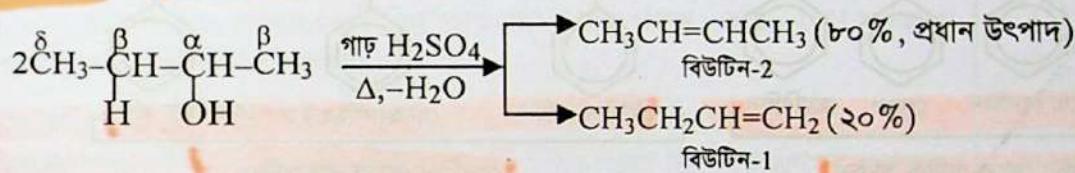
(1) হ্যালোজেনো অ্যালকেনের গঠন যতই টারসিয়ারি থেকে প্রাইমারির দিকে হবে বিক্রিয়াটি ততই E_2 মেকানিজমে ঘটবে। এর বিপরীতক্রমে S_N2 মেকানিজম প্রাধান্য লাভ করে।

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

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

2° -অ্যালকাইল হ্যালাইড ও 2° -অ্যালকোহলের বেলায় অপসারণ বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকিন গঠন নিম্নোক্ত সাইজেফ নিয়ম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে থাকে।

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



জেনে নাও : 2° -অ্যালকোহল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং 3° -অ্যালকোহল ও অ্যালকাইল হ্যালাইড এর সকল অপসারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে —

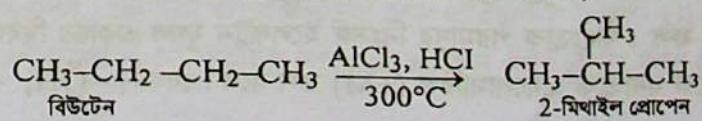
* (i) দুটি সমাণু উৎপন্ন হবে। উভয়ের মধ্যে অধিক শাখাযুক্ত অ্যালকিন প্রধান উৎপাদ হবে।

* (ii) কম steric strain এর কারণে প্রধান উৎপাদটি ট্রান্স-অ্যালকিন (অধিক স্থায়ী) এবং কম পরিমাণের উৎপাদটি (ii) সিস-অ্যালকিন (কম স্থায়ী) হয়ে থাকে। যেমন, গাঢ় H_3PO_4 ও বিউটানল-২ এর অপসারণ বিক্রিয়ায় ট্রান্স-বিউটিন-২ প্রধান বা, বেশি উৎপাদ হয় এবং সিস-বিউটিন-১ কম উৎপাদ হয়।

২.১০.৮ পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমাণুকরণ

Rearrangement or Isomerization

যে বিক্রিয়ায় কোনো যৌগের অণুষ্ঠিত বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক পরম্পরের মধ্যে পুনর্বিন্যস্ত হয়ে নতুন গাঠনিক সংকেতবিশিষ্ট নতুন যৌগ উৎপন্ন করে, তাকে পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমাণুকরণ বলা হয়। এক্ষেত্রে উভয় যৌগের আণবিক সংকেত একই হয়। যেমন, অনৰ্দ্র AlC_1Cl_3 ও HC_1Cl_1 গ্যাস মিশ্রণের প্রভাবে 300°C তাপমাত্রায় বিউটেন অণুর পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা সমাণুকরণের ফলে 2-মিথাইল প্রোপেন উৎপন্ন হয়। যেমন,

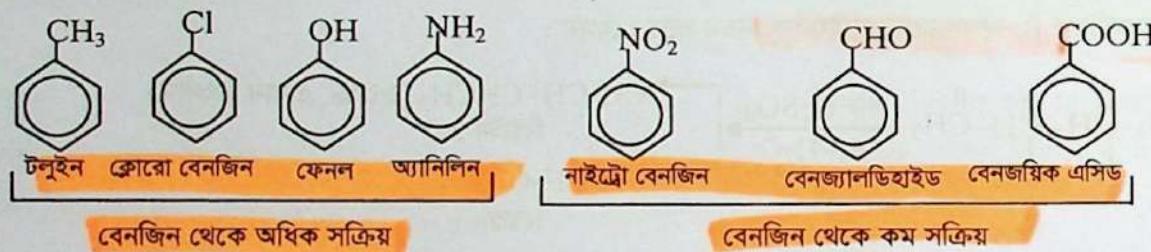


এ বিক্রিয়ায় অধিকাংশ ক্ষেত্রে কার্বন শিকলের একটি কার্বন পরমাণু থেকে এর পার্শ্বের কার্বন পরমাণুতে মূলক বা পরমাণু স্থানান্তরিত হয়। এজন্য একপ বিক্রিয়াকে 1, 2 শিফ্ট বা স্থানান্তর পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াও বলা হয়। এক্ষেত্রে চলে আসা মূলকটিকে ভ্রমণকারী মূলক ($R-$) বা migrating group বলা হয়। R -মূলকটি এর বন্ধন ইলেকট্রন-জোড় ($\bar{R}:$) নিয়ে এসে পুনর্বিন্যস্ত হলে একে নিউক্লিওফিলিক পুনর্বিন্যাস বলে। যদি R -মূলকটি মূল উৎসে বন্ধন ইলেকট্রন যুগল রেখে আসে এবং কার্বোক্যাটাইন বা কার্বেনিয়াম আয়ন (R^+) রূপে অপর কার্বনে যুক্ত হয়, একে ইলেকট্রোফিলিক পুনর্বিন্যাস বলে। উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যালকেনের বেলায় R মূলকটি ফ্রি-রেডিকেল (R^{\cdot}) রূপে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া করতে পারে।

২.১০.৫ বেনজিনে বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও ওরিয়েন্টেশন

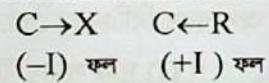
Multiple Substitutions in Benzene and Orientation

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



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

আবেশীয় ফল : C পরমাণুর সাথে যুক্ত X পরমাণু দ্বারা সিগ্মা বন্ধনের পোলারিকরণকে X এর আবেশীয় ধর্ম বলে। যদি কার্বন অপেক্ষা X অধিক তড়িৎঝণাত্মক হয় (যেমন, F, Cl, Br), তখন X এর আবেশীয় ধর্মকে ঝণাত্মক আবেশীয় ফল (-I) বলে। আবার অ্যালকাইল মূলক R-(যেমন, CH_3- , C_2H_5-) থেকে ইলেকট্রন ঘনত্ব সিগ্মা বন্ধনের কার্বন পরমাণুর দিকে সরে যায়, তাকে অ্যালকাইল মূলকের ধনাত্মক আবেশীয় ফল (+I) বলা হয়। যেমন,



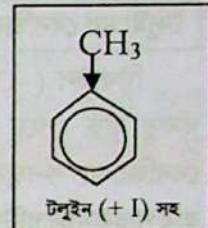
মেসোমারিক ফল : কার্বন পরমাণু ও অধিক তড়িৎঝণাত্মক মৌলের (O) পরমাণুর মধ্যবর্তী পাই (π) বন্ধন পোলারিত হয়ে পড়ে। অধিক তড়িৎ ঝণাত্মক পরমাণুর দিকে পাই (π) বন্ধনের ইলেকট্রন স্থানান্তরণকে মেসোমারিক (M) ফল বলে। একান্তর σ বন্ধন ও π বন্ধনের কার্বন শিকলের সাথে একপ ঝণাত্মক পরমাণু যুক্ত থাকলে π ইলেকট্রনের স্থানান্তরণ সহজে হয়। কনজুগেট π বন্ধন মেসোমারিক ফলের সহায়ক বলে একে কনজুগেট ফলও বলে। আবেশীয় ফলের মতো মেসোমারিক ফল ধনাত্মক (+M) ও ঝণাত্মক (-M) হতে পারে।

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

ধনাত্মক মেসোমারিক ফল : ঝণাত্মক পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল একান্তর দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্বন শিকল বা বলয়ের দিকে স্থানান্তরিত হলে, তাকে ধনাত্মক মেসোমারিক (+M) ফল বলে। যেমন, $-\ddot{\text{O}}\text{H}, -\ddot{\text{N}}\text{H}_2, -\ddot{\text{N}}\text{HCOCH}_3, \text{Cl}:$

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

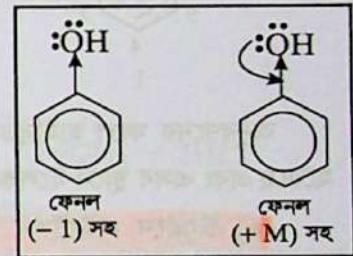
(ক) বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক : ধনাত্মক আবেশীয় ফল (+I) বিশিষ্ট মূলক যেমন, -CH₃ মূলক, -OH মূলক ও -NH₂ মূলক বেনজিন বলয়ে যুক্ত থাকলে তখন এসব মূলক বেনজিন বলয়কে ইলেকট্রন প্রদান করে অনুরণনে সাহায্য করে। তখন বেনজিন বলয়ে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়; ফলে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন সহজে ঘটতে পারে। একে বেনজিন বলয় সক্রিয়করণ বলা হয় এবং এসব মূলককে বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক ও অর্থো-প্যারা নির্দেশক মূলক বলে। যেমন, NO₂⁺ মূলক দ্বারা টলুইন সহজে আক্রান্ত হয়। প্রতিস্থাপক -OH মূলকের বেলায় (এবং Cl পরমাণুর বেলায়) বেনজিন বলয়ে ইলেকট্রন আদান প্রদান একটু জটিল। এক্ষেত্রে -OH মূলকের ঝণাত্মক আবেশীয় ফল (-I) ও ধনাত্মক মেসোমারিক ফল উভয়েই (+M) ক্রিয়া করে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ বেনজিন বলয় অধিক সক্রিয় হয়। অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন ছানান্তরকরণ বাঁকা তীর দ্বারা দেখানো হলো। কিন্তু ঝণাত্মক আবেশীয় ফল (-I) দ্বারা বেনজিন বলয় থেকে ইলেকট্রন ঘনত্ব টেনে নেয়। এক্ষেত্রে +M > -I হয়। সুতরাং ফেনলের বেনজিন বলয় সক্রিয় হয়ে থাকে। তাই -OH মূলক ও Cl পরমাণু অর্থো-প্যারা নির্দেশকমূলক।



MAT: 16-17

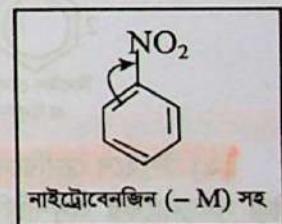
অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপ : -CH₃, -NH₂, -OH, -OCH₃, -Cl:

অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের বৈশিষ্ট্য : (১) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের ধনাত্মক আবেশীয় ধর্ম (+ 1) থাকে। যেমন, অ্যালকাইল মূলকসমূহ, -CH₃, -C₂H₅ ইত্যাদি।



(২) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের কমপক্ষে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে, যা ধনাত্মক মেসোমারিক ফল ঘটাতে পারে। যেমন, -NH₂, -OH, -OCH₃, -Cl: ইত্যাদি।

(খ) বেনজিন বলয় নিক্রিয়কারী মূলক : ঝণাত্মক মেসোমারিক ফল (-M) বিশিষ্ট মূলক যেমন, -NO₂ মূলক, -CHO মূলক ও -SO₃H মূলক বেনজিন বলয় থেকে ইলেকট্রন ঘনত্ব নিজের দিকে টেনে নিয়ে বেনজিন বলয়ে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস করে; একে বেনজিন বলয় নিক্রিয়করণ বলা হয় এবং এসব মূলককে বেনজিন বলয় নিক্রিয়কারী মূলক বলা হয়। কিন্তু মেটা অবস্থানে তুলনামূলকভাবে ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি থাকে। তাই আগমনকারী দ্বিতীয় ইলেকট্রোফাইল মূলকটি মেটা অর্থাৎ 3-অবস্থানে প্রবেশ করে। এজন্য বেনজিন বলয় নিক্রিয়কারী মূলককে মেটা নির্দেশক মূলকও বলা হয়। যেমন, বেনজিন বলয় থেকে -NO₂ মূলক ইলেকট্রন ঘনত্ব টেনে নেয়; তাই নাইট্রোবেনজিন দ্বিতীয়বার সহজে -NO₂⁺ মূলক দ্বারা আক্রান্ত হয় না। অধিক তাপে আক্রান্ত হয়।



MAT: 11-12

মেটা নির্দেশক গ্রুপসমূহ : $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{N}=\text{O} \end{array}$, -C=H, -C-OH, -C≡N গ্রুপ ইত্যাদি।

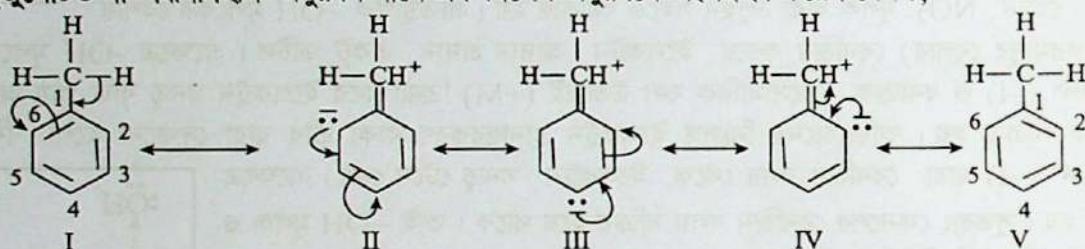
মেটা নির্দেশক গ্রুপের বৈশিষ্ট্য : (১) মেটা নির্দেশক গ্রুপ O পরমাণুর সাথে দ্বিবক্ষন থাকে; যেমন নাইট্রো গ্রুপ $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{N}=\text{O} \end{array}$; অ্যালডিহাইড গ্রুপ $\text{C}=\text{H}$; কার্বক্সিল গ্রুপ $\text{C}-\text{OH}$ অথবা কার্বন নাইট্রোজেন পরমাণুর মধ্যে ত্রিবক্ষন থাকে; যেমন সায়ানাইড গ্রুপ $\text{C}\equiv\text{N}$ ইত্যাদি।

(ক) বেনজিন বলয়ে দ্বি-প্রতিস্থাপন : বেনজিন বলয়ে উপস্থিত প্রথম প্রতিস্থাপক যেমন -CH₃, -OH, -NH₂, -NO₂ মূলকের মধ্যে কোন ধরনের আবেশীয় ফল ও মেসোমারিক ফল রয়েছে, তার ওপর নির্ভর করে বেনজিন বলয়ে দ্বি-প্রতিস্থাপক

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

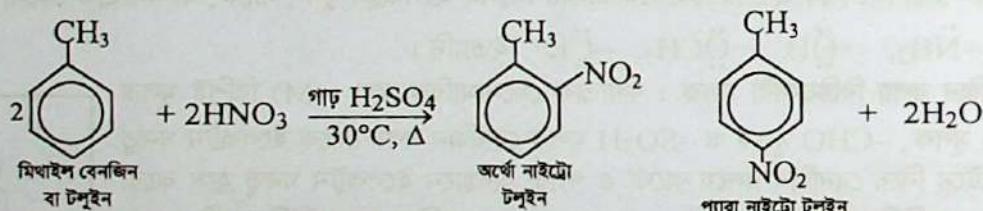
টলুইনের বেনজিন বলয়ে (-CH₃) মূলকের প্রভাব

মিথাইল (-CH₃) মূলকের প্রভাবে বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে। তখন অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পেয়ে বেনজিন বলয়টি অধিক সক্রিয় হয়। এক্ষেত্রে -CH₃ মূলকে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল না থাকা সত্ত্বেও বেনজিনের কনজুগেট দ্বিবন্ধনের সাথে যুক্ত -CH₃ মূলকের C-H বন্ধনের সিগমা (σ) ইলেক্ট্রনদ্বয় বেনজিন বলয়ে হাইপারকন্জুগেটিভ বা 'বন্ধনবিহীন' অনুরণন নামে এক বিশেষ অনুরণনে অংশগ্রহণ করে। যেমন,

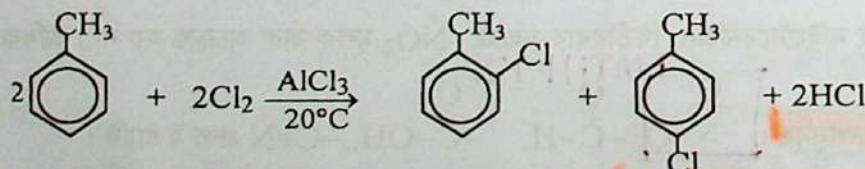


অনুরণনের ফলে হাইড্রিড গঠন, II, III ও IV এ অর্থো দুটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ঝণাত্বক চার্জ সৃষ্টি হয়েছে এবং এসব স্থানে ইলেক্ট্রোফাইল, নাইট্রেশনের বেলায় নাইট্রো (-NO₂) গ্রহণ সহজে আকৃষ্ট হয়। যেমন :

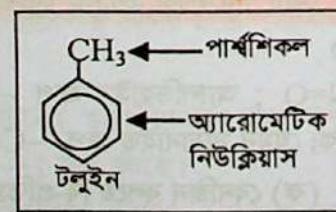
(১) **টলুইনে নাইট্রেশন** : বেনজিনের নাইট্রেশন তাপমাত্রার (60°C) তুলনায় নিম্ন তাপমাত্রায়, 30°C তাপমাত্রায় টলুইন বা মিথাইল বেনজিনের নাইট্রেশন করলে অর্থো নাইট্রো টলুইন ও প্যারা নাইট্রো টলুইন যৌগ দুটির মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



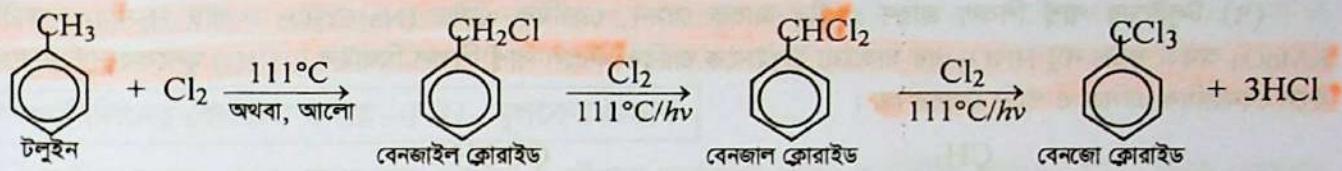
(২) **টলুইনে ক্লোরিনেশন** : হ্যালোজেন বাহক শক্ত AlCl₃, FeCl₃, আয়রন গুঁড়া বা আয়োডিনের গুঁড়ার উপস্থিতিতে কিন্তু সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে 20°C-এ টলুইন ও Cl₂ এর ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থোক্লোরো টলুইন, প্যারাক্লোরো টলুইন ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।



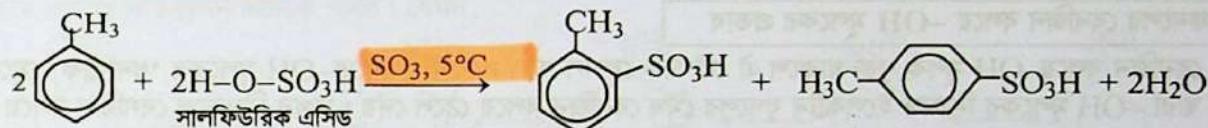
অপরদিকে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে অথবা ফুটস্ট টলুইনের সাথে 111°C-এ Cl₂ এর ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজমের মাধ্যমে টলুইনের পার্শ্ব শিকল মিথাইল মূলকে (-CH₃ এ) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারা যথাক্রমে বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজাল ক্লোরাইড এবং শেষে বেনজোক্লোরাইড ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।



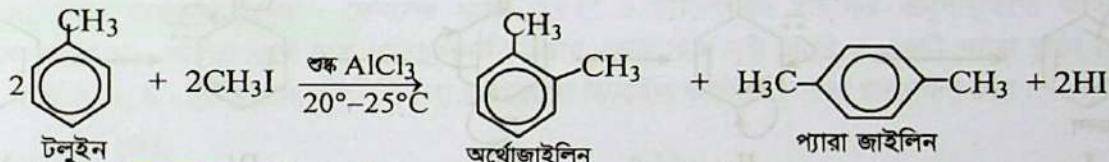
[জেনে নাও : বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত অ্যালকাইল মূলকটিকে অ্যারোমেটিক যৌগের পার্শ্ব শিকল বলে এবং পার্শ্ব শিকল বাদে অবশিষ্ট বেনজিনয়েড বলয়টিকে অ্যারোমেটিক নিউক্লিয়াস বলে।]



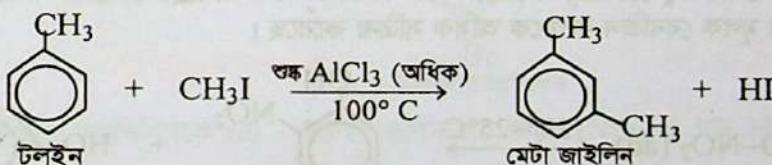
(৩) টলুইনে সালফোনেশন : ধূমায়িত H_2SO_4 এর সাথে টলুইন 5°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে অর্থে টলুইন সালফোনিক এসিড ও প্যারা টলুইন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন করে। কক্ষতাপমাত্রার নিচে বিক্রিয়া ঘটায় বেনজিনের চেয়ে টলুইন বেশি সক্রিয় হয়েছে বোঝায়।



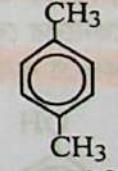
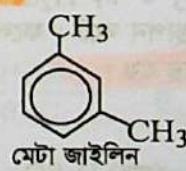
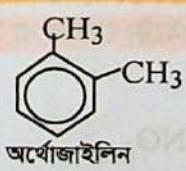
(৪) ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়া : শুষ্ক AlCl_3 এর উপস্থিতিতে কক্ষতাপমাত্রায় টলুইনের সাথে মিথাইল আয়োডাইডের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থে জাইলিন, প্যারা জাইলিন ও HI উৎপন্ন হয়।



(৫) মেটা জাইলিন প্রস্তুতি : অধিক পরিমাণ শুষ্ক AlCl_3 প্রভাবকের উপস্থিতিতে ও 100°C তাপমাত্রায় টলুইনের সাথে CH_3I এর প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় মেটাজাইলিন ও HI গ্যাস উৎপন্ন হয়।



* সুতরাং বেনজিনের দ্বি-প্রতিস্থাপিত যোগ যেমন ডাইমিথাইল বেনজিন $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, এর একই আণবিক সংকেত কিন্তু ভিন্ন গাঠনিক সংকেত যুক্ত নিম্নোক্ত তিনটি সমাগু আছে।

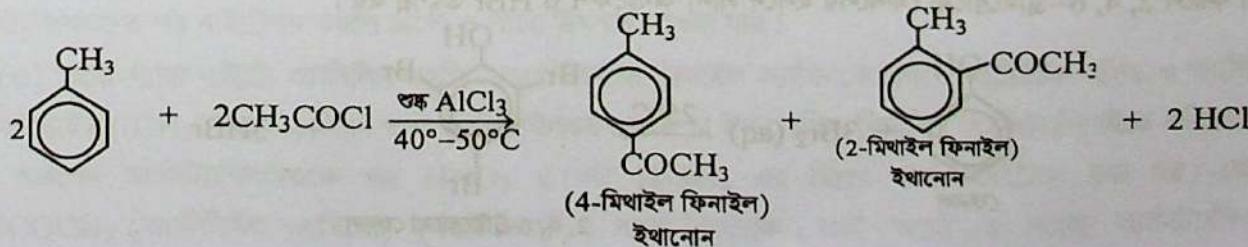


বা, ১, 2-ডাইমিথাইল বেনজিন

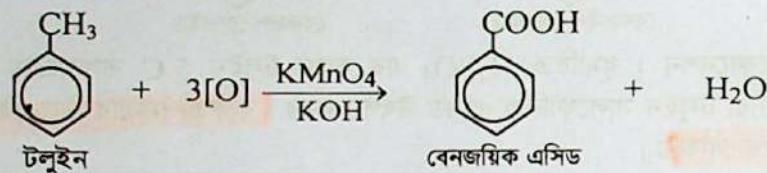
বা, ১, 3-ডাইমিথাইল বেনজিন

বা, ১, 4-ডাইমিথাইল বেনজিন

(৬) ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া : অনার্দ্র বা শুষ্ক AlCl_3 এর উপস্থিতিতে টলুইন ও অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (CH_3COCl) এর মিশ্রণকে $40^{\circ}-50^{\circ}\text{C}$ এ উত্তপ্ত করলে প্রধানত (4-মিথাইল ফিনাইল) ইথানোন বা, 4-মিথাইল অ্যাসিটোফেনোন ও 2-মিথাইল অ্যাসিটোফেনোন উৎপন্ন হয়।

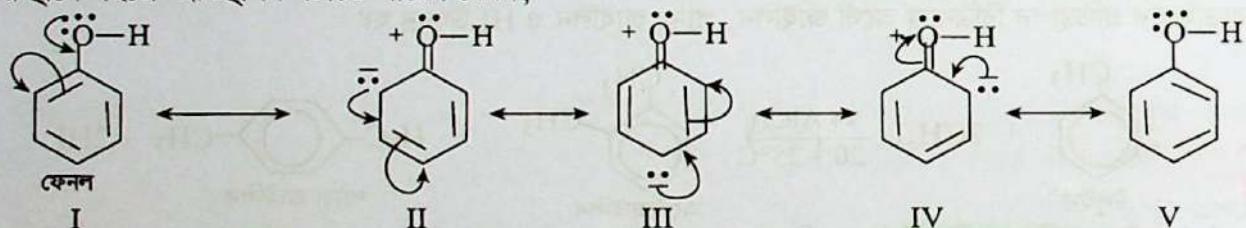


(৭) টলুইনের পার্শ্ব শিকল জারণ : তীব্র জারক যেমন, ক্রোমিক এসিড ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{গাঢ় H}_2\text{SO}_4$), ক্ষারীয় KMnO_4 অথবা ফুট্ট লঘু HNO_3 এর সাহায্যে টলুইনকে জারিত করলে পার্শ্ব শিকল মিথাইল (-CH₃) মূলকের পূর্ণ জারণের ফলে বেনজিয়িক এসিড ও পানি উৎপন্ন হয়।

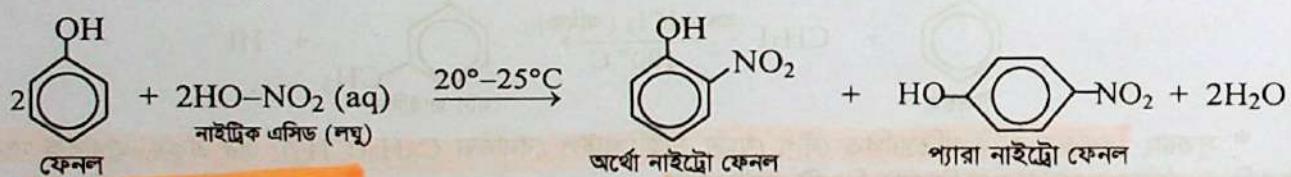


* ফেনলের বেনজিন বলয়ে -OH মূলকের প্রভাব

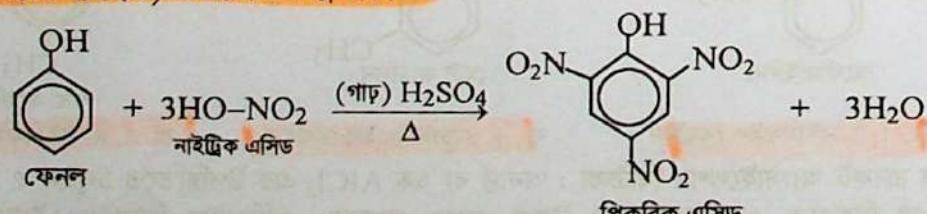
বেনজিন বলয়ে -OH মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যৌগকে ফেনল বলে। ফেনল অণুতে -OH মূলকের ‘ধনাত্মক মেসোমারিক ফল’ দ্বারা -OH মূলকের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের মেঘ বেনজিন বলয়ে ঠেলে দেয়। তখন নিম্নরূপে বেনজিন বলয়ে অনুবণ্ণ ঘটে। ফলে -OH মূলকের অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়; তখন আগমনকারী ইলেকট্রোফাইল ঐ সব সক্রিয় স্থানে সহজে প্রতিস্থাপন ঘটাতে পারে। যেমন,



(১) ফেনলে নাইট্রেশন : বেনজিনের নাইট্রেশন 60°C -এ গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে গাঢ় HNO_3 সহ ঘটলেও ফেনলের নাইট্রেশন 25°C -এ লঘু HNO_3 সহযোগে ঘটে। ফলে অর্থো নাইট্রো ও প্যারা নাইট্রো ফেনল সমান উৎপন্ন হয়। এতে প্রমাণিত হয় -OH মূলক বেনজিন বলয়কে অধিক সক্রিয় করেছে।

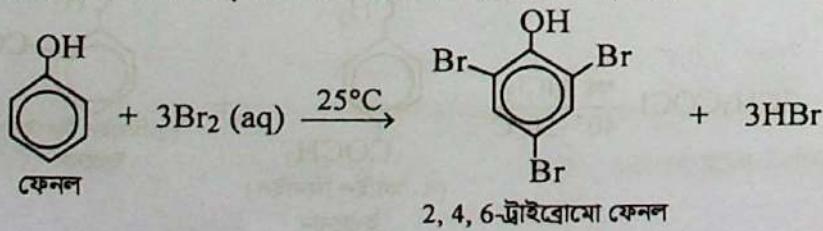


ফেনল থেকে পিকরিক এসিড : গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4 এর মিশ্রণের সাথে ফেনলের বিক্রিয়ায় এক সঙ্গে তিনটি নাইট্রো ফ্রপ দ্বারা ফেনলের বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন ঘটে। ফলে 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রো ফেনল বা পিকরিক এসিড (পোড়া তৃকে অ্যান্টিসেপ্টিকরূপে ব্যবহৃত) ও পানি উৎপন্ন হয়।



পিকরিক এসিড

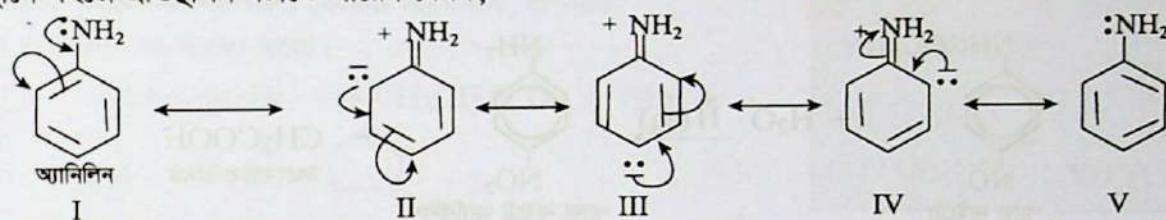
(২) ফেনলে হ্যালোজেনেশন : 25°C -এ হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে ফেনলের মধ্যে লাল বর্ণের Br_2 পানি যোগ করলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো ফেনলের হল্দে সাদা অধঃক্ষেপ ও HBr উৎপন্ন হয়।



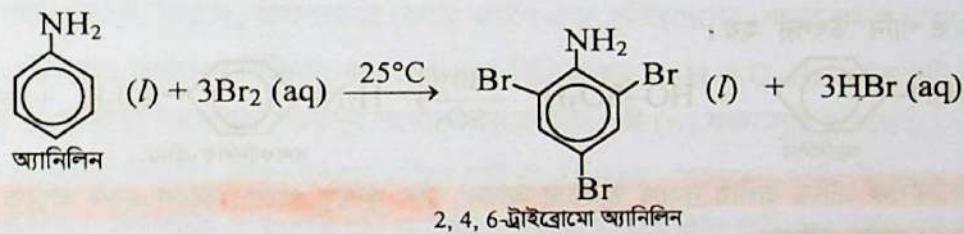
এক্ষেত্রে $-OH$ মূলক বেনজিন বলয়ে এর অর্থো ও প্যারা অবস্থানগুলোকে অধিক সক্রিয় করেছে প্রমাণিত হয়। তাই এ সব সক্রিয় স্থানে এক সঙ্গে Br_2 দ্বারা প্রতিস্থাপন ঘটেছে। এ বিক্রিয়ার সাহায্যে ফেনল শনাক্ত করা হয়।

* অ্যানিলিনের বেনজিন বলয়ে $-NH_2$ মূলকের প্রভাব

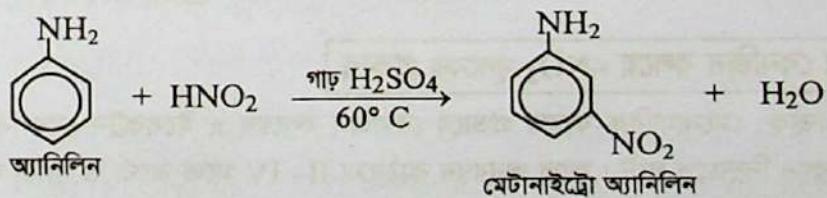
বেনজিন বলয়ে $-NH_2$ মূলক যুক্ত থাকলে ঐ যৌগকে অ্যানিলিন বলে। অ্যানিলিন অণুতে $-NH_2$ মূলক ‘ধনাত্মক মেসোমারিক ফল’ দ্বারা এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের মেঘ বেনজিন বলয়ে ঠেলে দেয়। তখন অনুরণন কাঠামো II – IV মতে অর্থো ও প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পেয়ে বেনজিন বলয় অধিক সক্রিয় হয়। আগমনকারী ইলেকট্রোফাইল এই সব সক্রিয় স্থানে সহজে প্রতিস্থাপন ঘটাতে পারে। যেমন,



(১) **অ্যানিলিনে হ্যালোজেনেশন :** ফেনলের মতো $25^{\circ}C$ -এ হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে অধিক সক্রিয় অ্যানিলিন লাল বর্ণের Br_2 পানির সাথে দ্রুত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে দুটি অর্থো ও একটি প্যারা স্থানে Br প্রবেশ করে, ফলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো অ্যানিলিন বা ট্রাইব্রোমো ফিনাইল অ্যামিনের সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।



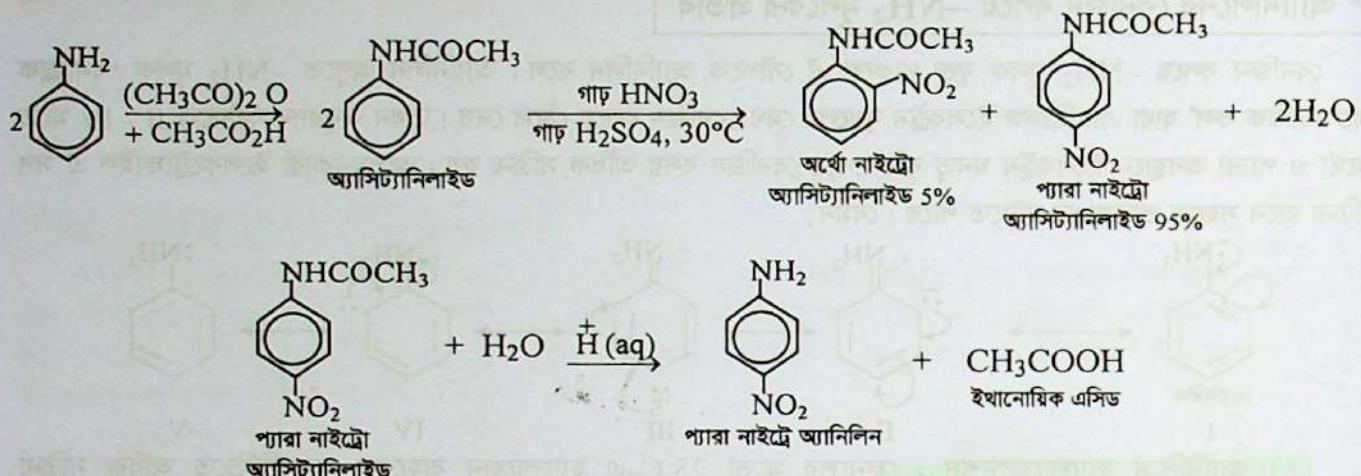
(২) **অ্যানিলিনে নাইট্রেশন :** অ্যানিলিনকে $60^{\circ}-70^{\circ}C$ তাপমাত্রায় গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করলে মেটানাইট্রো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।



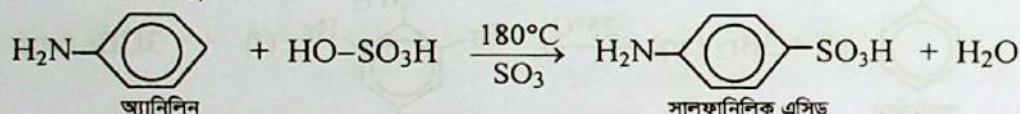
* অ্যামিনো মূলক ($-NH_2$) অর্থো-প্যারা নির্দেশক হলেও অ্যানিলিনে নাইট্রেশনের ক্ষেত্রে মেটা-অবস্থানে নাইট্রেশন ঘটার কারণ হলো, ক্ষারককর্ণী অ্যানিলিনের সঙ্গে এসিডের বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যানিলিনিয়াম আয়ন ($C_6H_5\overset{+}{NH}_3$) উৎপন্ন হয় এবং এটি মেটা নির্দেশক। তাই অ্যানিলিনের নাইট্রেশনে মেটানাইট্রো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। তবে অ্যামিনো মূলকে অ্যাসিটাইলকরণের পর নাইট্রেশন করলে অর্থো ও প্যারা উৎপাদ পাওয়া যায়।

(৩) **অর্থো-প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিন প্রস্তুতি :** অ্যানিলিন বা ফিনাইল অ্যামিনকে প্রথমে অ্যাসিটিক এসিড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড $[(CH_3CO)_2O]$ মিশ্রণ দ্বারা অ্যাসিটাইলকরণ করে N ইথানোয়িক ফিনাইল অ্যাসিট্যানিলাইডে পরিণত করা হয়। অতঃপর অ্যাসিট্যানিলাইডকে গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4 এর মিশ্রণ দ্বারা নাইট্রেশন করা হয়। যেহেতু $-NHCOCH_3$ (অ্যাসিটাইল অ্যামিনো) মূলকটি অর্থো ও প্যারা নির্দেশক; তাই অর্থো ও প্যারা অ্যাসিট্যানিলাইড

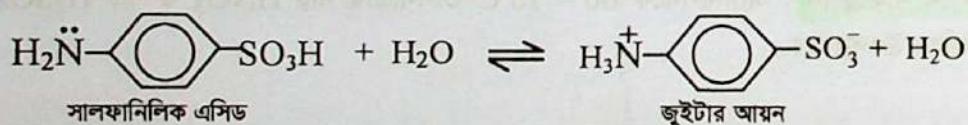
উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সমাগু দুটিকে পৃথক করে লঘু H_2SO_4 দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অর্থে নাইট্রো অ্যানিলিন এবং প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিন বা 4-নাইট্রো ফিনাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।



(8) অ্যানিলিনে সালফোনেশন : অ্যানিলিন বা ফিনাইল অ্যামিনকে SO_3 মিশ্রিত ধূমায়িত সালফিউরিক এসিডের সাথে $180^\circ - 200^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে উভয়ের বিক্রিয়ার ফলে 4-অ্যামিনো বেনজিন সালফোনিক এসিড বা সালফানিলিক এসিড ও পানি উৎপন্ন হয়।

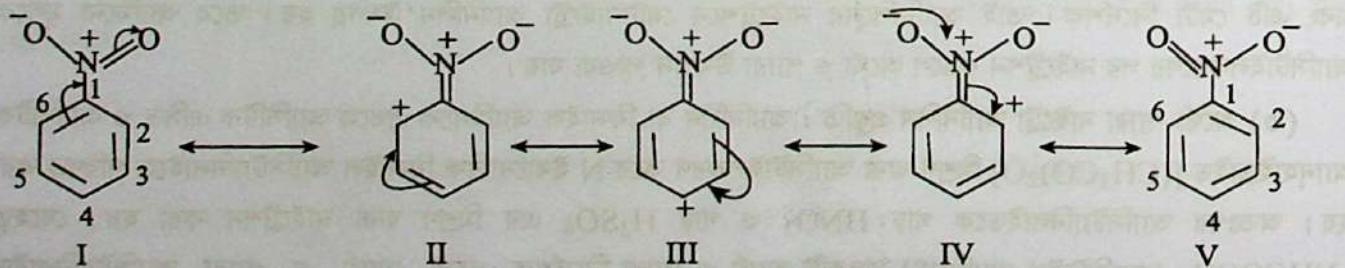


বৈশিষ্ট্য : সালফানিলিক এসিড জলীয় দ্রবণে 'জুইটার আয়ন' গঠন করতে পারে। কারণ একই অণুতে ক্ষারধর্মী $-NH_2$ মূলক ও অঙ্গীয় $-SO_3H$ মূলক বর্তমান।

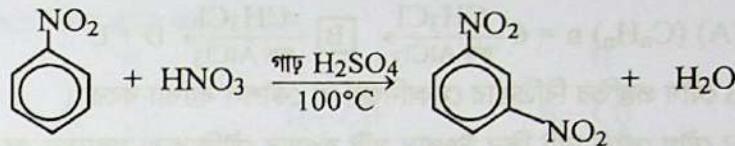


* নাইট্রো বেনজিনের বেনজিন বলয়ে $-NO_2$ মূলকের প্রভাব

নাইট্রো মূলকের ঝণাঝক মেসোমারিক ফলের প্রভাবে বেনজিন বলয়ের π ইলেক্ট্রন মেঘ নিজের দিকে টেনে নেয়। তখন বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে। ফলে অনুরণন কাঠামো II–IV মতে অর্থে ও প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব হ্রাস পায়; অর্থাৎ বেনজিন বলয়টি কিছুটা নিক্রিয় হয়। তখন তুলনামূলকভাবে মেটা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেশ থাকে। তাই ইলেক্ট্রোফাইল উক্ত মেটা স্থানে প্রতিস্থাপন ঘটাতে পারে।

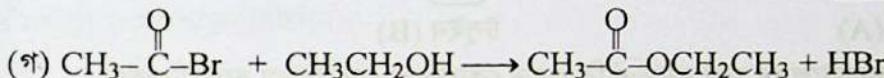
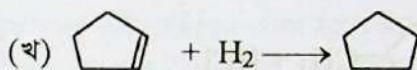


যেমন, বেনজিনকে 60°C -এ নাইট্রেশন করলে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু নাইট্রোবেনজিনকে 100°C -এ নাইট্রেশন করলে 1, 3-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। এতে প্রমাণিত হয় বেনজিনের চেয়ে নাইট্রোবেনজিন কম সক্রিয় হয়েছে।



সমাধানকৃত সমস্যা-২.৮ : জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণি শনাক্তকরণ :

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



MCQ-2.15 : বেনজিন থেকে
কোনটি কম সক্রিয় ?

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

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

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

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

(খ) এটি হলো সংযোজন বিক্রিয়া; কারণ উৎপাদ যৌগে দুটি C-H বন্ধন বেড়েছে। অর্থাৎ উৎপাদে C পরমাণুর সাথে
যুক্ত পরমাণু সংখ্যা বেড়েছে। দ্বিবন্ধনের π বন্ধনটি দুটি O বন্ধনে পরিণত হয়েছে এবং পাই (π) বন্ধন দূর হয়েছে।

(গ) এটি হলো প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া; কারণ বিক্রিয়কের C-Br বন্ধনটি উৎপাদে C-O বন্ধনে পরিণত হয়েছে। অর্থাৎ
C-পরমাণুর সাথে বিক্রিয়ক ও উৎপাদে সমান সংখ্যক পরমাণু বন্ধনযুক্ত আছে।

শিক্ষার্থীর কাজ-২.১১ : বেনজিন বলয়ে বহু প্রতিস্থাপনভিত্তিক বিক্রিয়া :

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

(ক) $\text{Br}_2, \text{FeBr}_3$; (খ) গাঢ় HNO_3 ; গাঢ় H_2SO_4 ; (গ) $\text{CH}_3\text{Br}, \text{AlBr}_3$

সমস্যা-২.১৯ : টলুইনের সাথে Br_2 (FeBr_3) এর বিক্রিয়ায় তিনটি দ্বি-প্রতিস্থাপিত উৎপাদ পাওয়া যায়। প্রত্যেক উৎপাদের^{গাঠনিক সংকেত ও IUPAC নাম লেখ।}

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

(ক) বিউচিন-2 ও Cl_2 এর যুক্ত বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ :

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

(গ) $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}$ থেকে H_2O অপসারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

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

সমস্যা - ২.২১ : ওজেনোলাইসিস ধারা কার্বন শিকলে পাই (π) বন্ধনের অবস্থান নির্ণয় সমীকরণের মাধ্যমে বোঝাও।

সমাধানকৃত সমস্যা-২.৯ : বেনজিন সংশ্লিষ্ট রসায়ন :

নিচের উদ্দীপক মতে সংশ্লিষ্ট সমস্যা সমাধান করো :

[ঘ. বো. ২০১৬]

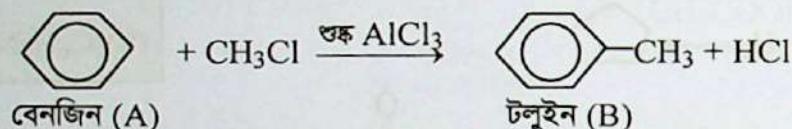
$$\text{অ্যারোমেটিক যোগী (A) } (C_nH_n) n = 6 \xrightarrow{\text{CH}_3\text{Cl, তৎক্ষণাৎ AlCl}_3} \boxed{B} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{Cl, তৎক্ষণাৎ AlCl}_3} D + E$$

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

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

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

উদ্বিগ্ন মতে, C_nH_n সংকেতবুক্ত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনটি হলো ছয় কাৰ্বন ($n = 6$) বিশিষ্ট বেনজিন C_6H_6 । বেনজিন শুষ্ক $AlCl_3$ (লুইস এসিড) এর উপস্থিতিতে CH_3Cl এর সাথে ইলেক্ট্ৰোফিলিক প্ৰতিস্থাপন বিক্ৰিয়ায় টুলুইন উৎপন্ন কৰে। যেমন,

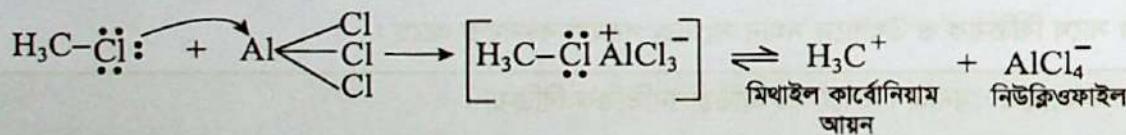


এ বিক্রিয়াকে ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বলা হয়। এ বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম হলো নিম্নরূপ :

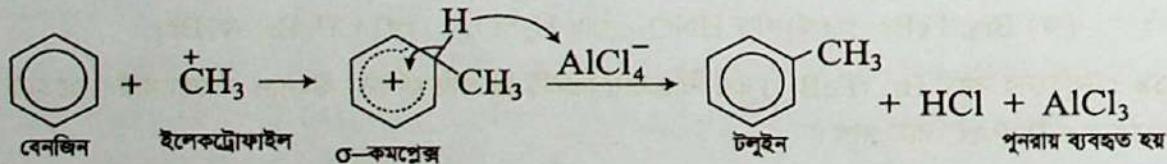
ফিল্ডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়াটি হলো বেনজিন চক্রে ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

- (১) তাই প্রথম ধাপে ইলেকট্রোফাইল মিথাইল কার্বনিয়াম (CH_3^+) আয়ন বিক্রিয়া পরিবেশে মিথাইল ক্লোরাইড (CH_3Cl) থেকে শুক AlCl_3 -এর (লুইস এসিড) প্রভাবে উৎপন্ন হয়।
- (২) দ্বিতীয় ধাপে এ কার্বনিয়াম আয়ন বেনজিনয়েড বলয়ের π ইলেক্ট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সিগমা কমপ্লেক্স গঠন করে।
- (৩) শেষ ধাপে বিক্রিয়া পরিবেশে থাকা নিউক্লিওফাইল (AlCl_4^-) এর সংস্পর্শে σ কমপ্লেক্স থেকে একটি প্রোটন (H^+) অপসারিত হয়ে উৎপাদ যৌগ টলাইন সৃষ্টি হয়। যেমন,

(i) इलेक्ट्रोफाइल व निउक्रिओफाइल सृष्टि :



(ii) ইলেকট্রোফাইল দ্বারা বেনজিনয়েড বলয়ে ৫ কমপ্লেক্স গঠন এবং শেষে ট্যুইন উৎপন্ন হয় :

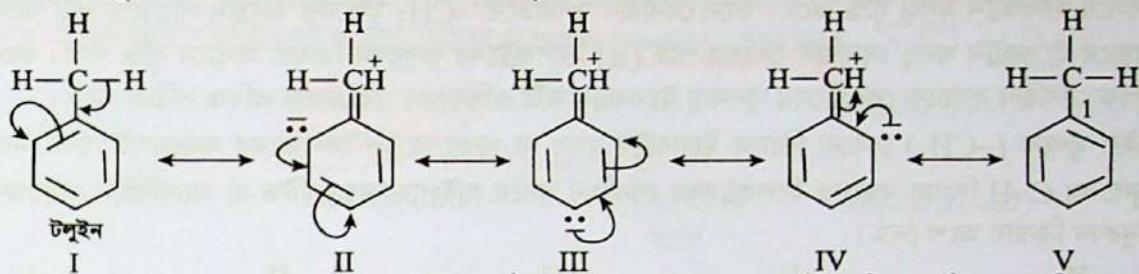


সমাধান : (খ) B যৌগ (টলুইন) থেকে পুনরায় শক্ত AlCl_3 এর উপস্থিতিতে CH_3Cl এর সাথে ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন দ্বারা দুটি ভিন্ন সমাগু সৃষ্টি হয়। এ সমাগু দুটি হলো D ও E।

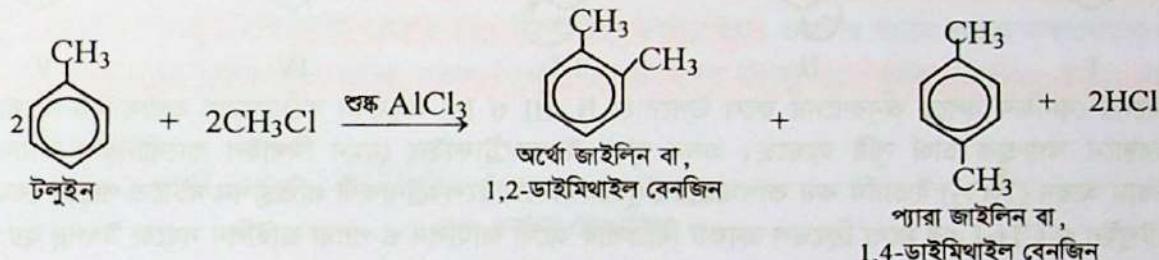
দুটি ভিন্ন উৎপাদ D ও E উৎপন্ন হওয়ার কারণের ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

B যোগ টলুইনের গঠনে বেনজিন বলয়ে পার্শ্বশিকলকৃপে মিথাইল ($-CH_3$) মূলক যুক্ত আছে। এ মিথাইল মূলকটি এর ইলেক্ট্রন বিকর্ষী প্রভাব বা ধনাত্মক আবেশীয় ফল দ্বারা বেনজিন বলয়ে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে বেনজিন বলয়টিতে মিথাইল মূলকের অবস্থান সাপেক্ষে দৃটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ইলেক্ট্রন ঘনত্ব বেনজিন বলয়ের পাই (π) ইলেক্ট্রনের অনুরণন ক্রিয়ার মাধ্যমে বৃদ্ধি পায়। মিথাইল ($-CH_3$) মূলকের প্রভাবে বেনজিন বলয়ে অনুরণন নিম্নরূপে ঘটে।

মিথাইল মূলকে (-CH₃) কোনো নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল না থাকা সত্ত্বেও বেনজিনের কনজুগেট দ্বিবন্ধনের সাথে যুক্ত -CH₃ মূলকের C-H সিগ্মা বন্ধনের (σ) ইলেকট্রনদ্বয় বেনজিন বলয়ে হাইপার কনজুগেটিভ বা বন্ধনবিহীন অনুরণন নামে এক বিশেষ অনুরণন ক্রিয়ায় অংশ হৃৎ করে। যেমন,



বেনজিন বলয়ে অনুরণনের ফলে উপরোক্ত হাইড্রিড গঠন II, III ও IV এ অর্থাৎ দুটি অর্ধে ও একটি প্যারা অবস্থানে ঝণাত্রক চার্জ সৃষ্টি হয়েছে। এসব স্থানে ইলেক্ট্রোফাইল মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন (CH_3^+) সহজেই আকৃষ্ট হয়ে অর্ধে ও প্যারা অবস্থানে ঘূর্ণ হয়ে থাকে। এরূপে ডাইমিথাইল বেনজিনের দুটি সমাপুর্ণ সৃষ্টি হয়। একটি হলো অর্ধে জাইলিন এবং অপর সমাগৃটি হলো প্যারা জাইলিন।



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

[ତାରିଖ ୨୦୧୭]

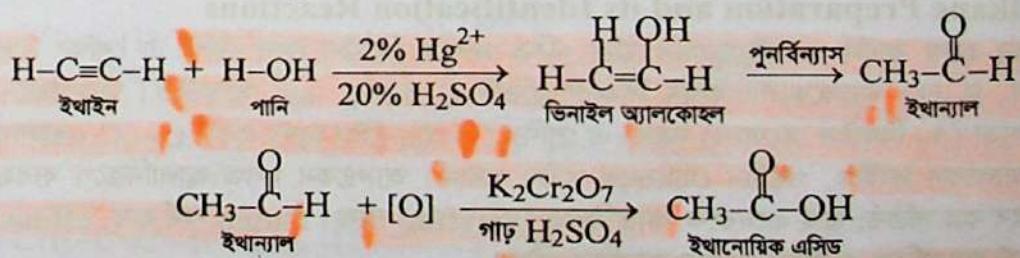
(ক) উদ্বিপক্ষের ‘A’ যোগ থেকে কীরণে কার্বন্যুলিক এসিড প্রস্তুত করা যায়, তা সমীকরণসহ লেখ।

(খ) উদ্দিপকের ‘B’ যৌগ ও ‘C’ যৌগের মধ্যে কোনটি ইলেক্ট্রনাকষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় তা বিশ্লেষণ করো।

সমাধান : (ক) উদ্বীপকের ক্রমপরিবর্তন অনুসারে 'C' হলো ট্লুইন, 'B' হলো বেনজিন এবং 'A' হলো ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন ($\text{CH} \equiv \text{CH}$)।

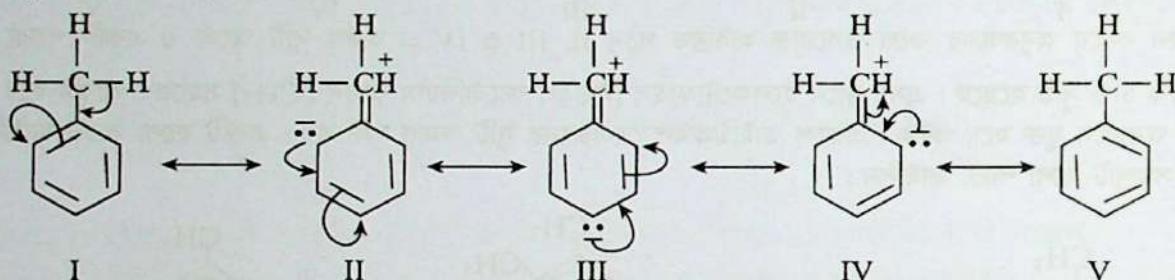
‘A’ ঘোগ বা অ্যাসিটিলিন ($\text{CH} \equiv \text{CH}$) থেকে কার্বনিলিক এসিড পদ্ধতি :

আমরা জানি, অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন ($\text{CH}\equiv\text{CH}$) এর সাথে পানি সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ইথান্যল (CH_3-CHO) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন CH_3-CHO কে শক্তিশালী জারক পদার্থ ক্রোমিক এসিড (গাঢ় H_2SO_4 + $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) মিশ্রণ দ্বারা উত্পন্ন করলে CH_3-CHO জারিত হয়ে ইথানোয়িক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন করে।



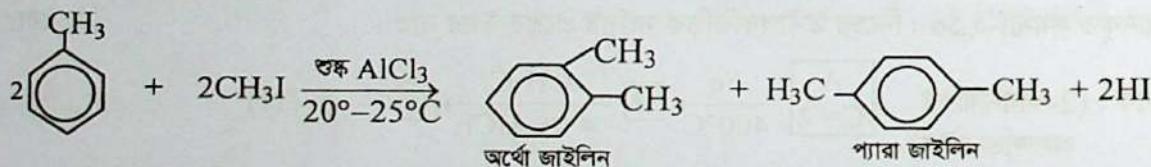
সমাধান : (ৰ) 'B' যোগটি হলো বেনজিন (C_6H_6) এবং 'C' যোগটি হলো টলুইন ($C_6H_5-CH_3$)। ইলেকট্রনাকৰ্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিন অপেক্ষা টলুইন অধিক সক্রিয়। কারণ টলুইনের গঠনে বেনজিন বলয়ে পার্শ্বশিকলরূপে মিথাইল ($-CH_3$) মূলক যুক্ত আছে। এ মিথাইল মূলকটি এর ইলেকট্রন বিকৰ্ষী প্রভাব বা ধনাত্মক আবেশীয় ফল দ্বারা বেনজিন বলয়ে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে বেনজিন বলয়টিতে $-CH_3$ মূলকের অবস্থান সাপেক্ষে দুটি অর্থো ও একটি প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বেনজিন বলয়ের পাই (π) ইলেকট্রনের অনুরণন ক্রিয়ার মাধ্যমে বৃদ্ধি পায়। ফলে টলুইনের $-CH_3$ মূলক বেনজিন বলয়কে বেনজিনের তুলনায় ইলেকট্রনাকৰ্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় করে।

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

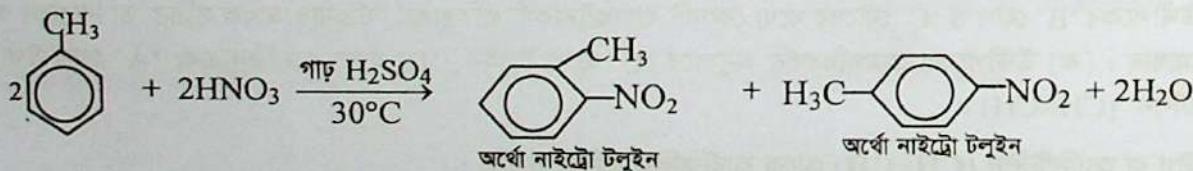


টুইনের বেনজিন বলয়ে অনুরণনের ফলে উপরোক্ত II, III ও IV অনুরণন কাঠামোতে অর্থাৎ দুটি অর্ধে ও একটি প্যারা অবস্থানে ঝণাত্তক চার্জ সৃষ্টি হয়েছে। এসব স্থানে ইলেক্ট্রোফাইল যেমন মিথাইল কার্বনিয়াম আয়ন (CH_3^+), নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^+) ইত্যাদি কম তাপমাত্রায় টুইনে সহজে ইলেক্ট্রনাকষী প্রতিস্থাপন ঘটাতে পারে। যেমন,

(i) ଟଲୁଇନ ଓ CH_3I ଏର ମଧ୍ୟେ ଫିଡେଲ କ୍ରାଫ୍ଟ ବିକ୍ରିଯାୟ ଅର୍ଥୋ ଜାଇଲିନ ଓ ପ୍ଯାରା ଜାଇଲିନ ସହଜେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।



(ii) বেনজিনের নাইট্রেশন 60°C এ ঘটে। কিন্তু অধিক সক্রিয় টলুইনের নাইট্রেশন নিম্নতাপমাত্রায় 30°C - এ ঘটে।



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

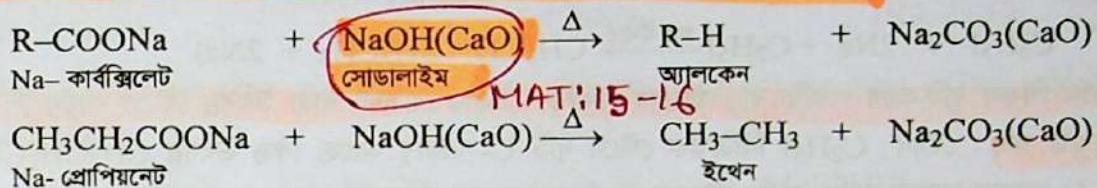
২.১১ অ্যালকেন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

Alkane Preparation and its Identification Reactions

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

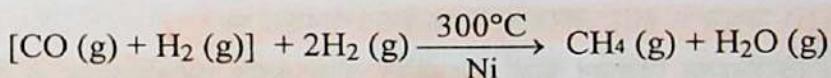
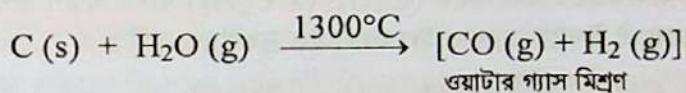
অ্যালকেনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Preparation of R-H)

১। কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ থেকে : কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণ ও সোডালাইম ($\text{NaOH} + \text{CaO}$) এর মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে ডিকার্বক্সিলেশন (Decarboxylation) প্রক্রিয়ায় **অ্যালকেন** ও Na_2CO_3 উৎপন্ন হয়। সোডালাইমসহ ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়াকে ডুমা বিক্রিয়া (Duma reaction) বলা হয়। DAT: ১৭-২০

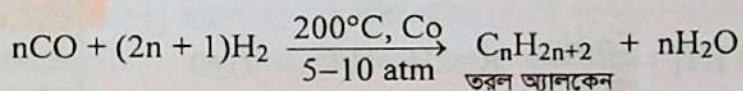


দ্রষ্টব্য : কার্বন শিকল হ্রাসকরণ পদ্ধতি বা, অবরোহ পদ্ধতি : ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়া দ্বারা কার্বন শিকলে কার্বন-পরমাণু সংখ্যা হ্রাস পায়। যেমন, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ যৌগে C-পরমাণুর সংখ্যা হলো তিনটি; কিন্তু উৎপন্ন CH_3-CH_3 অণুতে C-পরমাণুর সংখ্যা হলো দুটি অর্থাৎ এ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগে বিক্রিয়কের চেয়ে একটি C-পরমাণু হ্রাস পেয়েছে।

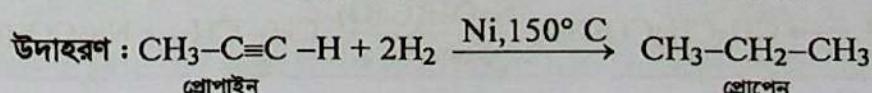
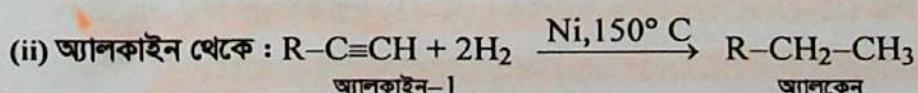
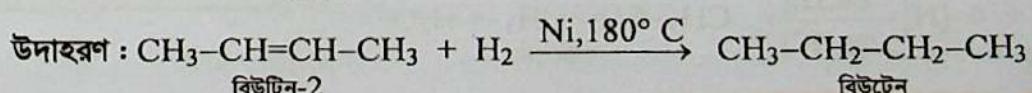
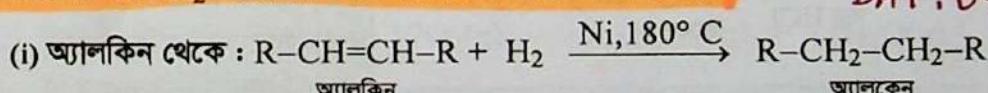
২। কয়লা থেকে মিথেন উৎপাদন : লোহিত তঙ্গ পাউডার কয়লা বা কোক কয়লার মধ্যে $1300^{\circ} - 1400^{\circ}\text{C}$ এ স্টিম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস বা সমমোলার CO ও H_2 গ্যাস মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ওয়াটার গ্যাসে আরো সমায়তন H_2 গ্যাস মিশিয়ে 300°C -এ Ni প্রভাবকের ওপর চালনা করলে মিথেন ও পানি বাস্প উৎপন্ন হয়। কুলিং পদ্ধতিতে CH_4 পৃথক করা যায়।



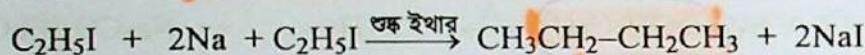
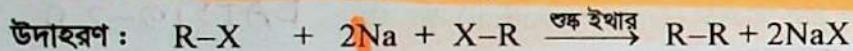
৩। পেট্রোল সংশ্রেষণ (Petrol Synthesis) : কার্বন মনোক্সাইড ও H_2 গ্যাস থেকে কৃত্রিম উপায়ে পেট্রোল উৎপাদন করা যায়। প্রায় 200°C তাপমাত্রায় উত্পন্ন কোবাল্ট প্রভাবকের ওপর দিয়ে 5-10 atm চাপে CO গ্যাস ও H_2 গ্যাস মিশ্রণকে চালনা করলে তরল হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। লোহিত তঙ্গ কোক কার্বনের মধ্যে স্টিম চালনা করে প্রয়োজনীয় CO ও H_2 গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। [এ বিক্রিয়াটি CH_4 উৎপাদনের অনুরূপ]



৪। অ্যালকিন ও অ্যালকাইন থেকে : প্রায় $150^{\circ} - 200^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় Ni প্রভাবকের উপরিতে অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের সাথে H_2 সংযোজন দ্বারা অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়। DAT: 09-10



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

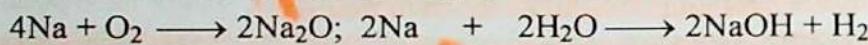


দ্রষ্টব্য : কার্বন শিকল বৃদ্ধির পদ্ধতি বা, আরোহ পদ্ধতি : উর্জ বিক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন যৌগে কার্বন শিকলে C-পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। যেমন, C_2H_5I বিক্রিয়ক যৌগে দুটি C-পরমাণু আছে; কিন্তু উৎপন্ন $CH_3CH_2CH_2CH_3$ [বিডটেনে] চারটি C-পরমাণু হয়েছে অর্থাৎ কার্বন শিকলে C-পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়েছে।

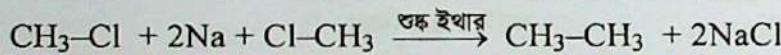
* জেনে নাও : উর্জ বিক্রিয়ায় শুষ্ক ইথার ব্যবহৃত হয় কেন?

[রা. বো. ২০১৯]

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

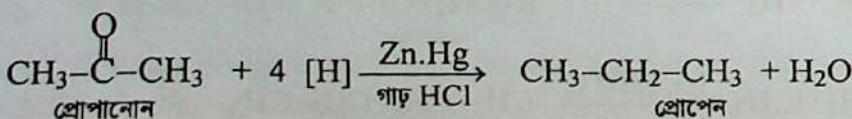
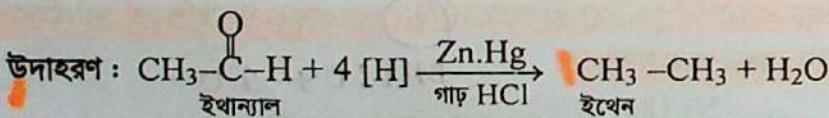
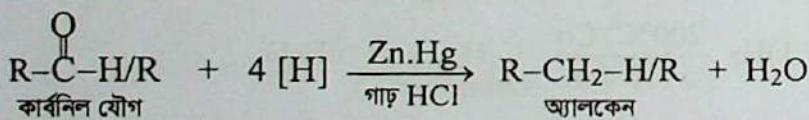


তাই এমন একটি দ্রাবক বা মাধ্যম ব্যবহার করতে হবে, যাতে Na ধাতু ঐ মাধ্যম বা দ্রাবকের সাথে যেন বিক্রিয়া না করে। সক্রিয় H পরমাণুবিহীন পোলার তরল মাধ্যমরূপে শুষ্ক ইথার ($C_2H_5-O-C_2H_5$) হলো এরূপ উপযুক্ত দ্রাবক। শুষ্ক ইথার Na ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে না। অধিকন্তু ঐ ইথারে অ্যালকাইল হ্যালাইড দ্রবণীয়ও বটে।



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

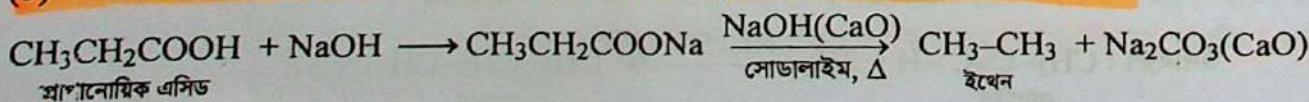
৬। কার্বনিল যোগ থেকে : ক্রিমেনসেন বিজ্ঞারণ দ্বারা : কার্বনিল যোগ অর্থাৎ অ্যালডিহাইড ও কিটোনকে জিঙ্ক-অ্যামালগাম ($Zn.Hg$) ও গাঢ় HCl হতে উৎপন্ন জায়মান H-পরমাণু দ্বারা বিজ্ঞারিত করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়। এক্ষেত্রে দ্বিযোজী কার্বনিল মূলক ($-CO-$) সরাসরি মিথিলিন মূলকে ($-CH_2-$) পরিণত হয়। এ বিক্রিয়াকে ক্রিমেনসেন বিজ্ঞারণ বলা হয়।



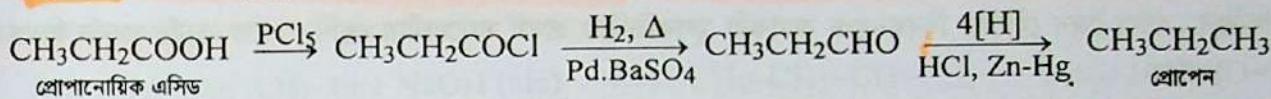
MCQ-2.16 : কোন বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড মূলক মিথিলিন মূলকে পরিণত হয়?
 (ক) ডিকার্বক্সিলেশনে
 (খ) উর্জ বিক্রিয়ায়
 (গ) ক্রিমেনসেন বিজ্ঞারণে
 (ঘ) প্রিগনার্ড বিকারক দ্বারা

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

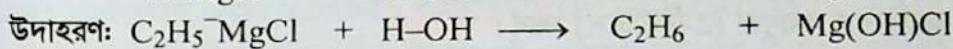
(১) কার্বন শিকল হ্রাস পদ্ধতি : সোডালাইমসহ ($NaOH.CaO$) ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়া দ্বারা :



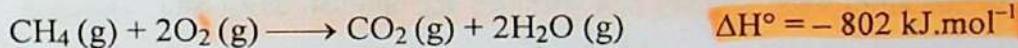
(২) কার্বন শিকল ছির বা সংরক্ষণ পদ্ধতি : কার্বক্সিলিক এসিড ($R-COOH$) থেকে যথাক্রমে (i) PCl_5 দ্বারা এসিড ক্লোরাইড ($R-CO\cdot Cl$), (ii) রোজেনমুড (আংশিক) বিজারণ [$H_2 + Pd\cdot BaSO_4$] দ্বারা অ্যালডিহাইড ($R-CHO$), এবং শেষে (iii) ক্লিমেনসেন (পূর্ণ) বিজারণ [গাঢ় $HCl + Zn\cdot Hg$] দ্বারা সমসংখ্যক C-পরমাণুক্ত অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



৭। ট্রিগ্নার্ড বিকারক থেকে অ্যালকেন : ট্রিগ্নার্ড বিকারক ($RMgX$) এর সাথে পানিসহ আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।



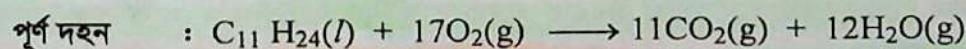
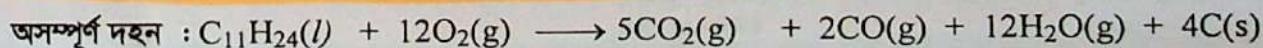
অ্যালকেনের বিক্রিয়া (Reactions of Alkanes) : অ্যালকেন কম সক্রিয়; তাই এদেরকে প্যারাফিন বলে। অ্যালকেনসমূহ এসিড, ক্ষার ও সাধারণ বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে না। তবে অক্সিজেন ও হ্যালোজেনের সাথে অ্যালকেন বিক্রিয়া করে। মোটর ইঞ্জিন ও চুল্লিতে দহনকালে অ্যালকেন জারিত হয়ে CO_2 , পানিবাস্প ও তাপ উৎপন্ন করে। যেমন,



বোতল গ্যাস প্রোপেন, মোটর জ্বালানিরপে ব্যবহৃত পেট্রোল বা গ্যাসোলিন (C_5-C_{11} , b.p. $35^\circ-175^\circ\text{C}$ অ্যালকেন) ও এরোপ্রেনের জ্বালানি কেরোসিন ($C_{11}-C_{14}$, b.p. $175^\circ-275^\circ\text{C}$ অ্যালকেন) প্রতি ক্ষেত্রে একই দহন বিক্রিয়া ঘটে। তবে দহন তাপের পরিমাণ ভিন্ন হয়। জাপানি টয়োটা মোটর কারে ব্যবহৃত 'অকটেন' জ্বালানি হলো মূলত 125°C স্ফুটনাক্ষ বিশিষ্ট 10% n-হেক্টেন ও 90% iso-অকটেন। iso-অকটেনের সংকেত ও IUPAC নাম হলো 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেটেন [$CH_3C(CH_3)_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$] এর মিশ্রণ। বিশুদ্ধ iso-অকটেনের অকটেন নাম্বার-100 ধরে এ মিশ্রণের অকটেন নাম্বার- 90 ধরা হয়।

অ্যালকেনের শনাক্তকারী বিক্রিয়া (Alkane Identification)

অ্যালকেন সম্পূর্ণ যৌগ; কার্যকরী মূলকের সারণি ২.৫ মতে অ্যালকেনে কোনো নির্দিষ্ট কার্যকরী মূলক নেই। অ্যালকেনের কার্বন শিকল কেবল সিগমা (σ) বন্ধন ($C-C$) দ্বারা গঠিত। অগ্নি সংযোগে অ্যালকেন প্রচুর কার্বনের কালি সৃষ্টি করে জ্বলতে থাকে। এটি হলো পর্যাপ্ত O_2 এর অভাবে অ্যালকেনের অসম্পূর্ণ দহন। এতে CO_2 , পানিবাস্প, বিষাক্ত CO ও কার্বনের গুঁড়া থাকে। অ্যালকেনের পূর্ণদহনে CO_2 , পানিবাস্প ও প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়।



শিক্ষার্থীর কাজ-২.১২ : অ্যালকেন প্রস্তুতি ও এদের বিক্রিয়াত্তিক :

সমস্যা-২.২২ : 2-মিথাইল প্রোপেন ও O_2 এর বিক্রিয়ায় তোমার ধারণা মতে উৎপন্ন সম্ভাব্য যৌগসহ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি লেখ।

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

২.১১.১ অ্যালকিন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

Alkene Preparation and its Identification Reactions

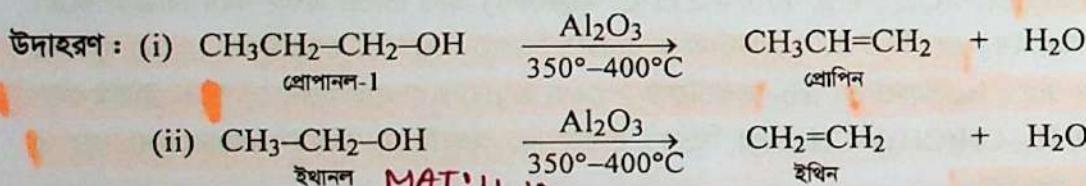
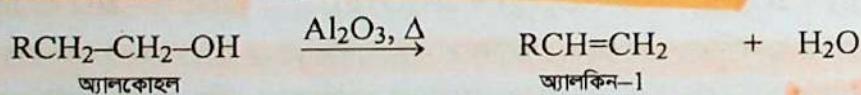
একক দ্বিবন্ধনযুক্ত মূলক শিকল হাইড্রোকার্বনসমূহ হলো অ্যালকিন (alkene)। অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n} ।

- * অ্যালকিন হলো জৈব যৌগের দ্বিবন্ধনযুক্ত কার্যকরী মূলকভিত্তিক প্রথম সমগোত্রীয় শ্রেণি। এতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($C=C$) থাকে।
- * দ্বিবন্ধনযুক্ত দ্বিতীয় কার্যকরী মূলক হলো কার্বনিল মূলক ($C=O$), যা অ্যালডিহাইড ও কিটোনে আছে।
- * দ্বিবন্ধনযুক্ত অ্যালকিনের পাই (π) বন্ধনে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন ঘটে।
- * কিন্তু $C=O$ মূলকের π বন্ধনে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন ঘটে।
- * অ্যালকিনে অবস্থান সমাপ্তা ও জ্যামিতিক সমাপ্তা (2-বিউটিনে) সম্ভব।

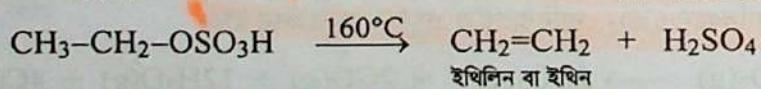
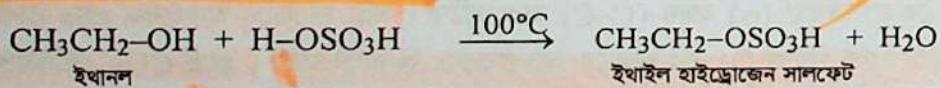
অ্যালকিনের C_2-C_4 সদস্য হলো গ্যাস, C_5-C_{15} সদস্যগুলো তরল এবং C_{16} থেকে অন্য সদস্যসমূহ কঠিন। পলিমার শিল্পে **প্রাস্টিক ও কৃত্রিম সূতা** তৈরিতে অ্যালকিন ব্যবহৃত হয়। **MAT: ০৯-১০**

অ্যালকিনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Methods of Alkene Preparation)

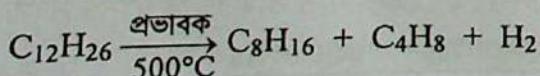
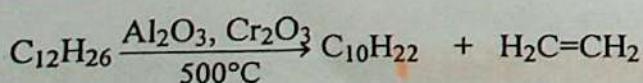
১। অ্যালকোহলের প্রভাবকীয় নিরুদ্ধন : প্রায় $350^{\circ}-400^{\circ}C$ -এ উত্পন্ন অ্যালুমিনা (Al_2O_3) গুঁড়ার ওপর দিয়ে অ্যালকোহলের বাস্পকে চালনা করলে এক অণু পানি অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



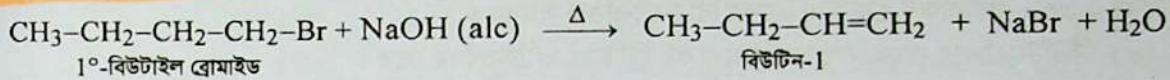
এছাড়া তরল নিরুদ্ধক গাঢ় (H_2SO_4) এর দুই আয়তন এবং ইথানলের এক আয়তনের মিশ্রণকে $160^{\circ}-170^{\circ}C$ তাপমাত্রায় উত্পন্ন করলে প্রথমে $100^{\circ}C$ -এ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট এবং পরে $160^{\circ}C$ এর ওপরে ঐ উৎপন্ন যোগাটি বিযোজিত হয়ে ইথিন বা ইথিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ইথানলের নিরুদ্ধন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



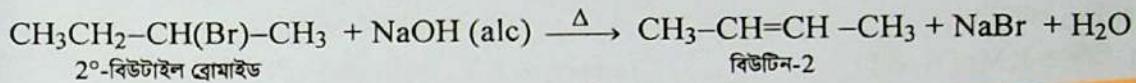
২। পেট্রোলিয়াম থেকে অ্যালকিন : পেট্রোকেমিক্যাল শিল্পে ব্যবহৃত অনেক অ্যালকিন পেট্রোলিয়াম থেকে প্রাপ্ত উচ্চতর অ্যালকিনের প্রভাবকীয় বিযোজন দ্বারা উৎপন্ন করা হয়। যেমন পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত কেরোসিনের অন্যতম উপাদান ডোডেকেন ($C_{12}H_{26}$) কে Al_2O_3 ও Cr_2O_3 প্রভাবক মিশ্রণের উপস্থিতিতে $500^{\circ}C$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



৩। অ্যালকাইল হ্যালাইড বা হ্যালো অ্যালকেন থেকে : HX অপসারণ দ্বারা : অ্যালকাইল হ্যালাইড বা হ্যালো অ্যালকেনকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত NaOH অথবা KOH এর গাঢ় দ্রবণসহ উত্তে করলে পাশাপাশি দুই কার্বন থেকে HX অপসারণে পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে। 1° -অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে অ্যালকিন-১ এবং 2° -অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে অন্য সব অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

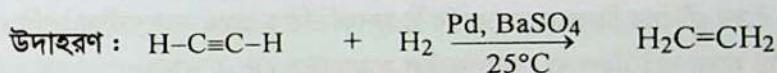
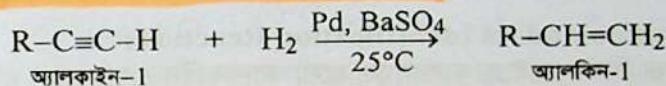


বিউটিন-১



বিউটিন-২

৪। অ্যালকাইন থেকে অ্যালকিন : প্যালাডিয়াম (Pd) ও BaSO_4 এর মিশ্র প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন ও H_2 গ্যাসের সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত BaSO_4 প্রভাবক-বিষরণে Pd এর প্রভাবন ক্ষমতা হাস করে অ্যালকাইনের সংযোজন বিক্রিয়াকে প্রথম ধাপ পর্যন্ত নিয়ন্ত্রিত করে। যেমন,

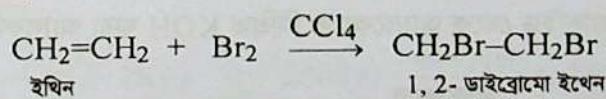


অ্যালকিনের শনাক্তকারী বিক্রিয়া : অসম্পৃক্ততা পরীক্ষা (Unsaturation Test)

অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ ও অসম্পৃক্ততা : কোনো জৈব যৌগে কার্বন-কার্বন π বন্ধন থাকলে ঐ যৌগকে অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ বলে। যেমন, ইথিন ($\text{H}_2\text{C=CH}_2$), ইথাইন ($\text{HC}\equiv\text{CH}$) ইত্যাদি।

জৈব যৌগে কার্বন-কার্বন π বন্ধনের উপস্থিতিজনিত ধর্মাবলিকে জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততা বলে। জৈব যৌগে অসম্পৃক্ততা নির্ণয়ের জন্য ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা ও বেয়ার পরীক্ষা রয়েছে।

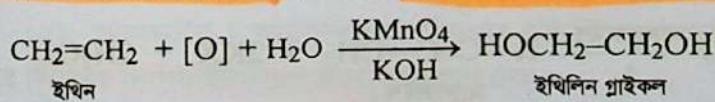
(১) জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততা পরীক্ষা : ব্রোমিন (Br_2) দ্রবণসহ : গাঢ় লাল বর্ণের তরল ব্রোমিনকে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4)-এ দ্রবীভূত করে ৫% দ্রবণ তৈরি করা হয়। কোনো জৈব যৌগের সঙ্গে ব্রোমিনের লাল দ্রবণ মিশানোর পর যদি ব্রোমিনের লাল বর্ণ সঙ্গে সঙ্গে দূরীভূত হয়, তবে জৈব যৌগে কার্বন-কার্বন π বন্ধন উপস্থিত প্রমাণ করে। যেমন, দ্বিবন্ধনযুক্ত ইথিনের সঙ্গে ব্রোমিন দ্রবণের ইলেক্ট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় বর্ণহীন 1, 2-ডাইব্রোমো ইথেন উৎপন্ন করে।



1, 2- ডাইব্রোমো ইথেন

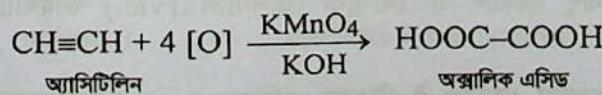
অ্যালকাইন অগুতে দুটি π বন্ধন থাকে, তাই ব্রোমিন পরীক্ষা অ্যালকাইনের জন্যও প্রযোজ্য।

(২) বেয়ার পরীক্ষা : ক্ষারীয় KMnO_4 এর গোলাপী বর্ণের দ্রবণ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে জারিত করে গ্রাইকল ও কার্বক্সিলিক এসিডে পরিণত করে। ফলে পারম্যানেটের গোলাপী বর্ণ দ্রু হয়।



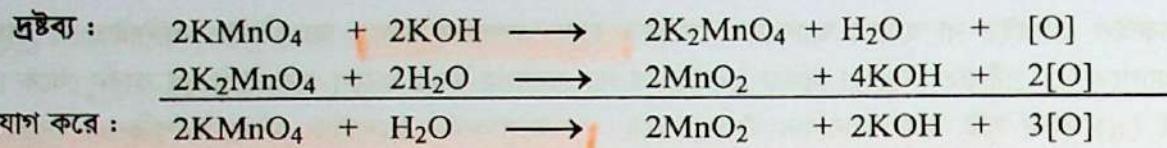
MCQ-2.17 : অ্যালকিনের নিশ্চিতকরণ পরীক্ষা কোনটি?

- (ক) Br_2 দ্রবণ
- (খ) টলেন বিকারক
- (গ) PCl_5 পরীক্ষা
- (ঘ) নেসলার দ্রবণ



অক্সালিক এসিড

এক্ষেত্রে ক্ষারীয় KMnO_4 থেকে নিম্নরূপ বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন পরমাণু $[\text{O}]$ উৎপন্ন হয়।



শিক্ষার্থীর কাজ ২.১৩ : অ্যালকিন প্রস্তুতি ও এদের বিক্রিয়াভিত্তিক সমস্যা :

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

- (ক) CCl_4 এ Br_2 এর দ্রবণ,
(খ) NaOH মিশ্রিত KMnO_4 দ্রবণ

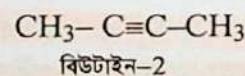
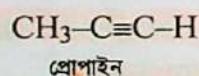
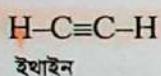
সমস্যা-২.২৫ : C_4H_8 আণবিক সংকেতের দুটি সমানু হলো A ও B। যোগ-A স্টেরিও সমাপ্তু প্রদর্শন করে। যোগ-B ও HBr এর সংযোজন বিক্রিয়ায় প্রধান উৎপাদন কী হবে তা ব্যাখ্যাসহ A ও B এর গাঠনিক সংকেত নিশ্চিত করো।

২.১১.২ অ্যালকাইন প্রস্তুতি ও এর শনাক্তকরণ বিক্রিয়া

Alkyne Preparation and its Identification Reactions

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

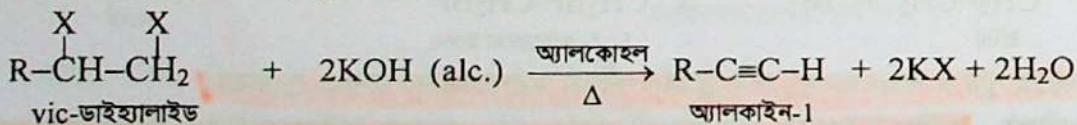
অ্যালকাইনের প্রথম তিন সদস্য অ্যাসিটিলিন (ইথাইন), প্রোপাইন ও বিউটাইন হলো গ্যাস। পরবর্তী C_5-C_{11} সদস্য তরল এবং C_{12} থেকে উচ্চতর সদস্য বর্ণনা কঠিন।



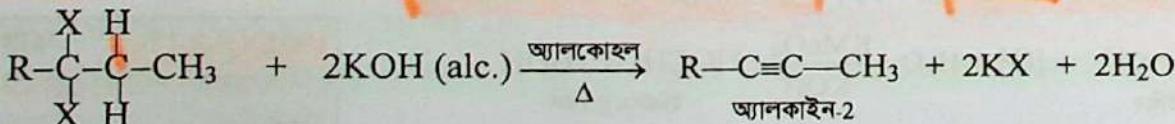
অ্যালকাইনের সাধারণ প্রস্তুতি (General Preparation of Alkyne)

১। ডাইহ্যালো অ্যালকেন থেকে HX অপসারণ প্রক্রিয়ায় : ভিসিন্যাল ও জেমিন্যাল ডাইহ্যালো অ্যালকেনকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত কস্টিক পটাশের সাথে উত্পন্ন করলে ডাইহ্যালো অ্যালকেন থেকে দুই অণু HX অপসারিত হয়ে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়। যেমন,

ভিসিন্যাল ডাইহ্যালাইড যেমন, 1, 2-ডাইহ্যালাইড থেকে অ্যালকোহল মিশ্রিত KOH দ্বারা অ্যালকাইন উৎপাদন :



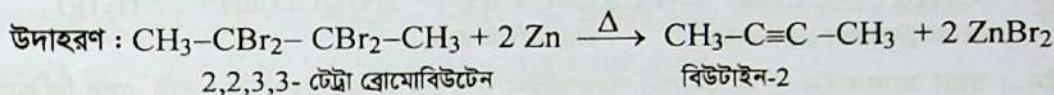
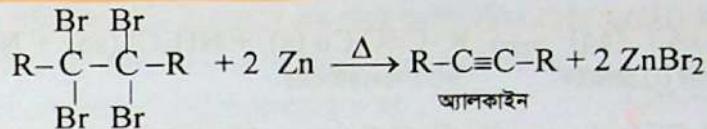
জেমিন্যাল ডাইহ্যালাইড যেমন, (2, 2-ডাইহ্যালাইড) থেকে alc. KOH দ্বারা অ্যালকাইন উৎপাদন :



* পাশাপাশি দুই C-পরমাণুতে দুটি হ্যালোজেন পরমাণু থাকলে ঐ যোগকে ভিসিন্যাল (vic.) ডাইহ্যালো অ্যালকেন বলে।

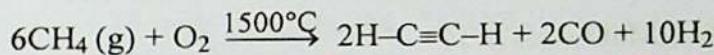
* কার্বন শিকলে একই C-পরমাণুতে দুটি হ্যালোজেন পরমাণু থাকলে ঐ যোগকে জেমিন্যাল (gem.) ডাইহ্যালো অ্যালকেন বলে।

২। টেট্রাহ্যালো অ্যালকেন থেকে Zn-গুঢ়া দ্বারা হ্যালোজেন অপসারণ প্রক্রিয়ায় : ভিসিন্যাল টেট্রাহ্যালো অ্যালকেন ও Zn-গুঢ়ার মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।

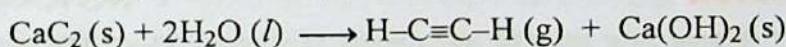
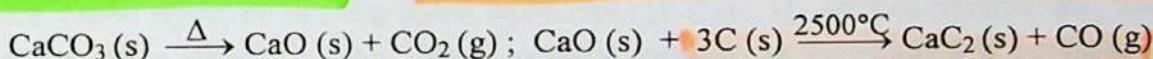


অ্যাসিটিলিনের প্রস্তুতি (Preparation of Acetylene)

(১) প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে : প্রাকৃতিক গ্যাস মিথেনের আংশিক জারিত করে অ্যাসিটিলিন উৎপাদন করা হয়। এ বিক্রিয়ায় বিস্ফোরণ প্রবণতা রোধ করার জন্য উৎপন্ন গ্যাসকে উচ্চ চাপে প্রোপানোনের (CH_3COCH_3) মধ্যে সংঘর্ষ করা হয়।

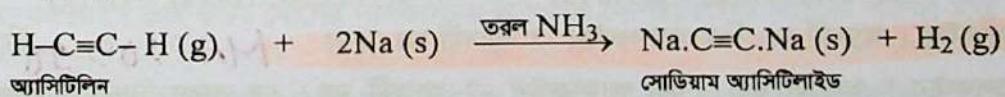
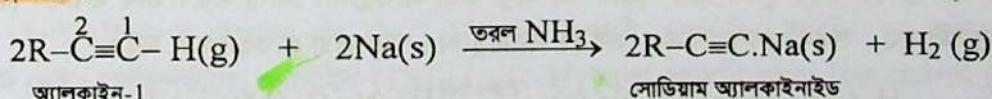


(২) ক্যালসিয়াম কার্বাইড থেকে : ক্যালসিয়াম কার্বাইডের আন্দৰিশ্বেষণে শিল্প ক্ষেত্ৰে প্ৰচুৰ পৱিত্ৰণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপাদন কৰা হয়। এজন্য কোক কাৰ্বন ও লাইমেৰ মিশ্ৰণকে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে $2000^{\circ}\text{--}3000^{\circ}\text{C}$ এ উৎপন্ন কৰে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন কৰা হয়। পৰীক্ষাগারেও ক্যালসিয়াম কার্বাইডের আন্দৰিশ্বেষণে অ্যাসিটিলিন প্ৰক্ৰিয়া কৰা হয়।

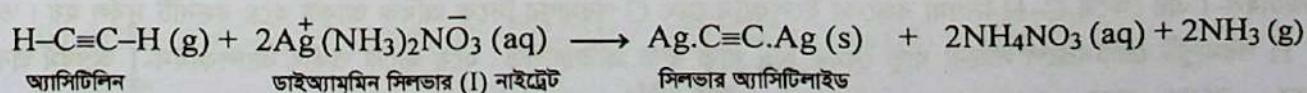
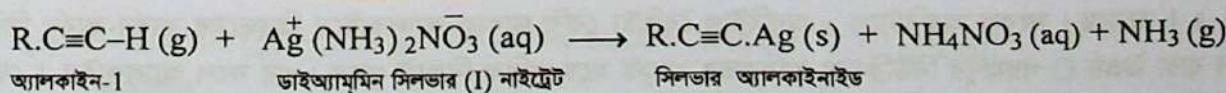


অ্যালকাইনের শনাক্তকারী বিক্রিয়া : অ্যালকাইনের অণুতে দুটি পাই (π) বক্স থাকায় অ্যালকাইন সদস্য অসম্পৃষ্টতা পরীক্ষা যেমন ব্রামিন দ্রবণ পরীক্ষা ও বেয়ার পরীক্ষা দেয়। এছাড়া অ্যালকাইন-১ এর H-পরমাণু ($-C\equiv C-H$) মধু অস্ত্রধর্মী হওয়ায় Na ধাতুসহ বিক্রিয়ায় বুদবুদসহ H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণসহ সিলভার দর্পণ ও অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্রোরাইড দ্রবণসহ বিক্রিয়ায় কপার অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। যেমন,

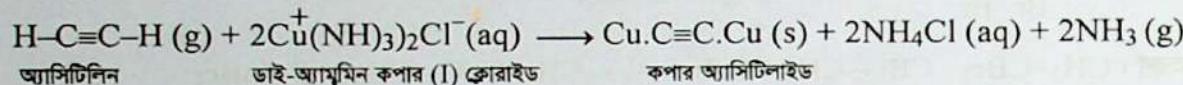
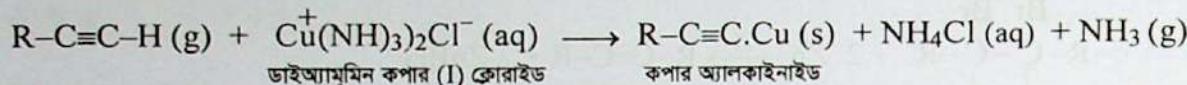
(1) সোডিয়াম (Na)-এর সঙ্গে অ্যালকাইন-১ এর বিক্রিয়া : তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত সোডিয়াম ধাতু অ্যালকাইন-১ যেমন, অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালকাইনাইড (Alkynide) বা সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।



(২) অ্যালকাইন-১ অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট অর্থাৎ ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সিলভার অ্যালকাইনাইডের সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।



(৩) অ্যালকাইন-১ অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড অর্থাৎ ডাইঅ্যাম্মিন কপার (I) ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কপার অ্যালকাইনাইডের লাল অধঃক্ষেপ দেয়।



যেহেতু অ্যালকাইন-১ ছাড়া অ্যালকাইন-২ বা অন্যান্য অ্যালকাইন ওপরের বিক্রিয়া দেয় না। তাই এসব বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকাইন-১ কে অ্যালকাইন-২ থেকে পার্থক্য করা হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ - ২.১৪ : আলকাইনের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়াভিত্তিক :

সমস্যা-২.২৬ : ইথিন থেকে কীভুল্পে ইথাইন প্রস্তুত করা যায়?

সমসা-২ ২৭ : বিউটাইন-১ ও বিউটাইন-২ এর সাথে নিম্নোক্ত বিকারকের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ।

(ক) $\text{Br}_2(\text{CCl}_4)$. (খ) $\text{KMnO}_4(\text{OH})$ দ্রবণ

সমস্যা-২.১৮ : বিউটাইন-। ও বিউটাইন-২ এর মধ্যে পার্থক্যসচক পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ ।

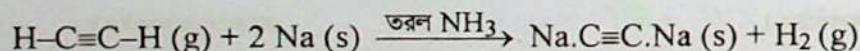
সমস্যা-৩২ : ইথিন ও অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মধ্যে পার্থক্যসূচক পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ।

জেনে নাও :

* समस्या-२ | आलकाइन-१ वा इथाइन अम्बधर्मी हय केन?

[চ. বো. ২০১৭]

সমাধান : অ্যালকাইন-১ এর ত্রিবন্ধনযুক্ত C পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ H-পরমাণু ($-C\equiv C-H$) মন্দু অম্ব ধর্ম প্রকাশ করে। কারণ ইথেন, ইথিন ও ইথাইন-এ তিনি শ্রেণির যৌগে C-পরমাণু যথাক্রমে sp^3 , sp^2 ও sp সংকরিত হওয়ায় সৃষ্টি সংকর অরবিটালে $s:p$ বৈশিষ্ট্য ক্রমান্বয়ে বেড়েছে যেমন, ১:৩, ১:২ ও ১:১ হয়েছে। সংকর অরবিটালে s-অরবিটাল বৈশিষ্ট্য বেশি থাকলে সিগমা বন্ধন গঠনে এই অরবিটালের অধিক্রমণ বেশি ঘটে। তাই ইথাইন অণুতে কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় C-পরমাণুর নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে থাকে। তখন অ্যালকাইনের কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ($C\equiv C$) দূরত্ব (0.120 nm) অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($C=C$) দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়। অপরদিকে C-H সিগমা বন্ধনের ইলেক্ট্রন মেঘ ক্রমে C-পরমাণুর দিকে অ্যালকিনের চেয়ে অ্যালকাইনে অধিক আকৃষ্ট হয়ে পড়ে। অর্থাৎ অ্যালকাইন-১ এর C-H বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ায় তা ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন যোগ্য হয়। তাই ইথাইন ($HC\equiv CH$) ও অ্যালকাইন-১ মন্দু অস্ত্রধর্মী হয়। তখন অ্যালকাইন-১ এর H পরমাণু Na ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।



* সমস্যা-২। অ্যালকাইন-১ অস্ত্রধর্মী হয়; কিন্তু অ্যালকাইন-২ অস্ত্রধর্মী নয় কেন? [রা. বো. ২০১৯] MAT: ০৭-১৩

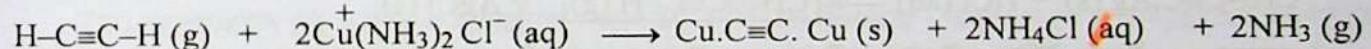
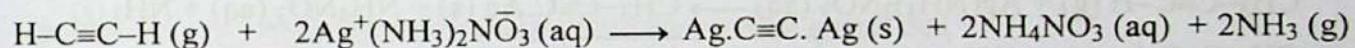
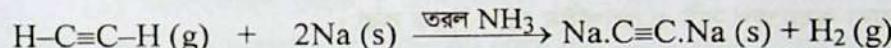
সমাধান : অ্যালকাইন-১ অস্ত্রধর্মী হয়; কিন্তু অ্যালকাইন -২ অস্ত্রধর্মী নয়। এর কারণ নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা হয়।
 অ্যালকাইন-১ ও অ্যালকাইন-২ যেমন বিউটাইন-১ ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$) ও বিউটাইন-২ ($\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$) উভয় ঘোগের ক্ষেত্রে ত্রিবন্ধন যুক্ত উভয় C পরমাণু sp সংকরিত হওয়ায় এদের সৃষ্টি সংকর অরবিটালে s : p অরবিটাল বৈশিষ্ট্য ১ : ১ হয়েছে। সংকর অরবিটালে s অরবিটাল বৈশিষ্ট্য বেশি থাকায় অ্যালকাইনে ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা (σ) বন্ধন দ্বারা উভয় C পরমাণুর নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে অধিক নিকটে থাকে। এর ফলে অ্যালকাইন-১ যেমন বিউটাইন-১ এর ক্ষেত্রে C-H সিগমা বন্ধনের ইলেক্ট্রন মেঘ C পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়ে বন্ধনটি দুর্বল হয়। তখন ঐ H পরমাণুটি প্রোটনরূপে সক্রিয় ধাতু যেমন Na ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে অর্থাৎ অ্যালকাইন-১ অস্ত্রধর্ম প্রকাশ করে। $2\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{C-H(g)} + 2\text{Na(s)} \xrightarrow{\text{তরল NH}_3} 2\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{C.Na(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$

অপরদিকে অ্যালকাইন-2 যৌগে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনে কোনো প্রতিস্থাপনীয় H পরমাণু থাকে না। তাই অ্যালকাইন-2 যৌগে অনুধর্মও থাকে না।

* সমস্যা : ৩। ইথিলিন ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) এর চেয়ে অ্যাসিটিলিন ($\text{HC}\equiv\text{CH}$) অধিক অনুধর্মী কেন? [জ. বো. ২০১৯]

সমাধান : ইথিন বা ইথিলিনের চেয়ে ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অধিক অনুধর্মী হয়। এর কারণ নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা হয়।

ইথিলিন ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) এর দ্বিবন্ধনের সিগমা (σ) বন্ধনটি দুটি C পরমাণুর $\text{sp}^2 - \text{sp}^2$ সংকর অরবিটাল দ্বয়ের মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণে [এখানে $\text{s} : \text{p}$ অরবিটাল বৈশিষ্ট্য অনুপাত = 1 : 2] গঠিত। অপরদিকে অ্যাসিটিলিন ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$) এর ত্রিবন্ধনের সিগমা (σ) বন্ধনটি দুটি C পরমাণুর $\text{sp} - \text{sp}$ সংকর অরবিটাল দ্বয়ের মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণে [এখানে $\text{s} : \text{p}$ অরবিটাল বৈশিষ্ট্য অনুপাত = 1 : 1] গঠিত। অর্থাৎ অ্যাসিটিলিনে ত্রিবন্ধনের সিগমা বন্ধনটিতে s -অরবিটাল বৈশিষ্ট্য বেশ হওয়ায় সিগমা বন্ধনের ইলেকট্রন মেঘ উভয় C পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে অধিক নিকটে টেনে আনে। এর সাথে দুটি পাই (π) বন্ধনের ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা উভয় নিউক্লিয়াস অধিক আকৃষ্ট থাকে। কিন্তু ইথিলিনের দ্বিবন্ধন ($\text{C}=\text{C}$) এর বেলায় উভয় C-পরমাণুর নিউক্লিয়াস তুলনামূলকভাবে কম আকৃষ্ট থাকে। এর ফলে অ্যাসিটিলিনের C-H সিগমা বন্ধনের ইলেকট্রন মেঘ C-পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়ে বন্ধনটি দুর্বল হয় এবং H পরমাণুটি প্রোটনরূপে সক্রিয় ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় অর্থাৎ অ্যাসিটিলিন অনুধর্মী হয়। অপরদিকে ইথিলিনের C-H বন্ধন সবল থাকে এবং এটির H পরমাণু প্রতিস্থাপনযোগ্য না হওয়ায় ইথিলিন অনুধর্মী হয় না। কিন্তু অনুধর্মী অ্যাসিটিলিন ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$) এর সাথে সোডিয়াম ধাতু, অ্যামোনিয়া মিশ্রিত AgNO_3 দ্রবণ ও অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড, সিলভার অ্যাসিটিলাইড ও কপার অ্যাসিটিলাইড লবণ উৎপন্ন হয়।

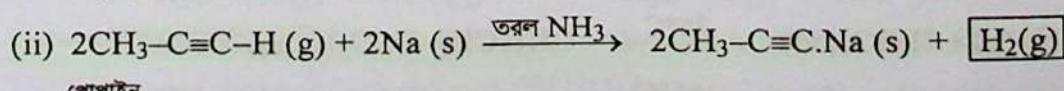
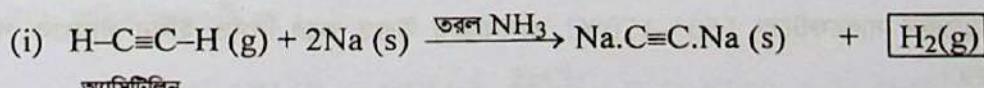


◆ সমস্যা-৪। ইথিলিন ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) ও অ্যাসিটিলিন ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$) এর পার্থক্যসূচক পরীক্ষা লেখ।

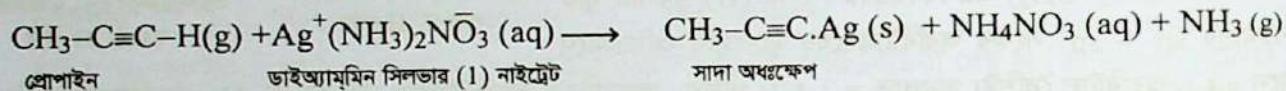
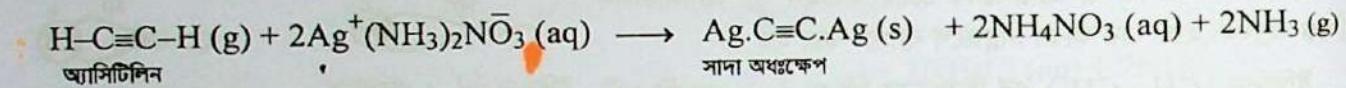
অথবা, প্রোপিন ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$) ও প্রোপাইন ($\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$) যৌগের পার্থক্যসূচক পরীক্ষা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৯]

সমাধান : অ্যাসিটিলিন বা, ইথাইন ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$) হলো অনুধর্মী যৌগ; কিন্তু ইথিলিন বা, ইথিন ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) এর কোনো অনুধর্ম নেই। অনুরূপভাবে, প্রোপাইন ($\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$) হলো অনুধর্মী যৌগ; কিন্তু প্রোপিন ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$) এর কোনো অনুধর্ম নেই। তাই উভয় যৌগের পার্থক্যসূচক অনুধর্মের বৈশিষ্ট্যভিত্তিক নিম্নোক্ত পরীক্ষা দ্বারা উভয় যৌগের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

(ক) সোডিয়াম ধাতুসহ পরীক্ষা : তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস [অথবা, প্রোপাইন গ্যাস] চালনা করলে Na ধাতু ও অনুধর্মী গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়ায় বুদ্বুদসহকারে H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইথিলিন [অথবা, প্রোপিন] এ পরীক্ষায় H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে না বা, এ পরীক্ষা দেয় না।



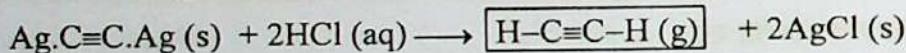
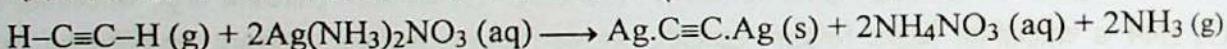
(খ) অ্যামোনিয়া মিশ্রিত AgNO_3 দ্রবণসহ পরীক্ষা : অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সিলভার নাইট্রেট অর্থাৎ ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস [অথবা, প্রোপাইন গ্যাস] চালনা করলে সাদা বর্ণের সিলভার অ্যাসিটিলাইড [অথবা, সিলভার প্রোপানাইড] এর অধঃক্ষেপ পড়ে। ইথিলিন [অথবা প্রোপিন গ্যাস] এ পরীক্ষা দেয় না।



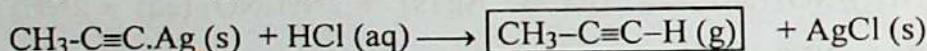
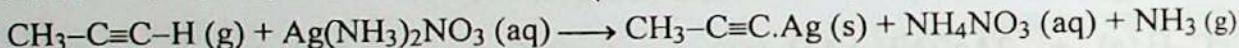
◇ সমস্যা: ৫। ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অথবা, প্রোপিন ও প্রোপাইন গ্যাস মিশ্রণ পৃথকীকরণ :

সমাধান : (ক) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মিশ্রণ থেকে উভয় গ্যাসকে পৃথক করা অথবা, (খ) প্রোপিন ও প্রোপাইন গ্যাসের মিশ্রণ থেকে উভয় গ্যাসকে পৃথক করার জন্য প্রতি ক্ষেত্রে গ্যাস মিশ্রণকে আবদ্ধপাত্রে অ্যামোনিয়া মিশ্রিত AgNO_3 দ্রবণে চালনা করতে হয়। তখন অন্তর্ধর্মী অ্যাসিটিলিন (অথবা, প্রোপাইন) সাদা বর্ণের অধঃক্ষেপ দেয়। অপরদিকে ইথিলিন (অথবা, প্রোপিন) গ্যাস বুদ্বুদসহকারে বের হয় এবং তা সংগ্রহ করা হয়। শেষে আবদ্ধ পাত্রে থাকা সাদা অধঃক্ষেপে লঘু HCl এসিড যোগ করলে অ্যাসিটিলিন (অথবা, প্রোপাইন) গ্যাস উৎপন্ন হয়ে বুদ্বুদসহকারে বের হয় এবং তা সংগ্রহ করা হয়।

(ক) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণের বেলায় সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি ও অ্যাসিটিলিন পৃথক করা :

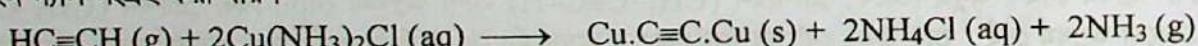


(খ) প্রোপিন ও প্রোপাইন মিশ্রণের বেলায় সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি ও প্রোপাইন গ্যাস পৃথক করা :



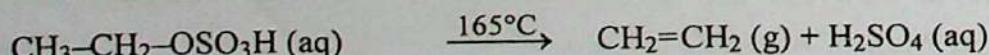
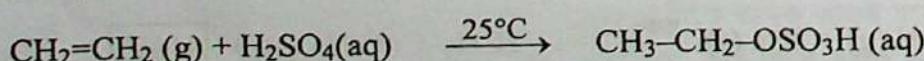
◇ সমস্যা: ৬। ইথেন, ইথিন ও ইথাইনের মিশ্রণ থেকে উপাদান গ্যাস কীরক্ষে পৃথক করা যায়?

সমাধান : (i) ইথেন (C_2H_6), ইথিন (C_2H_4) ও ইথাইন (C_2H_2) গ্যাসের মিশ্রণকে প্রথমে অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণে চালনা করতে হয়; তখন অন্তর্ধর্মী ইথাইন গ্যাস শোষিত হয়ে লাল বর্ণের কপার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিণ্ড হয়। ইথেন ও ইথিন বিক্রিয়া না করে বের হয়। লাল অধঃক্ষেপকে পৃথক করে লঘু HCl এসিডসহ উত্পন্ন করে উৎপন্ন ইথাইন গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।



(ii) তারপর নির্গত ইথেন ও ইথিন গ্যাসের মিশ্রণকে গাঢ় H_2SO_4 এসিডে চালনা করলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটের পৃথক ইথিন গ্যাস শোষিত হয়। ইথেন গ্যাস বুদ্বুদসহকারে বের হয়। নির্গত ইথেন গ্যাসকে পানি অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হয়।

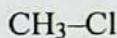
(iii) শেষে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে $160^\circ\text{--}170^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উত্পন্ন করে নির্গত ইথিন গ্যাসকে পানি অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হয়।



২.১১.৩ অ্যালকাইল হ্যালাইড ও অ্যারাইল হ্যালাইড

Alkyl Halides and Aryl Halides

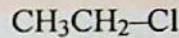
অ্যালকেন ও অ্যারিন অণু থেকে একটি H-পরমাণুকে একটি হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন করলে যথাক্রমে অ্যালকাইল হ্যালাইড ($R-X$) ও অ্যারাইল হ্যালাইড বা হ্যালোজেনো অ্যারিন (ArX) উৎপন্ন হয়। যেমন,



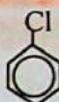
মিথাইল ক্লোরাইড



মিথাইল আয়োডাইড



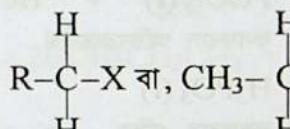
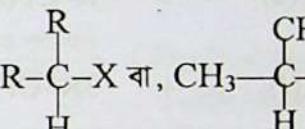
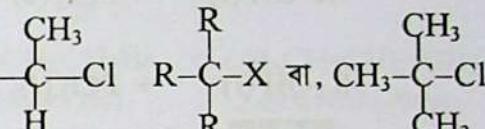
ইথাইল ক্লোরাইড



ক্লোরো বেনজিন

শ্রেণিবিভাগ : অ্যালকাইল হ্যালাইড বা হ্যালোজেনো অ্যালকেন তিনি শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

প্রাইমারি বা 1° , সেকেন্ডারি বা 2° , টার্সিয়ারি বা 3° অ্যালকাইল হ্যালাইড।

প্রাইমারি (1°) 1° হ্যালোজেনো অ্যালকেনসেকেন্ডারি (2°) 2° হ্যালোজেনো অ্যালকেনটার্সিয়ারি (3°) 3° হ্যালোজেনো অ্যালকেন

অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুতি (Preparation of Alkyl Halide)

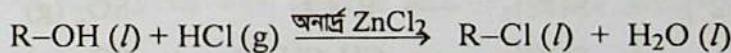
অ্যালকোহল, অ্যালকিন ও অ্যালকেন থেকে নিম্ন পদ্ধতিতে অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা হয়।

(১) অ্যালকোহল থেকে : অ্যালকোহল ($R-OH$) এর হাইড্রক্সিল মূলক (OH) কে হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে হ্যালোজেনো অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়। এজন্য হ্যালোজেন হাইড্রাসিড, ফসফরাস হ্যালাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$) প্রভৃতি দ্বিতীয় বিক্রিয়করূপে অ্যালকোহলের সাথে ব্যবহৃত হয়।

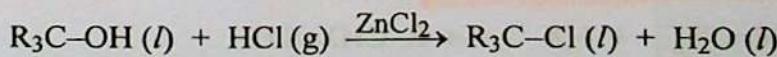
(ক) অ্যালকোহল ($R-OH$) ও হাইড্রোজেন হ্যালাইড HX -এর বিক্রিয়া : অ্যালকোহল ও হাইড্রোজেন হ্যালাইডের (HX -এর) বিক্রিয়ার ফলে অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন হ্যালাইডের (HX -এর) হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা অ্যালকোহল ($-OH$) মূলক প্রতিস্থাপিত হয়।



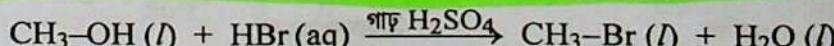
এ বিক্রিয়াটি উভয়মুখী। তাই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পানিকে অপসারণের জন্য নিরুদ্ধক পদার্থকরূপে গাঢ় H_2SO_4 , অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। অনার্দ্র $ZnCl_2$ লুইস এসিডেরূপে কাজ করে। এ পদ্ধতিকে গ্রোভস (Grouve's) পদ্ধতি বলে। $ZnCl_2$ পানি শোষণ করে বিক্রিয়াটিকে সম্মুখমুখী করে।



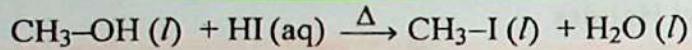
অ্যালকোহলের বিক্রিয়ার ত্রুটি হলো $3^{\circ} > 2^{\circ} > 1^{\circ}$ । HX এর বিক্রিয়ার ত্রুটি হলো $HI > HBr > HCl > HF$ । কম সক্রিয় HX কম সক্রিয় অ্যালকোহলের বিক্রিয়া নিরুদ্ধকরূপে অনার্দ্র $ZnCl_2$ এবং শক্তিশালী HX ব্যবহার করলে গাঢ় H_2SO_4 অধিক কার্যকরী হয়।



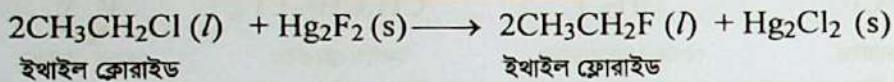
অ্যালকাইল ক্রোমাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে 48% HBr ও গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়।



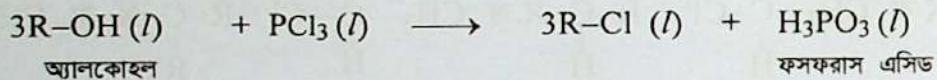
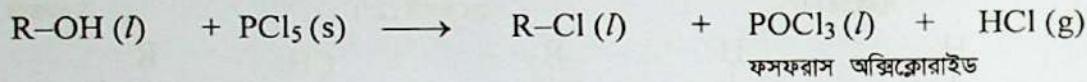
অ্যালকাইল আয়োডাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে 57% HI এসিড ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে গাঢ় H_2SO_4 প্রয়োজন হয় না।



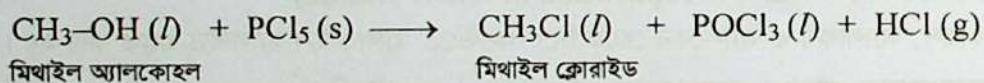
◇ HF এর সাথে অ্যালকোহলের বিক্রিয়া খুব ধীর গতিতে ঘটে। তাই অ্যালকাইল ফ্রোরাইডের সাথে কতগুলো অজেব ফ্রোরাইডের যেমন, AgF , Hg_2F_2 , SbF_3 , AsF_3 ইত্যাদির বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যালকাইল ফ্রোরাইড প্রস্তুত করা যায়। এ বিক্রিয়াটিকে সোয়ার্টস বিক্রিয়া (Swarts reaction) বলে। যেমন,



(খ) অ্যালকোহল থেকে ফসফরাস হ্যালাইডের বিক্রিয়া দ্বারা : অ্যালকোহল ও ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড (PCl_5) বা, ট্রাইক্লোরাইড (PCl_3) সহ বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



যেমন, মিথাইল অ্যালকোহলের সাথে ফসফরাস পেট্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।

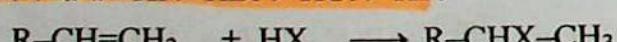
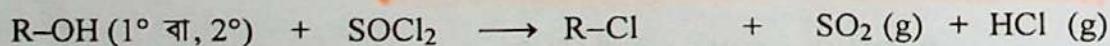


আবার লাল ফসফরাস ও তরল ব্রোমিন বা আয়োডিন গুঁড়া যোগ করে ফসফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড (PBr_3) বা ফসফরাস ট্রাইআয়োডাইড (PI_3) উৎপন্ন করা যায়। শেষে এটি অ্যালকোহলের সাথে বিত্রিন্যায় হ্যালোজেনো অ্যালকেন ও ফসফরাস এসিড উৎপন্ন করে।

$$2P(s) + 3I_2(s) \longrightarrow 2PI_3(l)$$

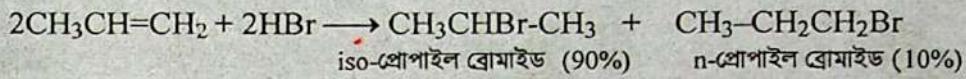


(গ) অ্যালকোহল থেকে থায়োনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়া : অ্যালকোহল ও থায়োনিল ক্লোরাইড (SOCl_2) এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। এক্ষেত্রে অতিরিক্ত উৎপাদ SO_2 ও HCl গ্যাস হওয়ায় উৎপন্ন অ্যালকাইল ক্লোরাইড থেকে ঐ গ্যাস সহজে বের হয়ে যায়। ফলে উৎপন্ন RCl বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এ বিক্রিয়াটিকে **ডার্জেন (Darzen)** বিক্রিয়া বলে। এক্ষেত্রে দুর্বল ক্ষারক পিরিডিন ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) কে HCl শোষকরণে ব্যবহার করা যায়; তবে একান্ত প্রয়োজন নয়।



উদাহরণ : $\text{CH}_3\text{--CH=CH}_2 + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CHBr--CH}_3$

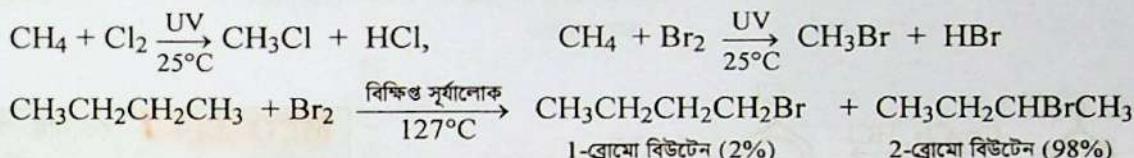
জেনে নাও : অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HX এর বিক্রিয়ায় মারকনিকভের নিয়ম অনুসারে 2° -অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রধান উৎপাদ হয়। 1° -অ্যালকাইল হ্যালাইড কম পরিমাণে উৎপন্ন হয়।



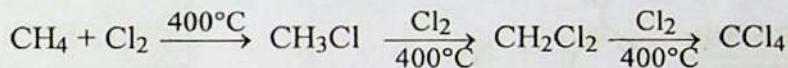
* কিন্তু জৈব পারঅক্সাইড যেমন বেনজোফিল পারঅক্সাইড ($C_6\text{H}_5\text{CO})_2\text{O}_2$ এর উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HBr এর বিক্রিয়ায় 1° -অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রধান উৎপাদ হয়। এটিকে মারকনিকভের বিপরীত নিয়ম বা পারঅক্সাইড প্রভাব বলে।

(৩) অ্যালকেন থেকে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায়

প্রায় 400°C তাপমাত্রায় অথবা UV রশ্মির উপস্থিতিতে অ্যালকেনকে হ্যালোজেন (Cl_2 বা, Br_2) দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড বা অ্যালকাইল ব্রোমাইড প্রস্তুতি করা যায়।



অধিক Cl_2 ও CH_4 এর বিক্রিয়ায় পলি হ্যালো অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন যৌগসমূহকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়। যেমন,



* অ্যালকেনে উপস্থিত বিভিন্ন প্রকার H-পরমাণুর সক্রিয়তার ক্রম হলো $3^{\circ}\text{H} > 2^{\circ}\text{H} > 1^{\circ}\text{H}$ এবং হ্যালোজেনের সক্রিয়তার ক্রম হলো $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ ।

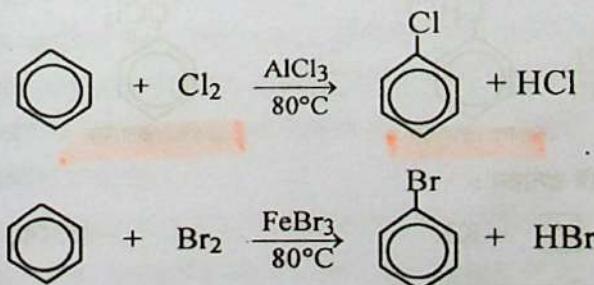
* উল্লেখ্য যে C-পরমাণুতে H-পরমাণু যুক্ত থাকে, সে C-পরমাণুতে যুক্ত অ্যালকাইল মূলক ($-R$) এর সংখ্যা অনুসারে ঐ H-পরমাণুকে 1°H , 2°H , 3°H পরমাণু বলা হয়। যেমন প্রোপেন $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ অণুতে দুই প্রান্তের C-পরমাণুতে 1°H ও মাঝখানের C-এ 2°H আছে। কিন্তু 2-মিথাইল প্রোপেন [$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_3$] অণুতে 3°H পরমাণু আছে।

* অ্যালকেনে এসব হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজমে ঘটে।

* বেনজিনে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন ইলেক্ট্রোফিলিক; তাই হ্যালোজেন বাহকরূপী লুইস এসিড যেমন শক্ত AlCl_3 দরকার হয়। অ্যালকেনের হ্যালোজেনেশনে হ্যালোজেন বাহকের প্রয়োজন নেই; সূর্যালোক অথবা উচ্চ তাপমাত্রা দরকার।

হ্যালোজেনো অ্যারিন বা অ্যারাইল হ্যালাইড প্রস্তুতি (Preparation of Aryl Halide)

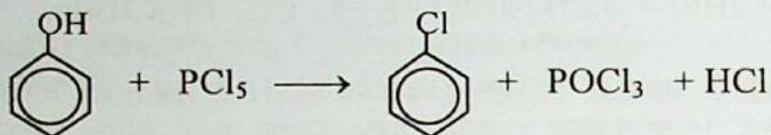
(১) বেনজিন থেকে হ্যালোজেনেশন দ্বারা : হ্যালোজেন বাহক শক্ত AlCl_3 , FeBr_3 এর উপস্থিতিতে প্রায় 80°C তাপমাত্রায় বেনজিনের সাথে ক্লোরিন অথবা ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ক্লোরো বেনজিন ও ব্রোমো বেনজিন প্রস্তুত করা যায়।



MCQ-2.18 : বেনজিন বলয় সক্রিয়কারী মূলক কোনটি?

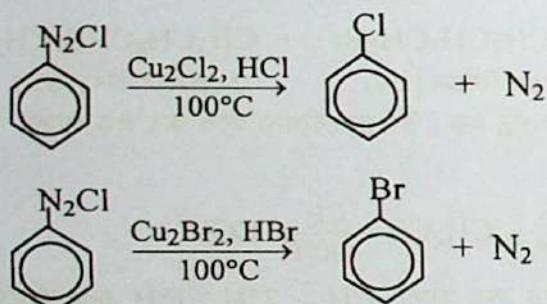
- (ক) $-\text{CHO}$ (খ) $-\text{COOH}$
 (গ) $-\text{NO}_2$ (ঘ) $-\text{NHCH}_3$

(২) ফেনল থেকে PCl_5 সহ বিক্রিয়ায় : ফেনলের সাথে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ক্লোরো বেনজিন উৎপন্ন হয়। এছাড়া ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়ে থাকে।



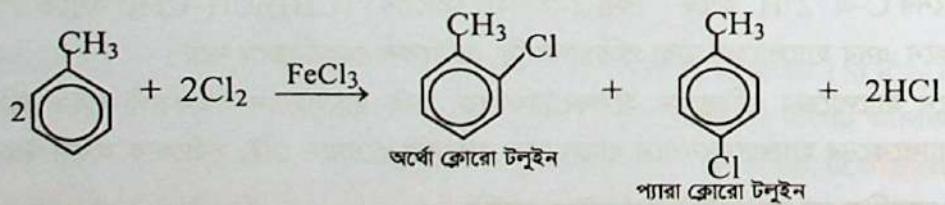
(৩) বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড থেকে : স্যান্ডমেয়ার বিক্রিয়া দ্বারা

100°C তাপমাত্রায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সাথে কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2) ও অধিক HCl এসিডের বিক্রিয়ায় ক্লোরো বেনজিন ও N_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু কিউপ্রাস ব্রোমাইড (Cu_2Br_2) ও অধিক HBr এসিডের বিক্রিয়ায় ব্রোমো বেনজিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ডায়াজো মূলকটি N_2 গ্যাসে পরিণত হয়। এ বিক্রিয়াকে স্যান্ডমেয়ার বিক্রিয়া বলে।

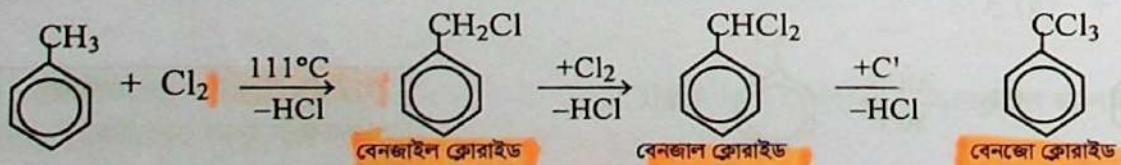


MCQ-2.19 : কোনটি কার্বনিয়াম আয়ন ?
 (ক) $\bar{\text{C}}\text{H}_3$ (খ) $:\text{CH}_3$
 (গ) $\dot{\text{C}}\text{H}_3$ (ঘ) $.\text{CH}_3$

(৪) টলুইনে ক্লোরিনেশন দ্বারা ক্লোরো টলুইন প্রস্তুতি : হ্যালোজেনের বাহক যেমন AlCl_3 , FeCl_3 , আয়রন বা I_2 এর উপস্থিতিতে এবং স্র্যালোকের অনুপস্থিতিতে টলুইনের সাথে Cl_2 এর ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিজ্ঞাপন দ্বারা অর্ধেক্ষেত্রে ক্লোরো টলুইন ও প্যারা ক্লোরো টলুইন মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



কিন্তু হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে, স্র্যালোকে অথবা ফুটস্ট টলুইনে (111°C -এ) Cl_2 গ্যাস চালনা করলে টলুইনের পার্শ্ব শিকল মিথাইল মূলক ($-\text{CH}_3$) এর তিনটি H -পরমাণু পর পর Cl -পরমাণু দ্বারা প্রতিজ্ঞাপিত হয়ে যথাক্রমে বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজাল ক্লোরাইড ও বেনজো ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়া ফ্রি-রেডিকেল মেকানিজমে ঘটে।



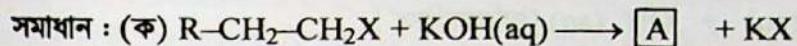
সমাধানকৃত সমস্যা-২.১১ : অ্যালকাইল হ্যালোইড সংশ্লিষ্ট রসায়ন :

উদ্ধীপক : $\text{R}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{X} + \text{KOH} \text{ (aq)} \longrightarrow \boxed{\text{A}} + \text{KX}$

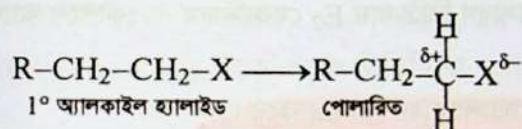
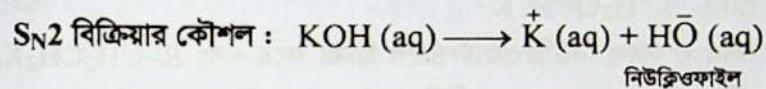
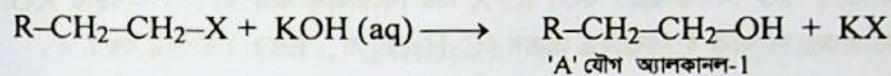
[চ. বো. ২০১৬]

(ক) উদ্ধীপকের উৎপাদ যোগ (A) প্রস্তুতির বিক্রিয়ার কৌশল ব্যাখ্যা করো।

(খ) উদ্বিপক্ষে KOH(aq) এর পরিবর্তে KOH (alc) দ্রবণ ব্যবহার করলে উৎপাদের পরিবর্তন হয়।—প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ এ উক্তির যথার্থতা প্রমাণ করো।

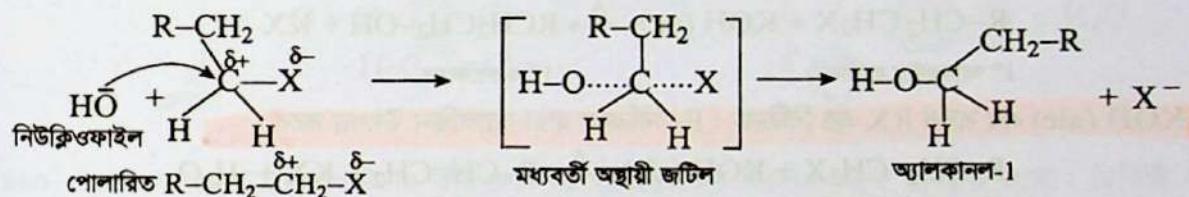


অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে জলীয় ক্ষার দ্রবণ ও অ্যালকোহলীয় ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম ভিন্ন হয়। এ বিক্রিয়াটি হলো 1° অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে জলীয় KOH এর ক্ষারীয় অর্দ্ধ বিশ্লেষণ বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় 1° অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় এবং এটি হলো দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বা S_N2 বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ।



MCQ-2.20: কোনটি কার্বনায়ন ?

- | | |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|
| (ক) $\text{CH}_3\overset{+}{\text{C}}\text{H}_2$ | (খ) $\bar{\text{C}}\text{H}_3$ |
| (গ) NO_2^+ | (ঘ) $\overset{+}{\text{C}}\text{H}_3$ |



* S_N2 বিক্রিয়া 1° অ্যালকাইল হ্যালাইডে বেশি ঘটে; কারণ এতে স্টেরিক বাধা কম থাকে।

* বিক্রিয়াটি এক ধাপে ঘটে। তখন মধ্যবর্তী অস্থায়ী জটিল ঘটিত হয়।

* R-X অণুর ত্রিমাত্রিক গঠনে কার্বনের যে পার্শ্বে X পরমাণু থাকে, এর বিপরীত দিক থেকে নিউক্লিওফাইল যেমন, $\text{HO}^- (\text{aq})$ আয়ন আংশিক ধনাত্মক কার্বন পরমাণুকে আক্রমণ করে থাকে। তখন মধ্যবর্তী অস্থায়ী জটিল সৃষ্টি হয়।

শেষে উৎপন্ন যৌগের ত্রিমাত্রিক কাঠামোটি বড়ে উল্টানো ছাতার মতো উল্টে গিয়ে নতুন ত্রিমাত্রিক কাঠামো লাভ করে।

সমাধান: (খ) : অ্যালকাইল হ্যালাইড (RX) একটি পোলার যৌগ।

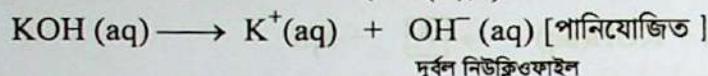
KOH (aq) হলো ক্ষার KOH এর জলীয় দ্রবণ।

KOH (alc) হলো ক্ষার KOH এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণ বা, ইথানলে ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ এ) দ্রবণ।

এক্ষেত্রে KOH ক্ষারটিকে দুটি ভিন্ন দ্রাবকে দ্রব্যীভূত করা হয়েছে। ফলে পৃথক দ্রাবকে KOH এর আয়নীকরণ কর্ম বেশি হবে। KOH জলীয় দ্রবণে সর্বাধিক আয়নিত হয়; কিন্তু অ্যালকোহল ইথানলে কম আয়নিত হয়। এছাড়া উৎপন্ন OH^- আয়ন পানিতে অধিক পরিমাণে সলভেটেড বা দ্রাবক-যোজিত হয়। ইথানলে OH^- আয়ন কম পরিমাণে সলভেটেড বা দ্রাবক-যোজিত হয়। ফলে OH^- আয়নের পানি-যোজন থেকে নির্গত অধিক পরিমাণ তাপ শক্তির প্রভাবে R-X এর বন্ধন দুর্বল হয়ে এর বিয়োজন সহজেই ঘটে। তখন জলীয় KOH (aq) এ প্রভাবে R-X এর বিক্রিয়ার মেকানিজমে এবং অ্যালকোহলীয় KOH (alc) এর প্রভাবে R-X এর বিক্রিয়ার মেকানিজমে ভিন্ন হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় দ্রাবকের প্রভাব প্রাথমিক পেয়েছে।

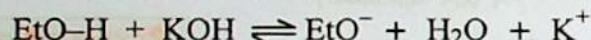
(i) জলীয় KOH (aq) বা, KOH এর লব্ধ জলীয় দ্রবণে KOH পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে প্রতিটি OH^- আয়ন পানি অণু দ্বারা অধিক সলভেটেড থাকে। তখন $\text{OH}^- (\text{aq})$ আয়নের ইলেক্ট্রনের প্রভাব ক্ষার ও নিউক্লিওফাইলরূপে হ্রাস পেয়ে

দুর্বল নিউক্লিওফাইল হয়। এ অবস্থায় দুর্বল নিউক্লিওফাইলরূপে OH^- (aq) আয়ন তখন $\text{R}-\overset{\delta+}{\text{CH}_2}-\overset{\delta-}{\text{X}}$ এর আংশিক ধনাত্মক কার্বন পরমাণুকে আক্রমণ করে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন ($\text{S}_{\text{N}}2$) বিক্রিয়া ঘটায়।



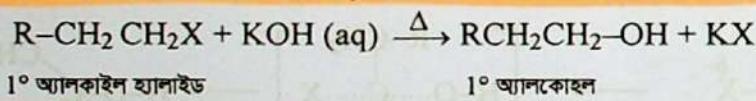
OH^- (aq) আয়ন দ্বারা 1° অ্যালকাইল হ্যালাইড ($\text{R}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{X}$) এর $\text{S}_{\text{N}}2$ বিক্রিয়ার কৌশল পূর্বে দেখানো হয়েছে।

(ii) অপরদিকে অ্যালকোহলীয় KOH (alc) বা, ইথানলে KOH এর দ্রবণে KOH কম পরিমাণে আয়নিত হয় এবং কম পরিমাণে সলভেটেড হওয়ায় কম তাপ শক্তি নির্গত হয়। ফলে R-X এর বিয়োজন ঘটে না। এ অবস্থায় KOH ও ইথানল (C_2H_5OH) এর সাথে বিক্রিয়ায় অল্প সংখ্যক ইথোক্সাইড আয়ন ($C_2H_5O^-$ বা, EtO^-) উৎপন্ন হয়।

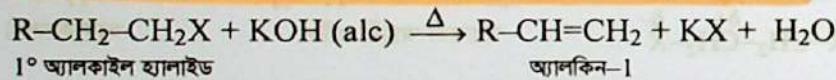


কম সলভেটেড EtO^- (alc) আয়ন সবল ক্ষার ও সবল নিউক্লিওফাইলরুপে ত্রিয়া করে এবং $\text{R}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{X}$ এর বিটা (β)H পরমাণুকে আক্রমণ করে কার্বানায়ন সৃষ্টির মাধ্যমে β অপসারণ বিক্রিয়ায় E_2 মেকানিজম বা কোশলে অ্যালকিন তৈরি করে।

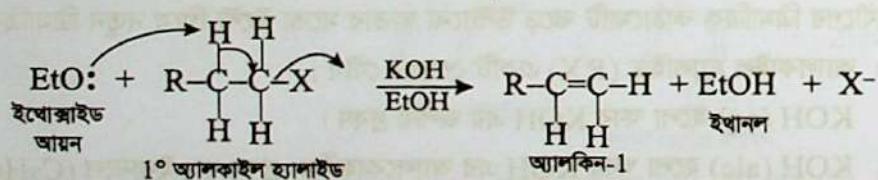
KOH (aq) এর সাথে **R-X** এর বিক্রিয়া : S_N2 বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।



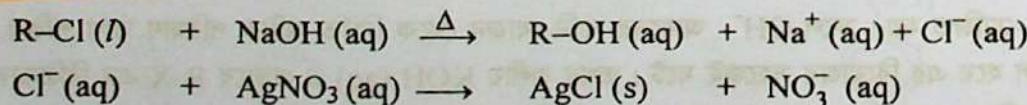
KOH (alc) এর সাথে RX এর বিক্রিয়া : E₂ বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকিন উৎপন্ন করে।



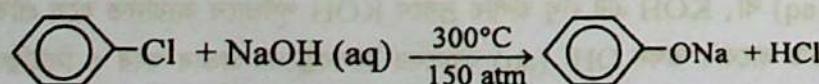
এ দ্বি-আণবিক অপসারণ বিক্রিয়ার কৌশল বা মেকানিজম : ইথানল মিশ্রিত KOH মিশ্রণে উৎপন্ন সবল ইথোআইড (EtO) আয়ন ${}^1\text{O}$ অ্যালকাইল হ্যালাইড ($\text{R}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{X}$) এর β -কার্বন থেকে একটি H কে প্রোটনরূপে অপসারিত করলে বিদ্যু হ্যালাইড ($:\text{X}^-$) আয়ন একই সঙ্গে অপসারিত হয়। ফলে β -কার্বনের ইলেক্ট্রন মুগ্ধল α ও β -কার্বনের মধ্যে বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে। এরপে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



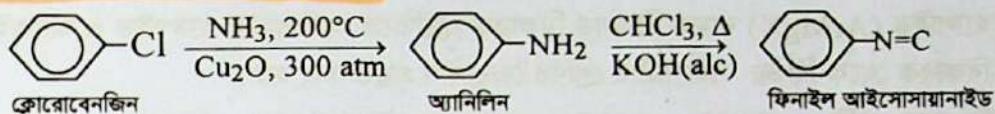
অ্যালকাইল হ্যালাইডের শনাক্তকারী বিক্রিয়া : অ্যালকাইল হ্যালাইডকে গাঢ় NaOH সহ উত্তপ্ত করলে ক্ষারীয় আর্দ্ধ বিশ্লেষণে অ্যালকোহল ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) মুক্ত হয়। এই দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।



তবে অ্যারাইল হ্যালাইড ক্ষার দ্রবণে সহজে আর্দ্ধ বিশ্বেষিত হয় না। অধিক চাপ 150 atm ও অধিক তাপমাত্রা 300°C-
তাপমাত্রায় ক্ষারসহ বিক্রিয়ায় ফিনেট লবণে পরিণত হয়।



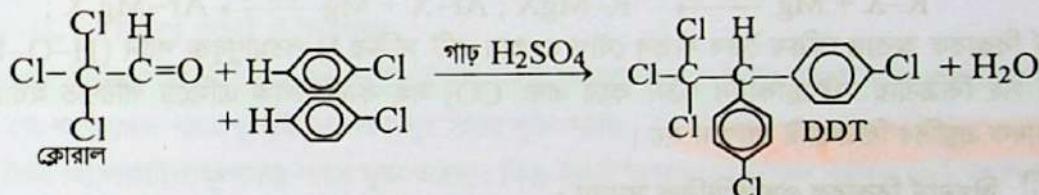
অ্যারাইল হ্যালাইডের শনাক্তকারী বিক্রিয়া : অ্যারাইল হ্যালাইড যেমন ক্লোরোবেনজিনকে Cu_2O প্রভাবকের উপস্থিতিতে ও 300 atm চাপে NH_3 গ্যাসের সাথে 200°C তাপমাত্রায় উত্পন্ন করলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন যৌগ অ্যানিলিনকে ক্লোরোফরম (CHCl_3) ও KOH (alc.) সহ $60^\circ\text{--}70^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উত্পন্ন করলে উৎ গন্ধুক কার্বিল অ্যামিন বা ফিনাইল আইসো সায়ানাইড উৎপন্ন হয়।



ক্লোরোবেনজিনের ব্যবহার : ক্লোরোবেনজিন থেকে বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ যৌগ যেমন ডি.ডি.টি (D.D.T), অ্যানিলিন ও ফেনল প্রভৃতি উৎপাদন করা যায়। এছাড়া দ্রাবক হিসেবে ক্লোরোবেনজিন শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

ডিডিটি (DDT) এর পুরো নাম হলো প্যারা-প্যারা-ডাইক্লোরো ডাইফিনাইল ট্রাই ক্লোরো ইথেন।

ডিডিটি (DDT) প্রস্তুতি : গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে ক্লোরাল ক্লোরোবেনজিনকে ক্লোরাল বা ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড ($\text{CCl}_3\text{-CHO}$) সহ উত্পন্ন করলে ডিডিটি বা প্যারা-প্যারা ডাইফিনাইল ট্রাইক্লোরো ইথেন উৎপন্ন হয়।



১৯৪০-১৯৫০ দশকে DDT পাউডার কীটনাশক ও জীবাণুনাশক হিসেবে প্রচুর ব্যবহৃত হতো। ডিডিটি পাউডার পরিবেশের জন্যে ক্ষতিকর প্রমাণিত হওয়ায় বর্তমানে আন্তর্জাতিকভাবে কৃষিশিল্পে এর ব্যবহার নিষিদ্ধ করা হয়েছে।

হ্যালোজেনে অ্যালকেনের বিশেষ ব্যবহার

(১) দ্রাবকরূপে : অ্যালকেনের হ্যালোজেন জাতকসমূহ তেল, চর্বি ও ত্রিজ প্রভৃতির উত্তম দ্রাবকরূপে শিল্পক্ষেত্রে যন্ত্রপাতিতে লেগে থাকা তেলাক্ত পদার্থ পরিষ্কার করতে ব্যবহৃত হয়। যেমন, (i) ড্রাইক্লোরো মিথেন (CH_2Cl_2), (ii) ট্রাইক্লোরো ইথিন ($\text{CCl}_2=\text{CHCl}$), (iii) টেট্রাক্লোরো ইথিন ($\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$) ইত্যাদি।

আবার রাবার, ভার্নিস, পেইন্ট, তেল ও চর্বির দ্রাবকরূপে ভারী অদাহ্য তরল ($b.p. = 146^\circ\text{C}$) অ্যাসিটিলিন টেট্রাক্লোরাইড ($\text{CHCl}_2-\text{CHCl}_2$) বা ওয়েস্ট্রন (westron) ব্যবহৃত হয়।

(২) ড্রাই ওয়াশিং তরলরূপে : উলের কাপড় ও দামি সিনথেটিক কাপড়ের ড্রাই ওয়াশিং তরলরূপে ১, 1, 2-ট্রাইক্লোরো ইথিন ($\text{CHCl}=\text{CCl}_2$) বা ওয়েস্ট্রোসল (westrosol, $b.p.=90^\circ\text{C}$) ব্যবহৃত হয়। এছাড়া CCl_4 দ্রাবক ড্রাইওয়াশিং তরলরূপে ব্যবহৃত হয়।

(৩) অঞ্চোপচারে চেতনানাশকরূপে : বহু বছর যাবৎ পূর্ণ চেতনানাশকরূপে ক্লোরোফরম (CHCl_3) অঞ্চোপচারে পূর্বে ব্যবহৃত হতো। এটি লিভারে ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে এবং এটিতে ক্যান্সার সৃষ্টির প্রবণতা থাকায় বর্তমানে এর পরিবর্তে স্থানিক চেতনানাশক (local anaesthetic) রূপে ক্লোরো মিথেন (CH_3Cl), ক্লোরো ইথেন ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) ও ২-ব্রোমো-২-ক্লোরো-১, 1, 1-ট্রাইক্লোরো ইথেন ($\text{CHBrCl}-\text{CF}_3$) বা ফ্লোথেন (Fluothane) ব্যবহৃত হয়।

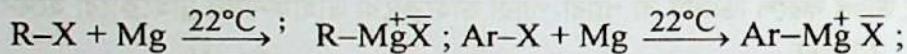
(৪) অগ্নি নির্বাপকরূপে : বর্তমানে উত্তম অগ্নি নির্বাপকরূপে ডাইব্রোমো ক্লোরো ফ্লোরো মিথেন (CBr_2ClF) ব্যবহৃত হয়। এটি অদাহ্য, উদ্বয়ী ও বায়ু অপেক্ষা ভারী। এটি একটি হ্যালোনস (Halons) সদস্য।

(৫) হিমায়করূপে (Refrigerant) ও প্রোপেল্যান্ট গ্যাস (Propellant) রূপে : ক্লোরোফ্লোরোকার্বন বা, CFC হলো মিথেন ও ইথেনের ক্লোরোফ্লোরো জাতক। এরা গন্ধীন, অদাহ্য, অবিষ্কৃত, পানিতে অদ্রবণীয় ও নিম্ন স্ফুটনাক্ষবিশিষ্ট এবং অল্প চাপে তরলীভূত করা যায়। এদের বাণিজ্যিক নাম হলো ফ্রিয়ন (freons)। এরা ওজনে ক্ষত করে। হিমায়ক

যদ্বের তরলরূপে ফ্রিয়ন-11 (CFCI_3), ফ্রিয়ন-12 (CF_2Cl_2), ফ্রিয়ন-114 ($\text{CF}_2\text{Cl}-\text{CF}_2\text{Cl}$ বা, 1, 2-ড্রাইক্লোরো-1, 1, 2, 2-টেট্রাক্লোরো ইথেন) ব্যবহৃত হয়। এসব CFC এরোসল-স্প্রে তৈরিতে প্রোপেল্যান্ট গ্যাসরূপে, হেয়ার স্প্রে, কীটনাশক ও সুগন্ধিরূপে গৃহ সামগ্ৰীতে ব্যবহৃত হয়।

(৬) ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে RX এর ব্যবহার : অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (RMgX) ও অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (ArMgX) নামক ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে অ্যালকাইল হ্যালাইড ও অ্যারাইল হ্যালাইড ব্যবহৃত হয়। ছিগনার্ড বিকারক থেকে বিভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির জৈবযৌগ প্রস্তুত করা হয়।

ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়া : প্রায় $22^{\circ} - 25^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় শুক ইথার ($\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$) দ্রাবকে (এবং জলীয়বাস্প ও CO_2 মুক্ত পরিবেশে) অ্যালকাইল হ্যালাইড (R-X) অথবা অ্যারাইল হ্যালাইড (Ar-X) দ্রবীভৃত করে এর মধ্যে Mg ধাতুর গুঁড়া যোগ করলে তাপোৎপাদী বিক্রিয়া দ্বারা ধীরে ধীরে অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (R-MgX) অথবা অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড (Ar-MgX) নামক ছিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন হয়। তাপমাত্রা 35°C এর অধিক হলে ইথার দ্রাবকটি রিফ্লাক হতে থাকে।



ছিগনার্ড বিকারক অত্যন্ত সক্রিয় জৈব ধাতব যৌগ হওয়ায় এটি সক্রিয় H পরমাণুমুক্ত পানি ($\text{H}-\text{O}-\text{H}$) ও অ্যালকোহল (R-O-H) সহ বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন গঠন করে এবং CO_2 সহ কার্বক্সিলিক এসিডে পরিণত হয়। তাই শুক ইথারে ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতি ঘটানো হয়।

জেনে নাও : ছিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিভিত্তিক সমস্যা :

- * (ক) ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে শুক ইথার ব্যবহৃত হয় কেন?
- * (খ) ছিগনার্ড বিকারক পানির অনুপস্থিতিতে প্রস্তুত করা হয় কেন?

[ক. বো. ২০১৯]

সমাধান: (ক) ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে পানির অনুপস্থিতি এবং বিশুদ্ধ বা, শুক ইথার ($\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$) ব্যবহারের কারণ হলো দুটি। যেমন, (১) প্রথমত শুক ইথার হলো অমুধৰ্মী H পরমাণুবিহীন পোলার দ্রাবক (aprotic polar solvent)। অপরদিকে পানি হলো অমুধৰ্মী H পরমাণুমুক্ত পোলার দ্রাবক (protic polar solvent)।

(২) দ্বিতীয়ত ইথার ($\text{H}_5\text{C}_2-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$) অণুতে $\overset{\delta+}{\text{C}}-\overset{\delta-}{\text{O}}$ বন্ধন বেশ পোলার হওয়ায় এটি ছিগনার্ড বিকারক ($\text{R}-\overset{\delta-}{\text{Mg}}\bar{X}$) এর Mg^+ আয়নের সাথে সলভেটিং এজেন্ট (solvating agent) রূপে দ্রাবকায়ন ঘটায়। ফলে ছিগনার্ড বিকারক ইথারে দ্রবীভৃত থাকে এবং ছায়িত্ব লাভ করে। এক্ষেত্রে $\text{C}-\text{Mg}$ বন্ধন 35% পোলার হয়। তাই ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে বিক্রিয়ক R-X এর দ্রাবকরূপে এবং উৎপন্ন ছিগনার্ড বিকারকের ছায়িত্ব প্রদান ও সংরক্ষণে Solvating agent রূপে পানিমুক্ত শুক ইথার ব্যবহৃত হয়।

সমাধান : (খ) ছিগনার্ড বিকারক প্রক্রিয়াতে পানির অনুপস্থিতি বা জলীয়বাস্পমুক্ত বিক্রিয়া পরিবেশ একান্ত দরকার। কারণ উৎপন্ন ছিগনার্ড বিকারক ($\text{CH}_3-\overset{\delta+}{\text{Mg}}\bar{X}$) এর Mg^+ এর সাথে যুক্ত C পরমাণুটি সবল নিউক্লিওফাইল বা ক্ষারীয় (basic) প্রকৃতির হওয়ায় অমুধৰ্মী H পরমাণুমুক্ত পানি (H_2O) বা, অ্যালকোহল (R-OH) এর সংস্পর্শে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে। ফলে ছিগনার্ড বিকারক বিনষ্ট হয়। যেমন,

