T. Y. B. Sc.
SEM-VI CC CH : 602
UNIT- 1

Slide 2

Dr. Z. M. Gadhawala

Electrophilic & Free Radical Addition Reactions :

- Addition to carbon- carbon double bond
- Markovnikov's Rule
- Electrophilic Addition, Orientation, Reactivity
- Rearrangement, Dimerisation, Alkylation
- peroxide effect (Anti Markovnikov)
- Free radical addition, Mechanism of peroxide initiated addition of HBr
- Syn and anti addition mechanism for addition of halogens
- Electrophilic addition to conjugated dienes (1:2 v/s 1:4 additions)
- Free radicals addition to conjugated dienes & reactivity

$$H_3C-CH_2{\vdots}Cl \xrightarrow[\text{Heterolytic fission}]{h\nu} CH_3-\overset{\oplus}{C}H_2 + Cl^{\ominus}$$

$$Cl{\vdots}Cl \xrightarrow[\text{Homolytic fission}]{h\nu} \dot{Cl} + \dot{Cl}$$

Slide 3

Reference Books :

$$-\underset{x}{A}-\underset{|}{B}- \longrightarrow -A-\underset{x}{B}-$$

[illegible]

(1) Organic chem by Morrison & Boyed : V th Edi
(2) Advance Organic Chem. by R.K. Bansal
(3) Organic chem. by I. L. Finar Vol. I & II (V
(4) Organic reactions & Mechanism II nd ed by P. S. Kalsi
(5) Organic chemistry by S.M. Mukharjee, S.P. Singh, R.P. Kapoor

Elimination Reaction : $-\underset{A}{C}-\underset{B}{C}- \xrightarrow{\text{Reagent}} -C=C- + AB$ (eliminated)
Saturated, 2σ break → Unsaturated, 1σ & 1π formed

Slide 4

Electrophile : [illegible] eg. NO_2^+, Cl^+, SO_3H^+ etc.

Free Radical : [illegible]

Addition Reac^n : [illegible] π-[illegible]

① Hydrogenation : গুরুত্বপূর্ণ H_2

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni/Pt/Pd} CH_3-CH_2-CH_3$$

$$>C \overset{\sigma}{\underset{\pi}{=}} C< + X \vdots Y \rightarrow -\underset{X}{\overset{|}{C}}-\underset{Y}{\overset{|}{C}}-$$

② Halogenation : গুরুত্বপূর্ণ X_2

$$CH_3-CH=CH_2 + Cl_2 \xrightarrow[\text{OR } CCl_4]{CS_2} CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_2-Cl$$

③ Hydrohalogenation - গুরুত্বপূর্ণ

$$CH_3-CH=CH_2 + HCl \xrightarrow{Marko} CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

$$\xrightarrow[H_2O_2]{\text{'Anti'}} CH_3-CH_2-CH_2-Cl$$

④ H_2SO_4 :

$$CH_3-CH=CH_2 + \overset{+}{H}-OSO_3H^{-} \longrightarrow CH_3-\underset{OSO_3H}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

⑤ Hydration : H_2O : - গুরুত্বপূর্ণ

$$CH_3-CH=CH_2 + H^{+}OH^{-} \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

Oxymercuration - Demercuration :

$$CH_3-CH=CH_2 + Ac\overset{\ominus}{O} \vdots \overset{\oplus}{Hg}-OAc \longrightarrow CH_3-CH-CH_2 \text{ (bridged with } \overset{\oplus}{Hg}OAc)$$

classical carbonium ion

$$\xrightarrow[-CH_3COOH]{H^{+}OH^{-}} CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{HgOAc}{\underset{|}{CH_2}}$$

$$\xrightarrow[H_2]{NaBH_4} Hg + CH_3COOH + CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

Hydroboration - Oxidation (Anti)

$$CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow[\substack{(BH_3-BH_3) \\ \overset{\ominus}{B}H_2-\overset{\oplus}{H}}]{B_2H_6} CH_3-\underset{H}{\underset{|}{CH}}-\underset{BH_2}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow[(O)]{3H_2O_2} CH_3-CH_2-CH_2-OH + BH_3$$

(OH)-OH

$+ \frac{1}{2}O_2$

$$CH_3-CH=CH_2 + \overset{\ominus}{B}H_2-\overset{\oplus}{H} \longrightarrow CH_3-\underset{H}{\underset{|}{CH}}-\underset{BH_2}{\underset{|}{CH_2}} \text{ Alkyl Borane} \xrightarrow{CH_3-CH=CH_2} (CH_3-CH_2-CH_2)_2BH \text{ Dialkyl borane}$$

$$\xrightarrow{CH_3-CH=CH_2} (CH_3-CH_2-CH_2)_3B \text{ Trialkyl borane}$$

$$(CH_3-CH_2-CH_2)_3B \xrightarrow[3OH-OH]{3H_2O_2 / H-OH} 3CH_3-CH_2-CH_2-OH + H_3BO_3$$

OH-OH
OH-OH
OH-OH

2nd Homologous
Analogous

Date ____
Page ____

(1) ## Markovnikov's Rule : (Electrophilic Addition)

ઇ.સ. 1869 રશિયન વૈજ્ઞાનિક માર્કોનિકોવે ~~...~~ નીચે મુજબ નિયમ આપ્યો.

" અસંમિતિય & ઈથીલિનીક દ્વિ-બંધ ધરાવતા આલ્કીન ની અસમ પ્રક્રિયક સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા કરતાં પ્રક્રિયક નો વિદ્યુતઋણ ભાગ ઓછા "H" ધરાવતા ~~...~~ ઈથીલીનીક કાર્બન સાથે જોડાય છે. "

$$CH_3-CH=CH_2 + \overset{+\delta}{H}-\overset{-\delta}{Cl} \xrightarrow{\checkmark} CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

પ્રોપ-1-ઈન → 2-ક્લોરોપ્રોપેન

$$CH_3-CH=CH_2 + \overset{+\delta}{H}-\overset{-\delta}{Cl} \xrightarrow{\times} CH_3-CH_2-CH_2-Cl$$

1-ક્લોરોપ્રોપેન

* Mechanism :

Step-I : $CH_3-CH=CH_2 + H \vdots Cl$

$\downarrow H^+$ Step-I slow (ઉત્ક્રમણીય)

$CH_3-\underset{\oplus}{CH}-CH_3 + Cl^-$ (સ્થાયી) 2°- Carbocation

$CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{C}H_2 + Cl^-$ (Unstable) 1°- Carbocation

$CH_3-CH=CH_2 + H^+ \xrightarrow{slow} CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3$ + Heat

Step-II :

$$CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3 + Cl^- \xrightarrow[fast]{Step-II} CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

2-ક્લોરોપ્રોપેન

(2) અહીં પ્રથમ તબક્કો ધીમો છે. અને તે વેગ નિર્ણાયક તબક્કો છે. આ તબક્કા દરમિયાન 2° કાર્બોકેટાયન ઉત્પન્ન થાય છે. જેના માટે ΔG_2 નું મૂલ્ય ઓછું ... આથી તેમાંથી નીપજ ... ઝડપથી બને છે. જ્યારે 1° ...

કેટાયન માટે ઠ.બ. નું મૂલ્ય વધુ મળે છે. આથી તે આલ્કેન સ્થાયી મળે છે.

અન્ય ઉ. દા. :

(a) $CH_3-CH_2-CH=CH_2 + \overset{+}{H}\overset{-}{I} \longrightarrow CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle I}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

બ્યુટ-1-ઇન ⟶ 2-આયોડો બ્યુટેન

(b) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_3 + \overset{+}{H}\overset{-}{I} \longrightarrow CH_3-\overset{\displaystyle I}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-CH_3$

2-Methyl But-2-ene ⟶ 2-Iodo, 2-Methyl Butane

(c) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH_2 + \overset{+}{H}\overset{-}{I} \longrightarrow CH_3-\overset{\displaystyle I}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$

2-Methyl prop-1-ene ⟶ 2-Iodo, 2-Methyl propane (3°- Butyl Iodide)

✓* પ્રક્રિયાનો સ્થિતિશક્તિ આલેખ: (છેલ્લા પેજ પર) :

(2)

Anti Markovnikov's Rule : OR Peroxide Effect : Kharsha Effect :

અસંતૃપ્ત આલ્કીનની HBr સાથે પેરોક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરવાથી માર્કોવનિકોવના નિયમ થી વિરુદ્ધ પ્રક્રિયા થાય છે & નીપજ તરીકે 1° હેલાઇડ મળે છે. આ પ્રકારની પ્રક્રિયા HCl કે HI સાથે જોવા મળતી નથી. આ બાબતની સમજૂતી 1933 માં M.S. Kharsha & F.R. Mayo એ આપી હતી. e.g.

$$CH_3-CH=CH_2 + \overset{+}{H}\overset{-}{Br} \xrightarrow[\text{Benzoyl peroxide}]{(C_6H_5CO)_2O_2} CH_3-CH_2-CH_2-Br$$

prop-1-ene ⟶ 1-Bromo propane

આમ અસંતૃપ્ત આલ્કીનની HBr સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી તેનો વિદ્યુતઋણ ભાગ વધુ હાઇડ્રોજન ધરાવતા "C" સાથે જોડાય છે. & નીપજ તરીકે 1°- હેલાઇડ મળે છે.

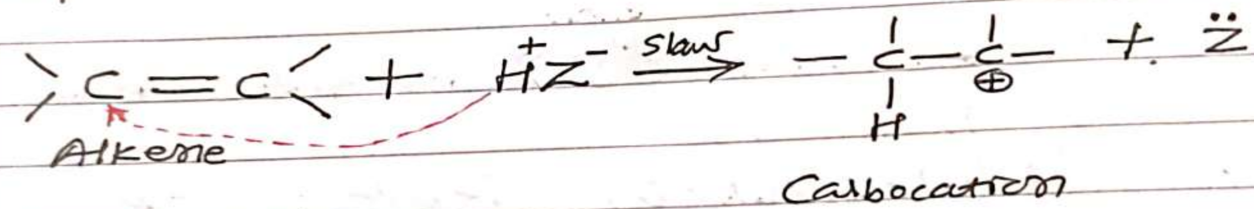
આમ પેરોક્સાઇડની હાજરીમાં અસંમિતિય આલ્કીનની HBr સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયા માર્કોનિકોવના નિયમની વિરુદ્ધ થાય છે. આ અસરને પેરોક્સાઇડ અસર OR પ્રતિમાર્કોનિકોવ યોગશીલન કહે છે.

(3)

Electrophilic Addition : Mechanism :
ઇલેક્ટ્રોન અનુરાગી યોગશીલન : ક્રિયાવિધિ :

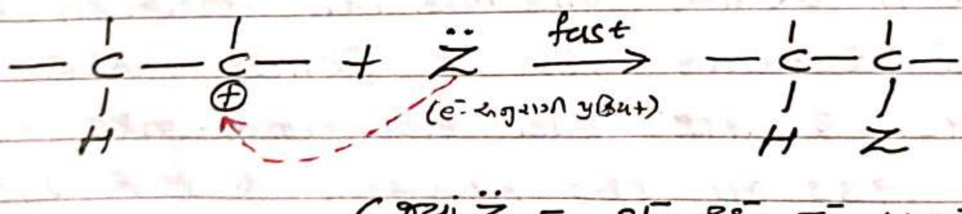
→ ઇલેક્ટ્રોન અનુરાગી યોગશીલન પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ બે તબક્કામાં પૂર્ણ થાય છે.

Step : I :



(જ્યાં $HZ = HCl, HBr, HI, H_2SO_4, H_3O^+$)

Step : II :



(જ્યાં $\ddot{Z} = Cl^-, Br^-, I^-, HSO_4^-, H_2O$)

આમ પ્રથમ તબક્કામાં HZ માંથી H^+ આલ્કીન માં ઉમેરાય છે & કાર્બોકેટાયન બને છે
જ્યારે બીજા તબક્કામાં કાર્બોકેટાયન સાથે જોડાઈ $\ddot{Z}$ જોડાતાં અંતિમ નીપજ મળે છે.
અહીં પ્રથમ તબક્કો ધીમો છે. આથી તે સમગ્ર પ્રક્રિયાનો વેગ નિયંત્રણ કરે છે. આ ક્રિયાવિધિમાં

(લેવિસ બેઇઝ)
એસિડિક e^--અનુરાગી પ્રક્રિયક ઉમેરાય છે આથી તેઓ e^--અનુરાગી યોગશીલન પ્રક્રિયા કરે છે. e.g.

(i)

$$CH_3-CH=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3 + :\ddot{Cl}:^{\ominus}$$

$$CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3 + :\ddot{Cl}:^{\ominus} \longrightarrow CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{C}H}-CH_3$$

(ii)

$$CH_3-CH=CH_2 + H_3O^+ \longrightarrow CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3 + H_2\ddot{O}:$$

$$CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_3 + H_2\ddot{O}: \longrightarrow CH_3-\underset{\overset{\oplus}{O}H_2}{\underset{|}{C}H}-CH_3$$

$$CH_3-\underset{\overset{\oplus}{O}H_2}{\underset{|}{C}H}-CH_3 + H_2\ddot{O}: \longrightarrow CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{C}H}-CH_3 + H_3O^+$$

2-પ્રોપેનોલ

આમ ઉપરોક્ત ક્રિયાવિધિ નીચેની બાબતોને સમર્થન પૂરું પાડે છે.

(a) HZ ~~ ~~ (પ્રક્રિયક) ની એસિડિક પ્રકૃતિ (H^+નું આલ્કીનમાં દાખલ થવું)
(b) આલ્કીનની બેઝિક પ્રકૃતિ (એસિડને આલ્કીન e^- દાન કરે છે)
(c) યોગશીલનનું પરિસ્થાપન (ક્યાં સમૂહ ક્યાં જોડાશે?)
(d) આલ્કીનની સાપેક્ષ સક્રિયતા
(e) પુનઃરચનાનું ઉદ્ભવન

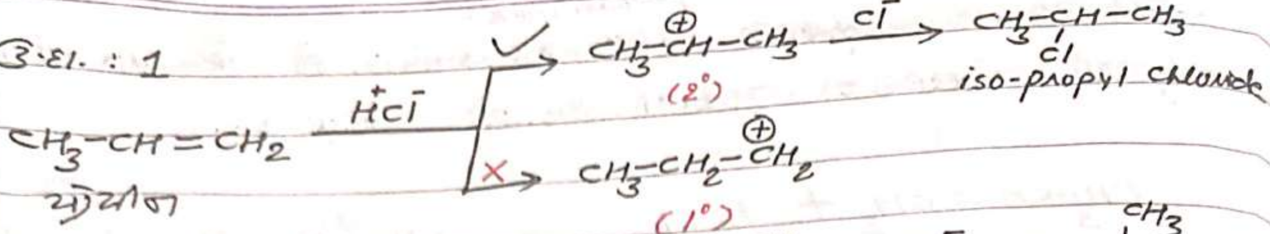
(4)

Electrophilic Addition : Orientation & Reactivity

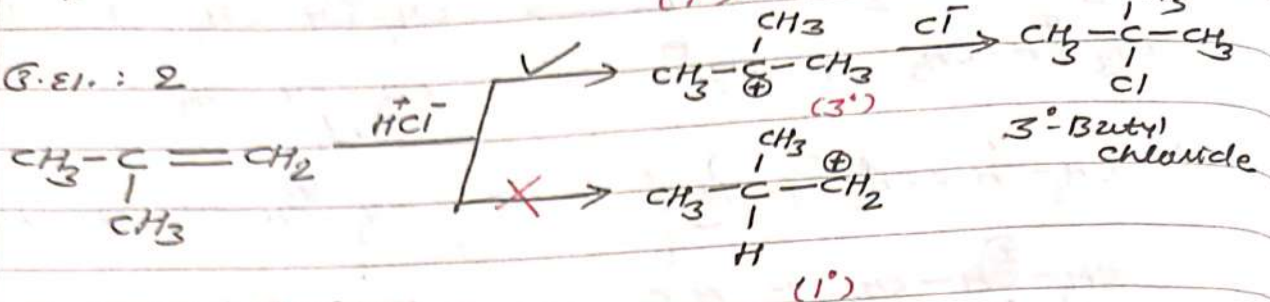
(e^--અનુરાગી યોગશીલન : ઓરીએન્ટેશન & સક્રિયતા)

→ e^--અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયામાં ઓરીએન્ટેશન (પરિસ્થાપન) & સક્રિયતા નીચેનાં ઉ.દા. લઈને સમજાવી શકાય....

ઉ.દા. : 1

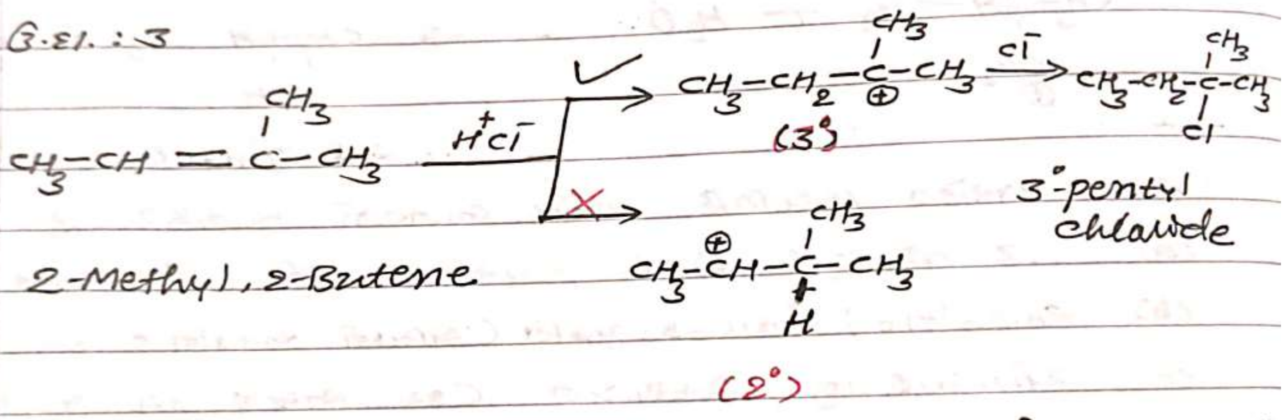


ઉ.દા. : 2



2-Methyl propene

ઉ.દા. : 3



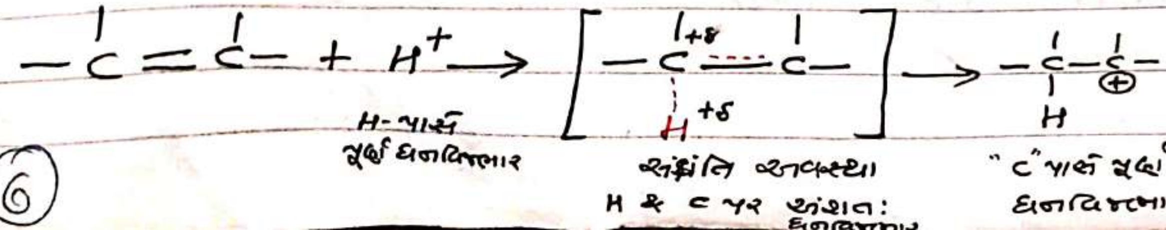
આમ ઉપરોક્ત રાસા. પ્ર.માં ક્યાં આલ્કીલ હેલાઇડ બનશે તેનો સંપૂર્ણ આધાર ઉત્પન્ન થતા કાર્બોકેટાયન ની સ્થિરતા પર રહેલો છે.

માર્કોનિકોફના નિયમ મુજબ કાર્બોકેટાયનની સ્થિરતા નો ક્રમ નીચે મુજબ છે.

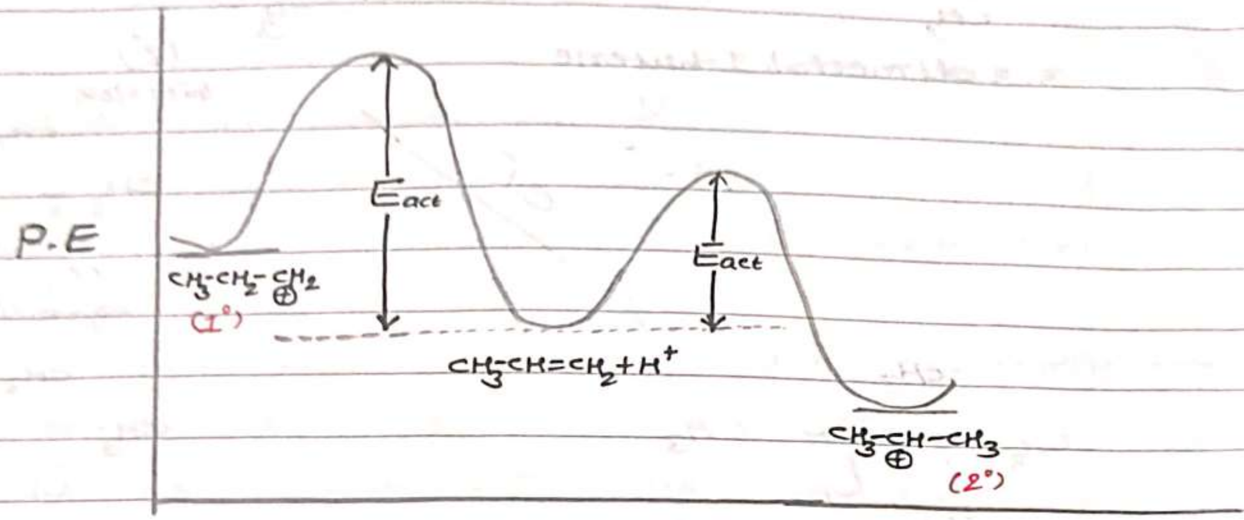
$$3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \overset{\oplus}{C}H_3$$

આમ કાર્બન-કાર્બન દ્વિ-બંધ માં H નું ઉમેરાવાથી વધુ સ્થાયી કાર્બોનિયમ આયન ઉત્પન્ન થાય છે. જે રાસા. પ્રક્રિયાનું પરિસ્થાપન (Orientation) કે સાપેક્ષ સક્રિયતા નક્કી કરે છે.

* સામાન્ય પ્રક્રિયા :



→ ઉપરોક્ત પ્રક્રિયામાં પોટેન્શિયલ ઊર્જા → પ્રક્રિયાવેગનો આલેખ દોરતા નીચે મુજબ પ્રાપ્ત થાય છે.



Rate of Reaction

→ ઉપરોક્ત પ્રક્રિયામાં આલ્કીનની એસિડ સાથેની સાપેક્ષ સક્રિયતા નીચે મુજબ છે.

$(H_3C)_2C=CH_2 > CH_3-CH=CH-CH_3 > CH_3-CH_2-CH=CH_2$

$CH_3-CH=CH_2 > CH_2=CH_2 > CH_2=CH-Cl$

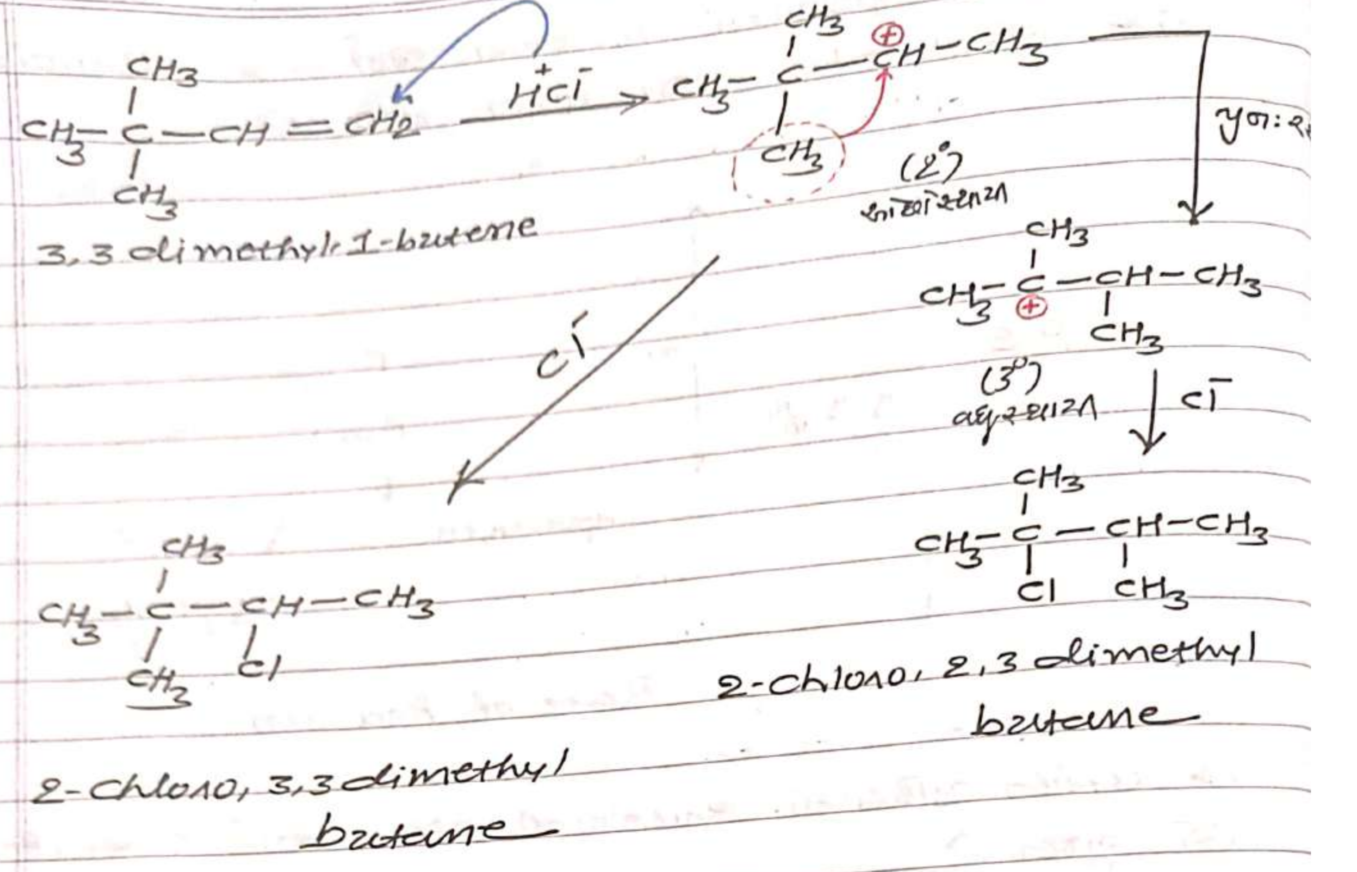
(5)

Electrophilic Addition : Rearrangement

(e⁻-અનુરાગી યોગશીલન : પુનઃરચના)

→ e⁻-અનુરાગી યોગશીલનમાં કાર્બોનિયમ આયન ઉત્પન્ન થાય છે. જે વધુ સ્થાયી કાર્બોનિયમ આયન મેળવવા માટે પુનઃરચના અનુભવે છે.

(P. T. O.)



(6)

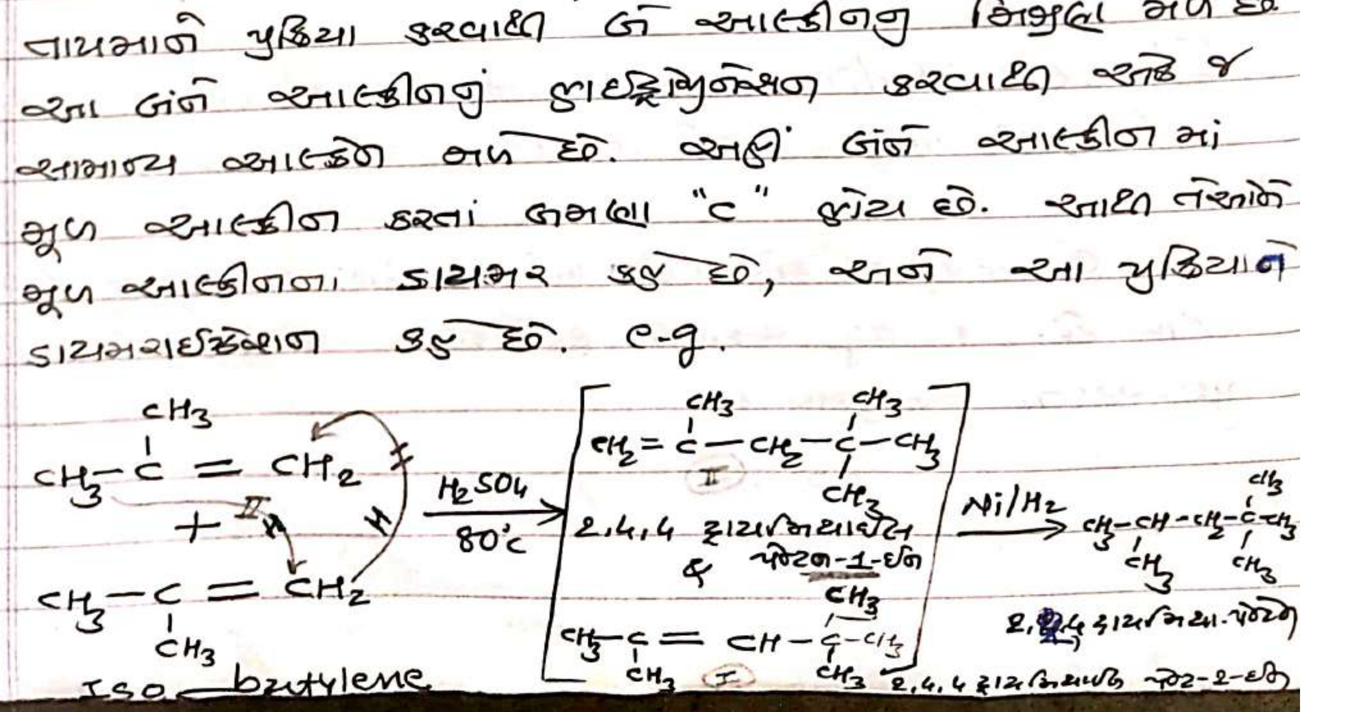
Electrophilic Addition: દ્વિઘટીકરણ

Dimerisation : (ડાયમરાઇઝેશન)

2 આલ્કીન (પ્રક્રિયામાં વપરાય) —સાંદ્ર H_2SO_4/H_3PO_4, 80°C→ [બે આલ્કીનનું મિશ્રણ] —Ni/H_2→ આલ્કેન

આલ્કીનની સાંદ્ર H_2SO_4/H_3PO_4 ની હાજરીમાં 80°C તાપમાને પ્રક્રિયા કરવાથી બે આલ્કીનનું મિશ્રણ મળે છે. આ બંને આલ્કીનનું હાઇડ્રોજીનેશન કરવાથી એક જ સામાન્ય આલ્કેન મળે છે. અહીં બંને આલ્કીનમાં મૂળ આલ્કીન કરતાં બમણા "C" હોય છે. આથી તેઓને મૂળ આલ્કીનના ડાયમર કહે છે, અને આ પ્રક્રિયાને ડાયમરાઇઝેશન કહે છે. e.g.

iso-બ્યુટીલીનની ડાયમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા સમજાવો. (8)

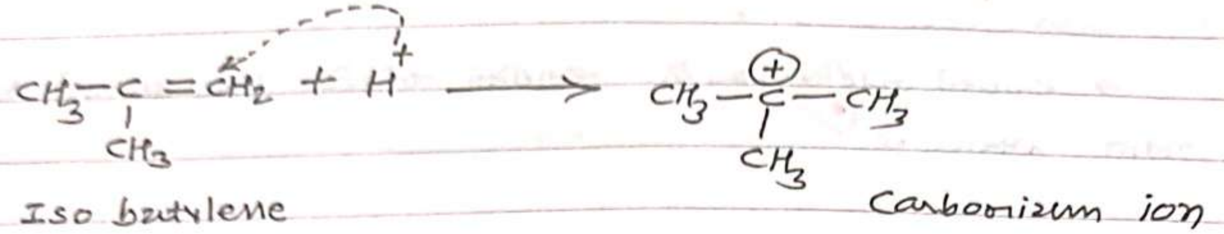


Short Summary

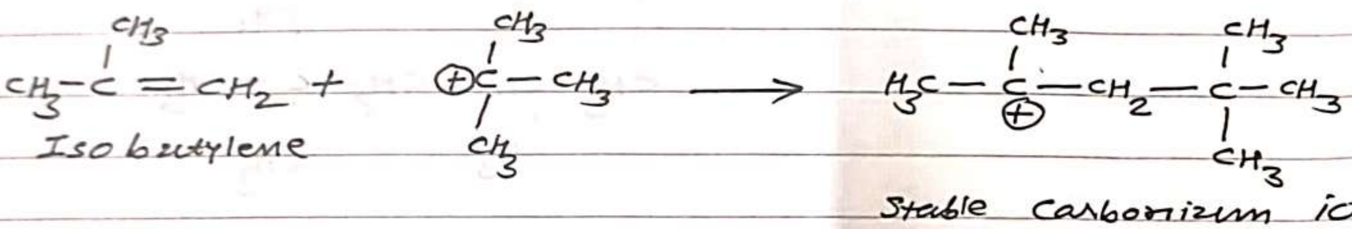
Iso butyline + H^+ → 3° કાર્બો આયન (ઓછા સ્થાયી)
Iso butyline + 3° કાર્બો આયન → 3° કાર્બો આયન (વધુ સ્થાયી)
3° કાર્બો આયન $\xrightarrow{-H^+}$ 2,4,4 ટ્રાયમિ. 1-પેન્ટીન
2,4,4 " " 2-પેન્ટીન
↓ Ni/H_2
2,4,4 ટ્રાયમિથાઇલ પેન્ટેન

Mechanism :

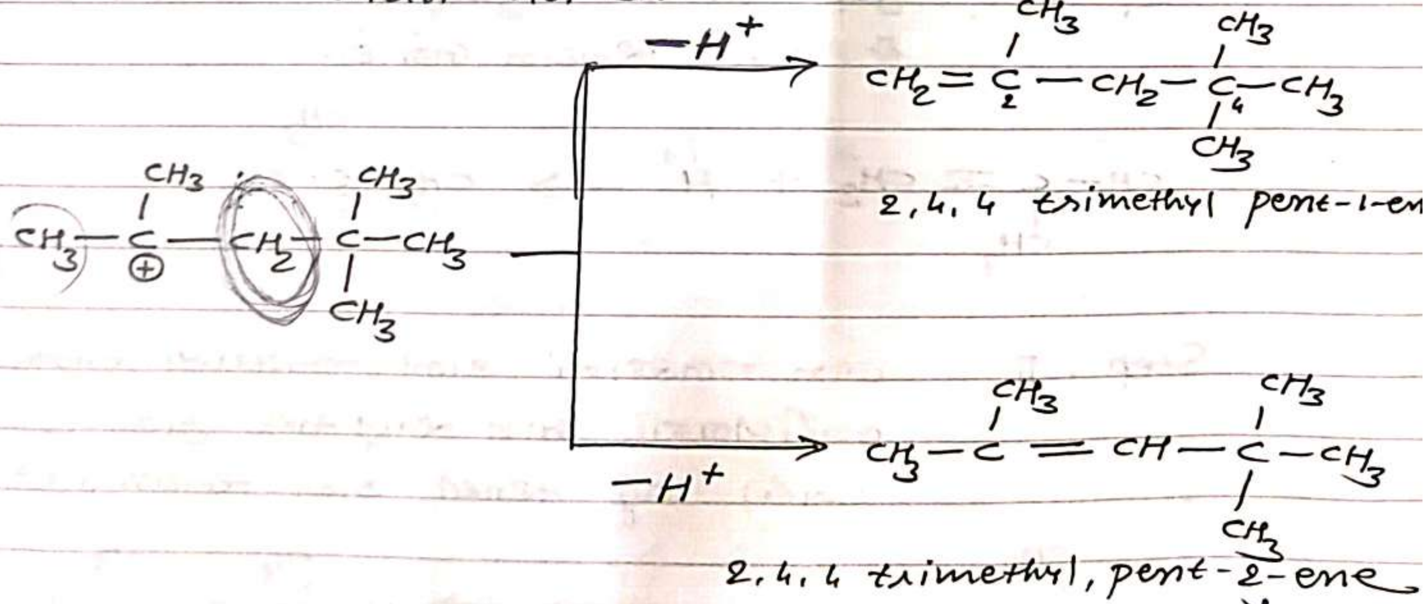
Step - I : પ્રથમ તબક્કામાં આઇસોબ્યુટીલીનમાં H_2SO_4 નો H^+ ઉમેરાતાં કાર્બોનિયમ આયન બને છે.



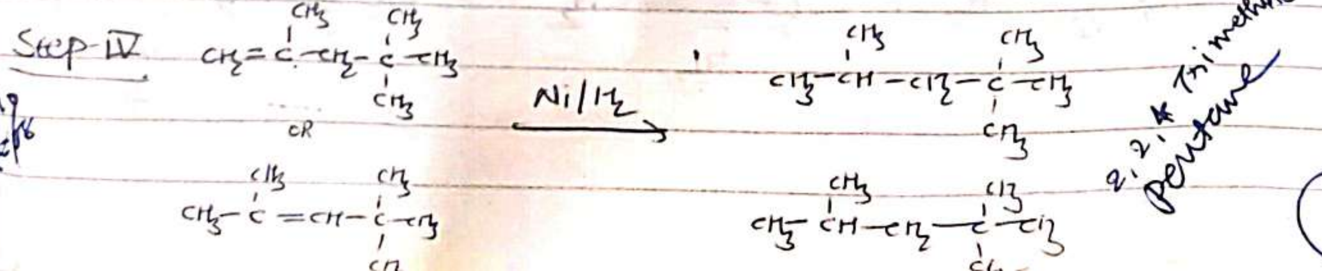
Step - II : બીજા તબક્કામાં 3°-બ્યુટાઇલ કાર્બો. આયન બીજા આઇસો બ્યુટીલીનનાં બીજા અણુ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી વધુ સ્થાયી કાર્બોનિયમ આયન બને છે.



Step - III : ત્રીજા તબક્કામાં આ નવો કાર્બો. આયન ~~[illegible]~~ માં ધનવિદ્યુતભારની બંને બાજુએથી H^+ દૂર થતાં બે નીપજ મળે છે.



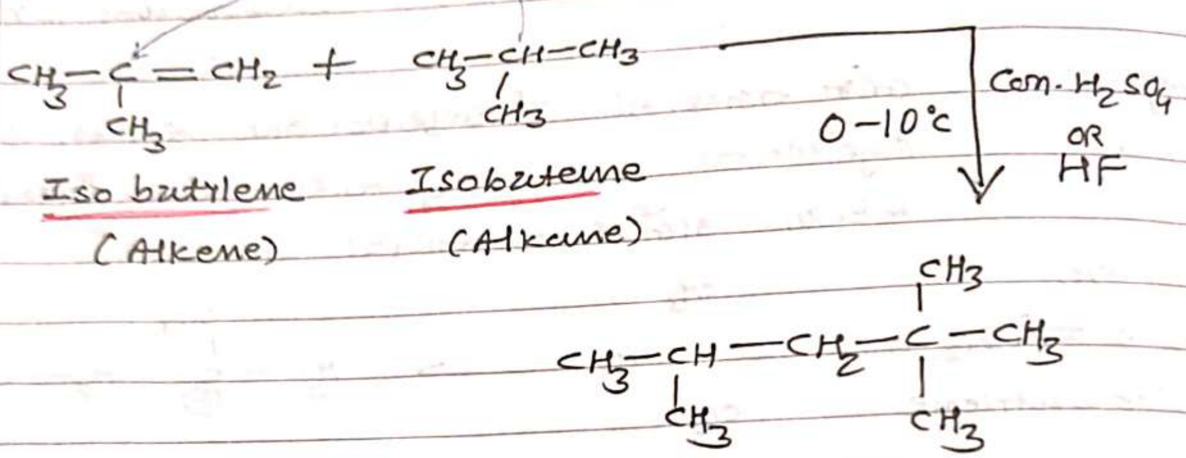
Step IV



(7)

Electrophilic Addition: Alkylation:

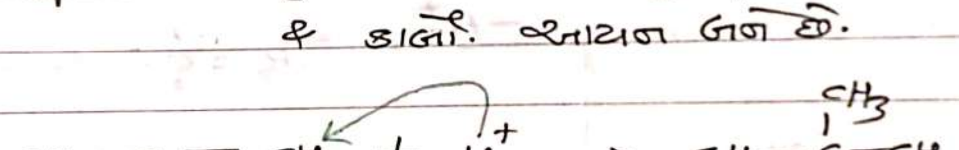
→ આઈસો બ્યુટીલીન માંથી આઈસો ઓક્ટેન બનાવવા માટે આ પદ્ધતિ વપરાય છે. (આઈસોબ્યુટેન + આઈસોબ્યુટીલીન $\xrightarrow[0-10^\circ C]{H_2SO_4 \text{ or } HF}$ iso ઓક્ટેન)



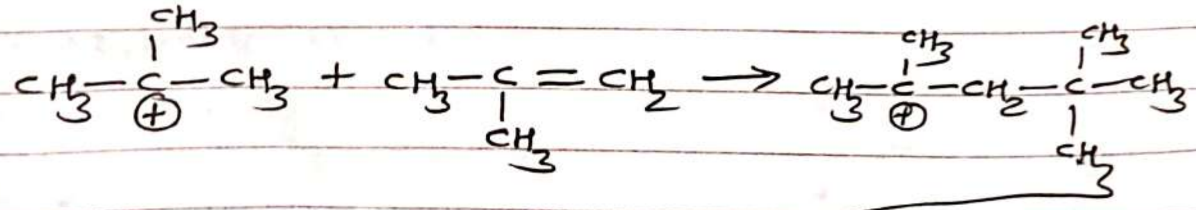
2,2,4 trimethyl pentane
(iso-octane)

Mechanism:

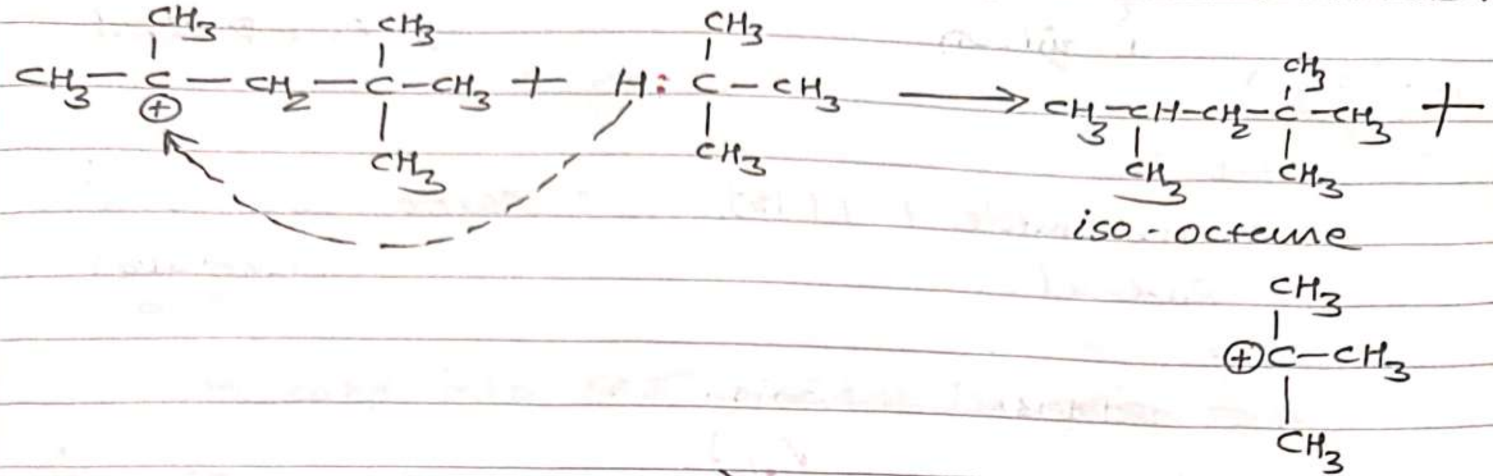
Step : I : પ્રથમ તબક્કામાં H_2SO_4 નો H^+ ઉમેરાય છે & કાર્બો. આયન બને છે.



Step : II : બીજા તબક્કામાં કાર્બો. આયનની આઈસો બ્યુટીલીનના બીજા અણુ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી વધુ સ્થાયી કાર્બો. આયન બને છે.



Step-III ત્રીજા તબક્કામાં આ કાર્બો કેટાયન આલ્કેનનાં અણુમાંથી હાઈડ્રાઈડ આયન (e^--યુગ્મ ધરાવતો H) ખેંચે છે & 3° "C" ધરાવતો આલ્કેન આપે છે. અહીં ઉત્પન્ન થયેલ 3° કાર્બો-કેટાયન પ્રક્રિયા સાંકળ ચાલુ રાખે છે.



(8)

Free Radical Addition :

મુક્તમૂલક યોગશીલન : પેરોક્સાઈડ પ્રેરિત HBr
OR યોગશીલન - ક્રિયાવિધિ :
(પ્રતિમાર્કોવનિકોફના નિયમની ક્રિયાવિધિ)

Kharasch effect

→ અસંમિતિય આલ્કીનની HBr સાથે પેરોક્સાઈડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરતાં એન્ટીમાર્કોવનિકોફના નિયમ મુજબ નીપજ મળે છે. ઈ.સ. 1933માં એમ.એસ. ખારાશ & એફ.આર. મેયો એ આ ક્રિયાવિધિનો અભ્યાસ કર્યો જે નીચે મુજબ છે.

peroxide → peroxide Radical → phenyl Radical
phenyl Radical + HBr → Bromide Radical
Br· + Alkene → Alkyl bromide Radical
Alkyl bromide Radical + HBr → Alkyl bromide + Br·

* Mechanism :

Step : I : peroxide ⟶ peroxide Radical → phenyl Radical

e.g.

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_5 \longrightarrow 2\,C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\ddot{O}\cdot$$

- Entropy = +
- Spontaneous reaction, so CO_2 remove easily.

$$\downarrow$$

$$2\,\dot{C}_6H_5 + 2CO_2$$

Step : II phenyl Radical + HBr ⟶ બેન્ઝીન + Bromide Radical

e.g.

$$\dot{C}_6H_5 + H-Br \longrightarrow C_6H_6 + \dot{Br}$$ (સાંકળની શરૂઆત)

Benzene

Step-III : Bromide Radical + Alkene → Alkyl bromide Radical

eg.

$CH_3-CH=CH_2 + Br\cdot \longrightarrow CH_3-\dot{C}H-CH_2-Br$

1-પ્રોપિન — 2°-free Radical

($CH_3-\dot{C}H-CH_2$ (Br) 1° (less stable))

Step-IV :

Alkyl bromide Radical + H:Br → Haloalkane + $\dot{B}r$ (શ્રૃંખલાની વૃદ્ધિ)

e.g.

~~અહીં મુક્તમૂલકની સ્થિરતાનો ક્રમ નીચે મુજબ છે.~~

પ્રક્રિયાનો અંત: $CH_3-\dot{C}H-CH_2-Br + H:Br \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-Br + \dot{B}r$

1-બ્રોમોપ્રોપેન

અહીં મુક્તમૂલકની સ્થિરતાનો ક્રમ નીચે મુજબ છે.

$3° > 2° > 1° > \dot{C}H_3$

* Other examples :

$R-CH=CH_2 + CCl_4 \xrightarrow{\text{પેરોક્સાઈડ}} R-CH(Cl)-CH_2-CCl_3$

($\overset{+}{Cl}CCl_3$)

Mechanism :

(i) peroxide → $\dot{R}$adical

(ii) $\dot{R}ad + Cl:CCl_3 \rightarrow Rad-Cl + \dot{C}Cl_3$ (C_6H_5)

(iii) $\dot{C}Cl_3 + R-CH=CH_2 \rightarrow R-\dot{C}H-CH_2-CCl_3$

(iv) $R-\dot{C}H-CH_2-CCl_3 + Cl:CCl_3 \longrightarrow R-CH(Cl)-CH_2-CCl_3 + \dot{C}Cl_3$

$R-CH=CH_2$ માં CCl_4 નું પેરોક્સાઈડની હાજરીમાં ઉમેરણ થાય છે.

Anti Markovnikov's Rule ↳ points

(i) Unsaturated H.C. Alkene / Alkynes

(ii) peroxide presence — Peroxide effect — Kharasch " (ખારાશ અસર) ($C_6H_5-CO-O-O-CO-C_6H_5$)

(iii) Unsym. Reagent HBr (HCl, HI, HF)

(iv) Free Radical Addition

(v) H^+ joint with the "C" having less H & Br^- joint with the "C" having more H.

You tube : Anti Markovnikov Rule A. Arora Sir

(ii) Termination viz. Disproportionation: ... $CH=CH_2$ + R + CH_2-CH_3 ...

(12)

Free Radical Poly.ⁿ → need heat, hν　　Free Rad. Polyⁿ of Alkene

Step-I Initiation Step: need initiator: Benzoyl peroxide, Acetyl peroxide: $C_6H_5-C(=O)-O-O-C(=O)-C_6H_5 \rightarrow 2C_6H_5-C(=O)-\dot{O} \rightarrow 2\dot{R} + CO_2$

$\dot{R} + CH_2=CH_2 \rightarrow R-CH_2-\dot{C}H_2$

Step-II Propagation: $R-CH_2-\dot{C}H_2 + CH_2=CH_2 \rightarrow R-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2 \xrightarrow{n\,CH_2=CH_2} R(CH_2-CH_2)_nCH_2-\dot{C}H_2$

Step-III Termination: Inhibitors: (i) Termination via Combination

$R(CH_2-CH_2)_nCH_2-\dot{C}H_2 + \dot{C}H_2-CH_2(CH_2-CH_2)_nR \rightarrow R-(CH_2-CH_2)_nCH_2-CH_2-CH_2-CH_2-(CH_2-CH_2)_nR$

(ii) Termination via Disproportionation: $2R(CH_2-CH_2)_nCH_2-\dot{C}H_2 \rightarrow R(CH_2-CH_2)_nCH=CH_2 + R(CH_2-CH_2)_nCH_2-CH_3$

મુક્તમૂલક રીતે ડાઇન નું બહુલીકરણ રબર તથા તેનાં વિસ્થાપકોની બનાવટ:

Polymerisation of Diene by Free Radical Reaction:

- 1:3 બ્યુટાડાઇન → પોલિ 1:3 બ્યુટાડાઇન
- આઇસોપ્રિન → cis પોલિ આઇસોપ્રિન (કુદરતી રબર)
- કુદરતી રબર → વલ્કે. રબર
- ક્લોરોપ્રિન → પોલિક્લોરોપ્રિન

→ ડાઇન સંયોજનોનું મુક્તમૂલક પ્રક્રિયાવિધિથી બહુલીકરણ કરવાથી રબર કે તેનાં વ્યુત્પન્નો પ્રાપ્ત થાય છે.

e.g.

1:3 બ્યુટાડાઇન નું મુક્તમૂલક ક્રિયાવિધિ ની મદદથી બહુલીકરણ કરતાં પોલિ 1:3 બ્યુટાડાઇન પ્રાપ્ત થાય છે. આ પ્રક્રિયા 1:4 યોગની દ્વારા થાય છે.

$$Rad\cdot + n\,CH_2=CH-CH=CH_2 \xrightarrow{\text{Poly}^n\ \Delta}$$

1:3 બ્યુટાડાઇન　　બેન્ઝોઇલ-પારૉક્સાઇડ

$$Rad-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2\sim\sim$$

$$\downarrow$$

$$[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$$

પોલિ 1:3 બ્યુટાડાઇન

આ પ્રકારનાં પોલિમરમાં દરેક મોનોમરમાં દ્વિબંધ આવેલો હોય છે

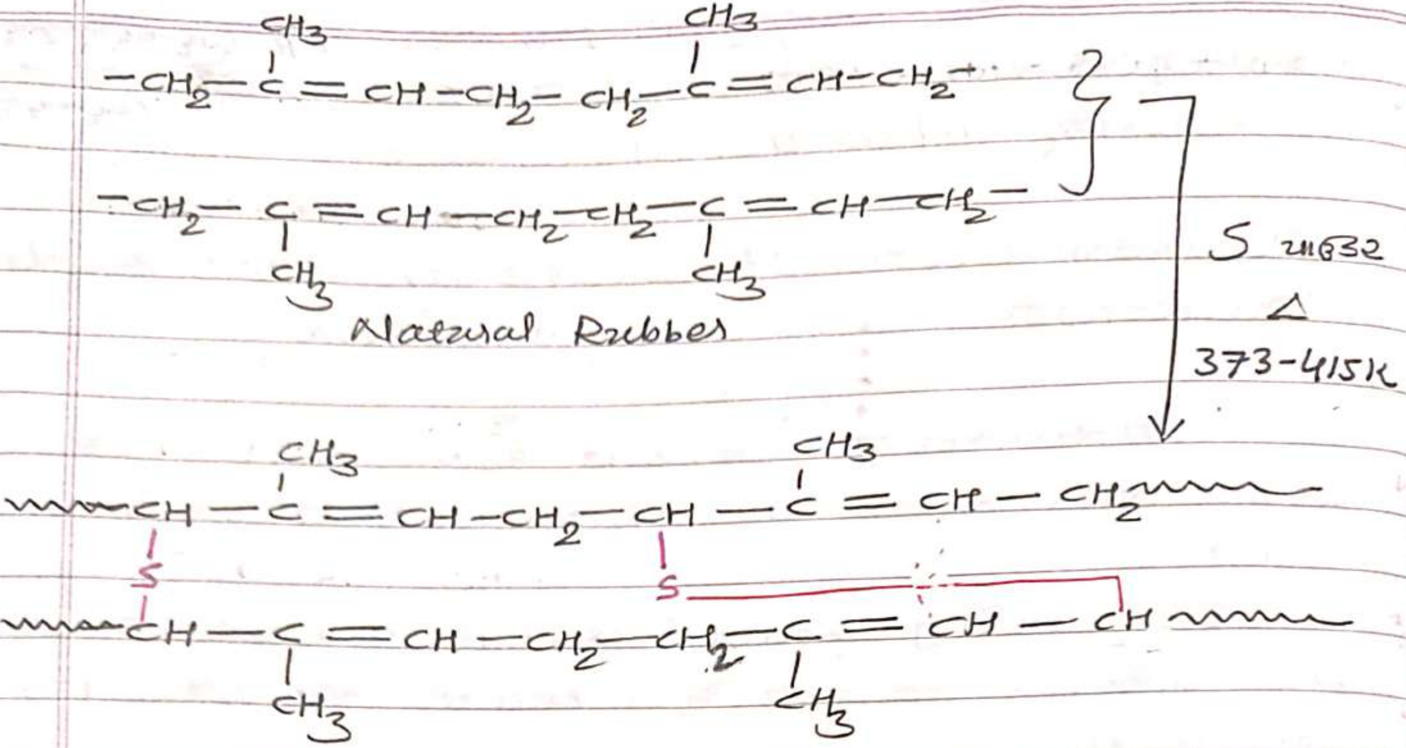
* Naturally Rubber:

$$n\,CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2 \xrightarrow{\text{poly}^n} \left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-\right]_n$$

આઇસોપ્રિન　　　　Cis-પોલિ આઇસોપ્રિન (Naturally Rubber)

→ કુદરતી રબરને "S" સાથે (373-415K) ગરમ કરતાં કુદરતી રબરની બે શૃંખલા વચ્ચે "S" bridge બનાવે છે પરિણામે રબર સખત અને મજબૂત બને છે. આ પદ્ધતિને Vulcanisation કહે છે અને આ રબરને Vulcanised Rubber કહે છે.

classmate
Date
Page



તે જ પ્રમાણે,

ક્લોરોપ્રિન નું પોલિમરાઇઝેશન કરવાથી પોલિક્લોરોપ્રિન બને છે જે કેટલીક બાબતોમાં કુદરતી રબરકરતાં નબળા ગુણધર્મો વાળો પરંતુ oil, Gasoline માં અવરોધકતાની બાબતે ચડિયાતો છે.

$$n\,CH_2=\underset{Cl}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2 \xrightarrow{poly^n} \left[CH_2-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2\right]_n$$

Chloroprene   polychloroprene (Neoprene)

(10)

કોન્જ્યુગેટેડ ડાઇન (એકાંતરિક દ્વિબંધ ધરાવતા) માં ઇ-અનુરાગી યોગશીલન OR 1:4 યોગશીલન:

→ એકાંતરિત દ્વિબંધ ધરાવતાં ડાઇનની (પેન્ટાડાઇન) Br_2 સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા કરતાં 1 & 4 થા સ્થાને આવેલા દ્વિબંધ આગળ બે Br_2 ક્રમશઃ ઉમેરાય છે & નીપજ તરીકે ટેટ્રાહેલો આલ્કેન મળે છે. આ પ્રક્રિયાને 1:4 યોગશીલન પ્રક્રિયા કહે છે.

1,4 પેન્ટાડાઇન + Br_2 → મધ્યવર્તી $\xrightarrow{Br_2}$ 1:4
1,3 બ્યુટાડાઇન + Br_2 → 1:2 & 1:4
2,4 હેક્ઝાડાઇન + HCl → 1:2 & 1:4

e.g.

eg. (2) $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_2(Br)-CH(Br)-CH_2-CH=CH_2$

1:4 પેન્ટાડાઇન

1:2 ડાયબ્રોમો પેન્ટીન

↓ Br_2

$CH_2(Br)-CH(Br)-CH_2-CH(Br)-CH_2(Br)$

1,2,4,5 ટેટ્રાબ્રોમો પેન્ટેન

તેજ પ્રમાણે,

eg. (1) $CH_2=CH-CH=CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_2(Br)-CH(Br)-CH=CH_2$ &

1:3 બ્યુટાડાઇન

1,2 ડાયબ્રોમો બ્યુટીન (1:2 યોગશીલ)

$CH_2(Br)-CH=CH-CH_2(Br)$

1,4 ડાયબ્રોમો 2-બ્યુટીન (1:4 યોગશીલ)

~~Mechanism~~ :

~~આ પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ જે તબક્કામાં પૂર્ણ થાય છે.~~

~~Step-II~~ તેજ પ્રમાણે,

e.g.

eg. (3) $CH_3-CH=CH-CH=CH-CH_3 \xrightarrow{HCl} CH_3-CH(H)-CH(Cl)-CH=CH-CH_3$

2,4 હેક્ઝાડાઇન

4-ક્લોરો, 2 હેક્ઝીન (1:2 નીપજ)

+

$CH_3-CH(H)-CH=CH-CH(Cl)-CH_3$

5-ક્લોરો, 3-હેક્ઝીન (1:4 નીપજ)

Mechanism: ક્રિયાવિધિ:

Step-I

$$CH_3-CH=CH-CH=CH-CH_3 + H^+ \longrightarrow$$

2-4 હેક્ઝાડાઈન

✓ → $CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{C}H-CH=CH-CH_3$ (I)

એલાઈલિક કાર્બો. આયન (સ્થાયી)

✗ → $CH_3-\overset{\oplus}{C}H-CH_2-CH=CH-CH_3$

આમ પ્રથમ તબક્કામાં કોન્જ્યુગેટેડ ડાઈનમાં ગમે તે એક છેડે યોગશીલ પ્રક્રિયા થાય છે & સ્થાયી એલાઈલિક કાર્બો. આયન બને છે. આ જ કાર્બો. આયન (I) ના બે સ્વરૂપો શક્ય છે.

$CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{C}H-CH=CH-CH_3$ (A) & $CH_3-CH_2-CH=CH-\overset{\oplus}{C}H-CH_3$ (B)

Step-II

$$\underset{(A)}{CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{C}H-CH=CH-CH_3} + Cl^- \longrightarrow \overset{1}{C}H_3-CH_2-\overset{2}{C}H(Cl)-CH=CH-CH_3$$

(1 : 2 યોગશીલન)

+

$$\underset{(B)}{CH_3-CH_2-CH=CH-\overset{\oplus}{C}H-CH_3} + Cl^- \longrightarrow \overset{1}{C}H_3-CH_2-CH=CH-\overset{4}{C}H(Cl)-CH_3$$

(1 : 4 યોગશીલન)

દ્વિતીય તબક્કામાં કાર્બો. આયન (A) & (B) ની Cl^- સાથે પ્રક્રિયા થતાં 1:2 કે 1:4 યોગશીલન પ્રક્રિયા થાય છે & આથી 1:2 યોગશીલ કે 1:4 યોગશીલ નીપજ મળે છે.

Kinetic product : $CH_2=CH-CH=CH_2 + H^+ \xrightarrow{-40^\circ C} \underset{H}{CH_2}-\overset{\oplus}{C}H-CH=CH_2$ (more stable) $\xrightarrow[\text{attack easily on 2}]{Cl^-}$ $\underset{H}{CH_2}-\underset{Cl}{CH}-CH=CH_2$ Kinetic product

When you discussed about Rate of reacⁿ so it is kinetically controlled product ∴ Rate is high

Thermodynamic : $CH_2=CH-CH=CH_2 + H^+ \xrightarrow{+40^\circ C} \underset{H}{CH_2}-CH=CH-\overset{\oplus}{C}H_2$ (less stable) $\xrightarrow[\text{Rate of reacⁿ low}]{Cl^-}$ $\underset{H}{CH_2}-CH=CH-\underset{Cl}{CH_2}$ More stable

(જેની stability વધારે)

(11)

1:2 વિરુદ્ધ 1:4 સંયોગીકરણ (Rate Vs. Equilibrium

→ 1:2 વિરુદ્ધ 1:4 સંયોગીકરણ પ્રક્રિયા નીચેના ઉ.દા. વડે સમજાવી શકાય.

$CH_2=CH-CH=CH_2 + HBr$.
1:3 બ્યુટાડાઇન

$-80^\circ C$ (193K) ↓ | (313K) ↓ $40^\circ C$

$\underset{H}{\overset{1}{C}H_2}-\underset{Br}{\overset{2}{C}H}-CH=CH_2$ (80%) (1:2 addition)

$\underset{H}{\overset{1}{C}H_2}-CH=CH-\underset{Br}{\overset{4}{C}H_2}$ (1:4 addition) (20%)

$\xrightarrow{40^\circ C}$

$\underset{H}{\overset{1}{C}H_2}-\underset{Br}{\overset{2}{C}H}-CH=CH_2$ (20%) (1:2 addition)

$\underset{H}{\overset{1}{C}H_2}-CH=CH-\underset{Br}{\overset{4}{C}H_2}$ (1:4 addition) (80%)

→ ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ 1:3 બ્યુટાડાઇન ની HBr સાથે -80°C તાપમાને પ્રક્રિયા કરવાથી 80% 1:2 & 20% 1:4 નીપજ મળે છે જ્યારે 40°C તાપમાને પ્રક્રિયા કરવાથી 20% 1:2 & 80% 1:4 નીપજ મળે છે. આ નીપજો તાપમાન પર આધારિત છે. આથી તેમની વચ્ચે (ઉષ્મીય) સંતુલન સ્થપાયેલું હોય છે. અહીં વાસ્તવમાં સંતુલન મિશ્રણમાં 1:4 નીપજ નું પ્રમાણ વધારે હોય છે.

→ અહીં -80°C તાપમાને 1:4 કરતાં 1:2 નીપજ વધુ પ્રમાણમાં મળે છે. અર્થાત 1:4 કરતાં 1:2 નીપજ ઝડપથી બને છે. તાપમાન વધારતાં આ મિશ્રણ એ સંતુલન મિશ્રણમાં ફેરવાય છે.

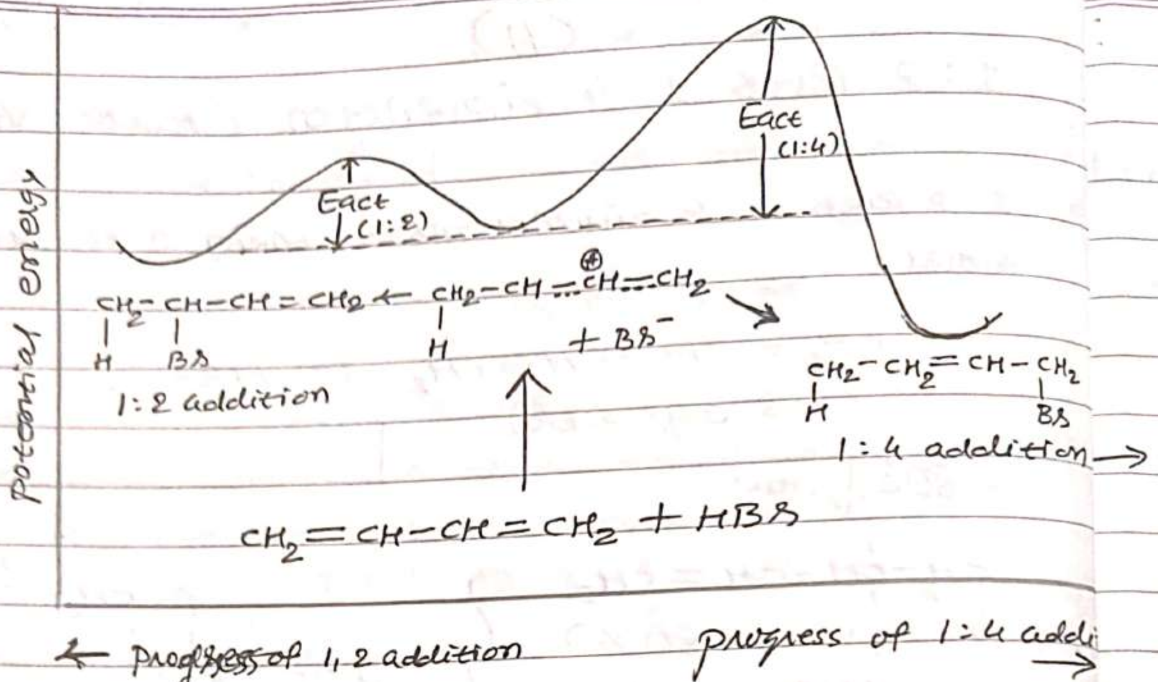
→ 1:2 OR 1:4 નીપજ નું પ્રમાણ → પોટેન્શિયલ ઊર્જાનો આલેખ દોરતાં તે નીચે મુજબ પ્રાપ્ત થાય છે.

(P.T.O.)

E_{act} (1:2 Adduct) < E_{act} (1:4 adduct)

- વધુ ઝડપથી બને
- વધુ પ્રમાણમાં બને

- વધુ સ્થાયી
- ઓછા ઊર્જા લેવલ



આલેખ પરથી કહી શકાય કે,

અહીં 1:3 બ્યુટાડાઇનની HBr સાથે પ્રક્રિયા થતાં પ્રથમ કાર્બોનિયમ આયન ઉત્પન્ન થાય છે. આ કાર્બો. આયનમાંથી 1:4 કરતાં 1:2 નીપજ ઝડપી બને છે. આથી 1:4 કરતાં 1:2 નીપજની સક્રિયકરણ શક્તિ ઓછી હોય છે. આમ છતાં પણ 1:2 નીપજ કરતાં 1:4 નીપજ વધુ સ્થાયી છે. આથી તેનો ઓછી ઊર્જા લેવલ દર્શાવેલ છે.

ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ 1:2 & 1:4 નીપજો (આલાઇલ હેલાઇડ) સરળતાથી આયનીકરણ પામી સમાન કાર્બો. આયન ઉત્પન્ન કરે છે. અને 1:2 તથા 1:4 નીપજ આ કાર્બો. આયન દ્વારા સંતુલન સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે.

✓ અહીં 1:2 નીપજ ઝડપથી બને છે & ઝડપથી આયનીકરણ પામે છે. જ્યારે 1:4 નીપજ ધીમેથી બને છે & ધીમેથી આયનીકરણ પામે છે. આમ ઊંચા T વધુ સ્થાયી (1:4) નીપજ બને. અર્થાત્ 1:2 નીપજ એ 1:4 નીપજ કરતાં ઝડપથી બને.

$CH_2=CH-CH=CH_2 + HBr$

↓

$CH_2(H)-CH\cdots\overset{\oplus}{C}H\cdots CH_2 + Br^-$ (કાર્બોનિયમ આયન)

⇌ $CH_2(H)-CH(Br)-CH=CH_2$ — 1:2 નીપજ

⇌ $CH_2(H)-CH=CH-CH_2(Br)$ — 1:4 નીપજ

$$CH_2=CH-CH=CH_2 + Br\cdot CCl_3 \xrightarrow{Peroxide} \underset{CCl_3\ \ Br}{CH_2-CH}-CH=CH_2 \;(1:2) + \underset{CCl_3}{CH_2}-CH=CH-\underset{Br}{CH_2} \;(1:4)$$

(12)

Reactivity of "Free Radical Addition" in Conjugated dien:

કોન્જ્યુગેટેડ ડાઇનમાં મુક્તમૂલક યોગશીલ પ્રક્રિયાની સક્રિયતા સમજાવો.

→ કોન્જ્યુગેટેડ ડાઇનમાં મુક્તમૂલક યોગશીલ પ્રક્રિયાની સક્રિયતા 1:3 બ્યુટાડાઇન ની Br-CCl3 સાથે પેરોક્સાઇડ ઉદ્દીપક ની હાજરીમાં થતી પ્રક્રિયાનું ઉ.દા.-લઈને સમજાવી શકાય. આ પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ નીચે મુજબ છે.

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_5 \longrightarrow 2C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{O} \longrightarrow 2\dot{C}_6H_5 + 2CO_2$$

Step : I : $\text{peroxide} \longrightarrow \text{Rad}\cdot\ (\dot{C}_6H_5)$

Step : II : $\underset{\dot{C}_6H_5}{\text{Rad}\cdot} + Br-CCl_3 \longrightarrow \underset{C_6H_5-Br}{\text{Rad}-Br} + \dot{C}Cl_3$

Step - III : $CH_2=CH-CH=CH_2 + \dot{C}Cl_3$

1 : 3 બ્યુટાડાઇન

$$Cl_3C-CH_2-\dot{C}H-CH=CH_2 \text{ (સ્થાયી) (2° free rad)} \qquad Cl_3C-CH_2-CH=CH-\dot{C}H_2 \text{ (1° free rad)}$$

$$\downarrow$$

$$Cl_3C-CH_2-\dot{C}H-CH=CH_2$$

એલાઈલિક મુક્તમૂલક (સ્થાયી)

Step - IV

$$Cl_3C-CH_2-\dot{C}H-CH=CH_2 \xrightarrow{BrCCl_3} Cl_3C-\overset{1}{C}H_2-\underset{Br}{\overset{2}{C}H}-CH=CH_2 \text{ (1 : 2 યોગશીલ)}$$

એલાઈલિક મુક્તમૂલક

$$+$$

$$Cl_3C-\overset{1}{C}H_2-CH=CH-\overset{4}{C}H_2-Br \text{ (1 : 4 યોગશીલ)}$$

ઉત્તર: ↓

(21)

$$CH_3-CH=CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{>300^\circ C} CH_2=CH-CH_2-Cl + HCl$$

ઊંચા તાપમાને પ્રોપિનની Cl_2 સાથે પ્રક્રિયા કરતાં એલાઈલ ક્લોરાઈડ મળે છે. આ પ્રક્રિયા યોગશીલ નથી પરંતુ વિસ્થાપન પ્રકારની છે.

તબક્કો: 1 (Initiation) પ્રથમ તબક્કામાં ક્લોરિન મુક્ત મૂલક બને છે.

$$Cl-Cl \xrightarrow{>300^\circ C} Cl\cdot + Cl\cdot$$

તબક્કો: 2 (Propagation):

બીજા તબક્કામાં ક્લોરીન મુક્તમૂલક પ્રોપિન સાથે પ્રક્રિયા કરે છે કે સ્થાયી એલાઈલમુક્ત મૂલક રચે છે.

$$Cl\cdot + CH_2=CH-CH_2-H \rightarrow [CH_2=CH-\dot{C}H_2 \leftrightarrow \dot{C}H_2-CH=CH_2] + HCl$$

તબક્કો: 3 (Termination):

ત્રીજા તબક્કામાં સ્થાયી એલાઈલ મુક્તમૂલકની ફરીથી Cl_2 સાથે પ્રક્રિયા થતાં અંતિમ નીપજ તરીકે એલાઈલ ક્લોરાઈડ મળે છે.

$$CH_2=CH-\dot{C}H_2 + Cl-Cl \rightarrow CH_2=CH-CH_2Cl + Cl\cdot$$

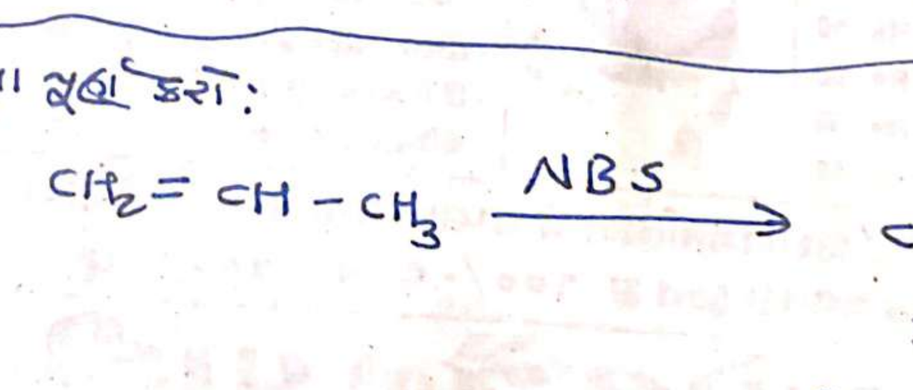
એલાઈલ ક્લોરાઈડ

અહીં π બંધ ધરાવતા પ્રોપિનમાં Cl· ઉમેરાય છે કે ત્યારબાદ પ્રતિવર્તી રીતે દૂર પણ થઈ જાય છે. આથી π બંધને કોઈ અસર થતી નથી કે આમ વિસ્થાપન નીપજ મળે છે.

પ્રક્રિયા પૂર્ણ કરો:

(i) $CH_2=CH-CH_3 \xrightarrow{NBS} CH_2=CH-CH_2-Br$

3-બ્રોમો 1-પ્રોપિન

(ii) 

3-બ્રોમો સાયક્લો હેક્ઝીન

Syn & Anti Addition: Concept
(Same side) (Opposite side)

→ Syn & Anti યોગશીલન પ્રક્રિયા દરમિયાન આલ્કીન/આલ્કાઇન ની યોગ્ય પ્રક્રિયક સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી એક π બંધ & એક σ બંધનું વિભાજન થાય છે & બે નવા σ-બંધ નું નિર્માણ થાય છે.

→ Syn યોગશીલન દરમિયાન પ્રક્રિયક આલ્કીન પર આગળની બાજુથી attack કરે છે, & તે સમાન બાજુએથી જોડાય છે. જ્યારે anti યોગશીલન દરમિયાન પ્રક્રિયક આલ્કીન પર પાછળની બાજુથી attack કરે છે & તે વિરુદ્ધ બાજુએથી જોડાય છે.

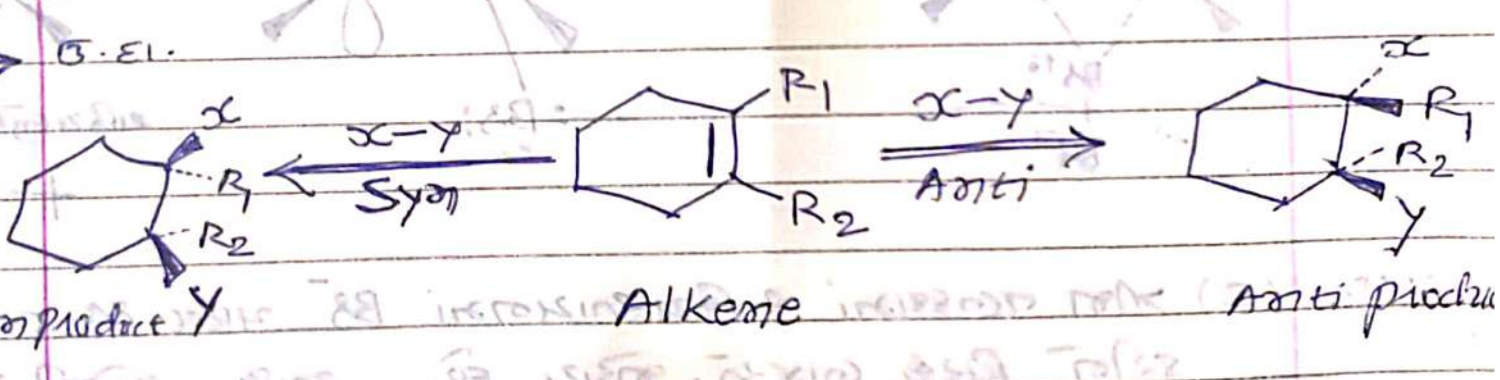
→ સામાન્ય પ્રક્રિયા :

$$>C=C< \; + \; X-Y \longrightarrow -\underset{X}{\overset{|}{C}}-\underset{Y}{\overset{|}{C}}-$$

(π-બંધ) (σ-બંધ) — વિભાજન પામતા બંધો

(2 "σ-બંધ) — સર્જન પામતા બંધો

→ ઉ.દા.

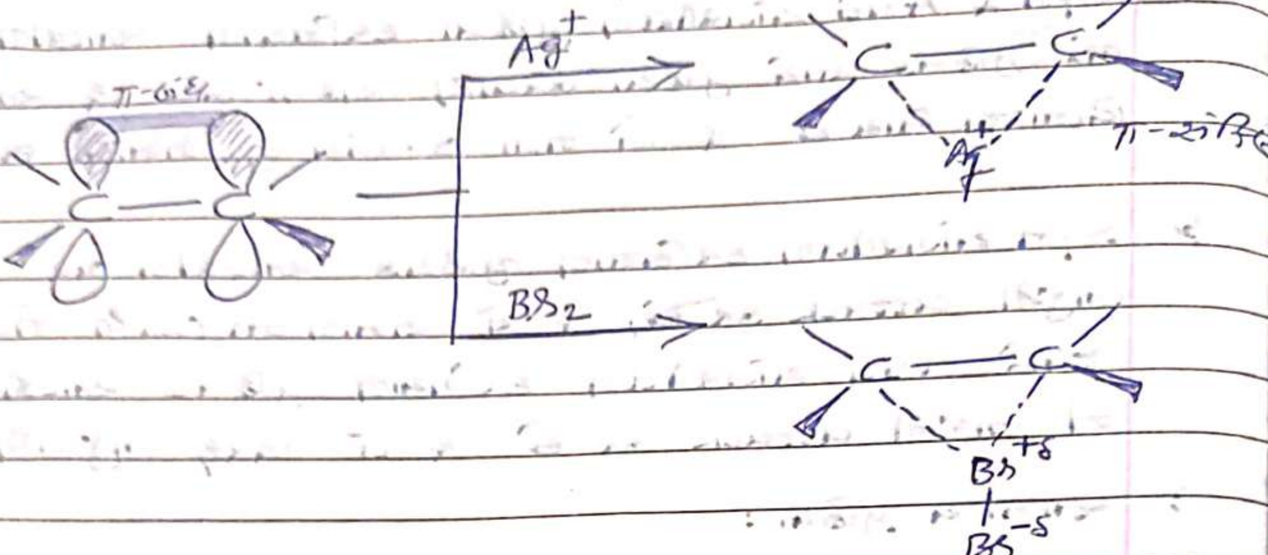


Syn product   Alkene   Anti product

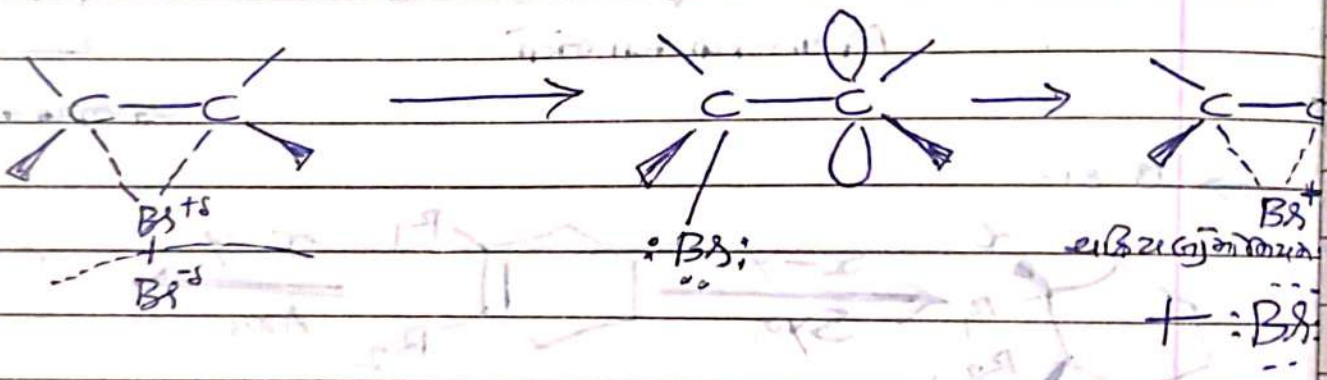
→ Mechanism :

Step-(I) આલ્કીનની p-કક્ષકો એકબીજામાં સંમિશ્રિત થઈને π e^- નું વાદળ (π-બંધ) બનાવે છે. આ આલ્કીનની જ્યારે e^--અનુરાગી પ્રક્રિયકો જેવા કે H^+, NO_2^+ OR તટસ્થ પ્રક્રિયકો જેવા કે Br_2 OR લુઈસ એસિડ જેવા કે BF_3, $AlCl_3$ OR ધાતુ આયનો (p-કક્ષક વાળા) જેવા કે Ag^+, Pb^{+2}, Hg^{+2} સાથે સરળ પ્રક્રિયા થાય છે

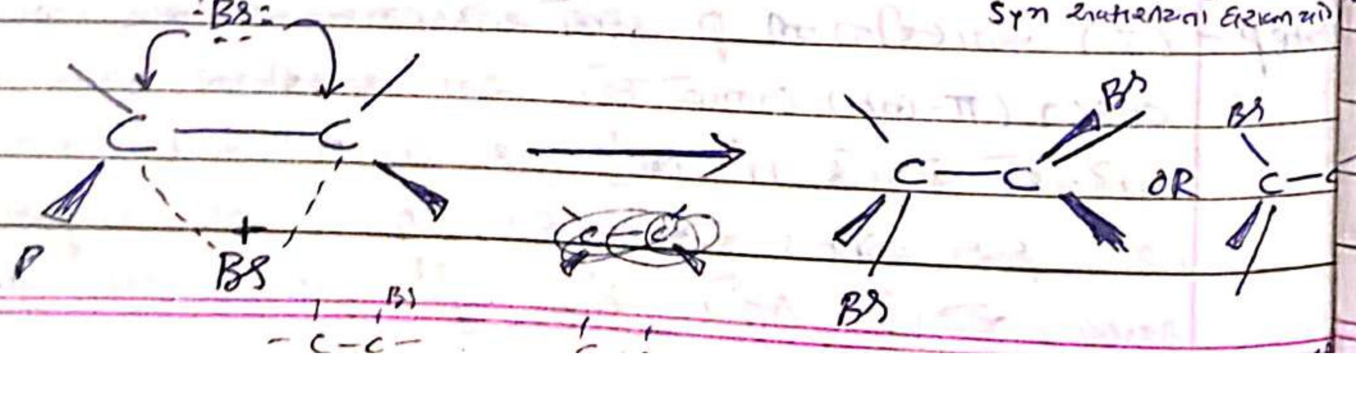
ત્યારે તેના આલ્કીનમાં π-બંધ સાથે પ્રક્રિયા કરે છે કે
π-સંકિર્ણ બનાવે છે. e.g.



Step-(II) બીજા તબક્કામાં આ π-સંકિર્ણનું ચક્રિયઆયન માં રૂપાંતર થાય છે.



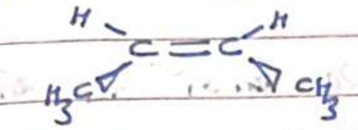
Step-(III) ત્રીજા તબક્કામાં ચક્રિયઆયનમાં Br^- પાછળ થી attack કરીને વિરુદ્ધ બાજુએ જોડાય છે. આથી એન્ટી ઉમેરણ દ્વારા આંતરિક નીપજ મળે છે. જો સમાન બાજુએ જોડાય તો
Syn ઉમેરણ દ્વારા



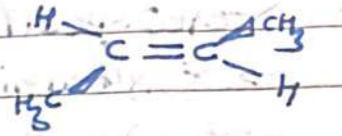
Stereoselective & Stereospecific Reaction:
પસંદગીયુક્ત (ચોક્કસ)

2-બ્યુટીનમાં બે ભૌમિતીય સમઘટકો છે

(i) cis 2-બ્યુટીન

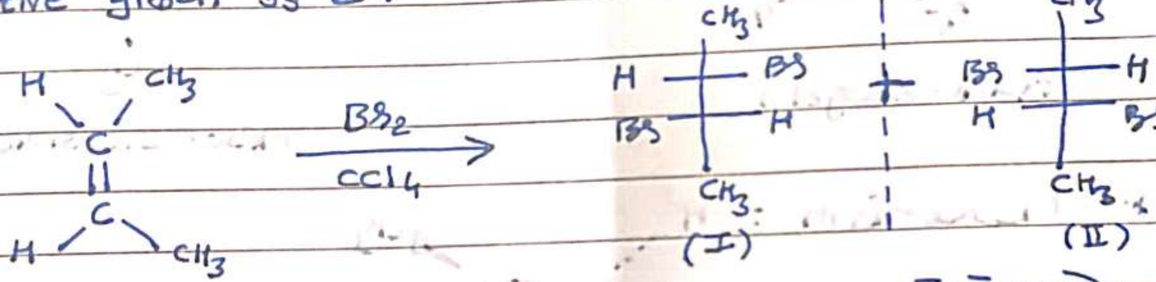


(ii) trans-2-બ્યુટીન



Stereoselective Reaction:

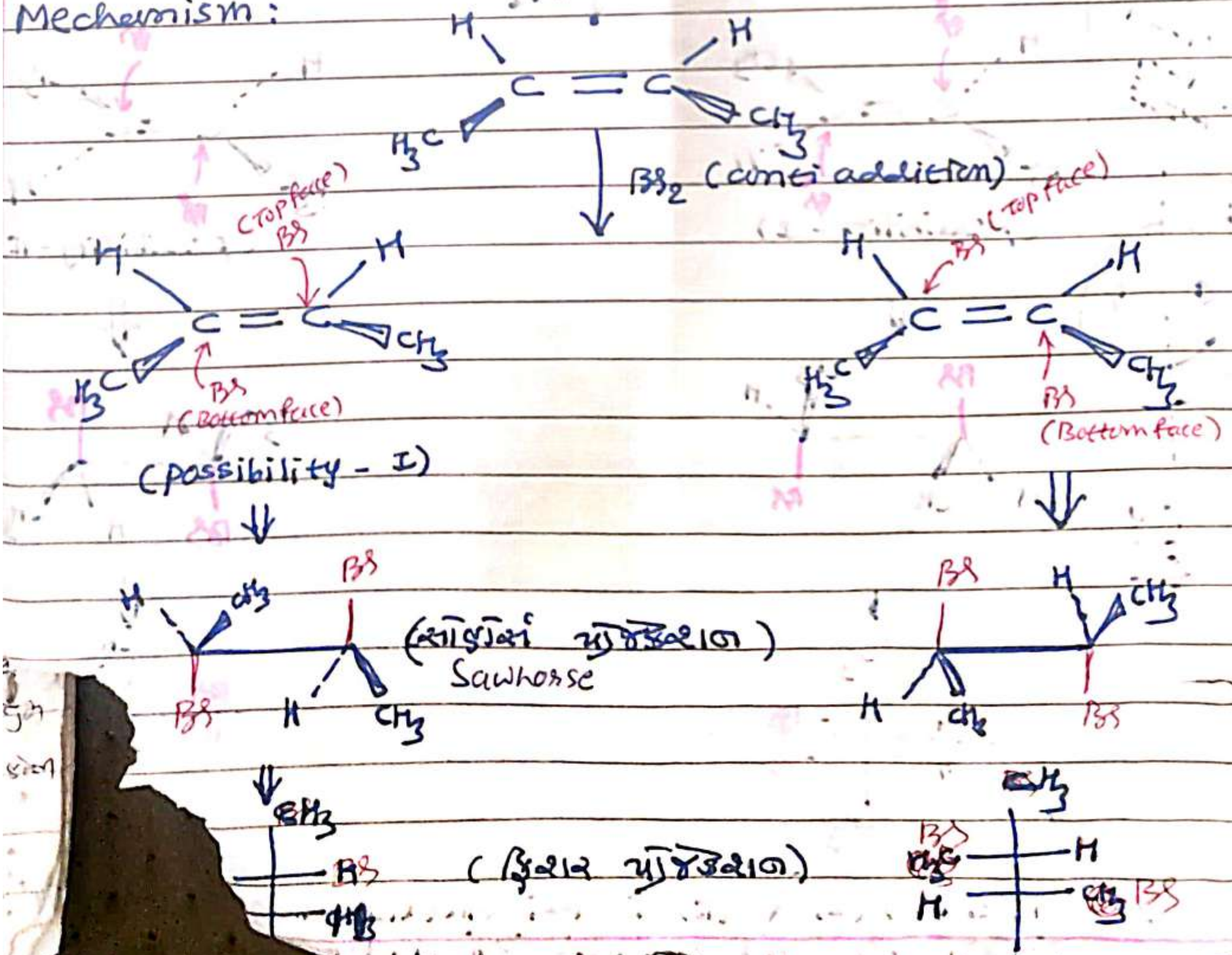
જે પ્રક્રિયામાં ભૌમિતીય સમઘટકોમાંથી કોઈ પણ એક સમઘટક (cis) માંથી નીપજ તરીકે પ્રતિબિંબી યુગ્મ (ઈનેન્શીયોમર્સ) બને તેને stereo selective પ્રક્રિયા કહે છે.



cis-2-બ્યુટીન

2, 3 ડાયબ્રોમોબ્યુટેન (Enantiomers) (Recemic Mix)

Mechanism:



...ભિગાનો ... સરખા ... તેમને meso સમઘટક કહે છે. તેથી ધ્રુવીય ...

(25)

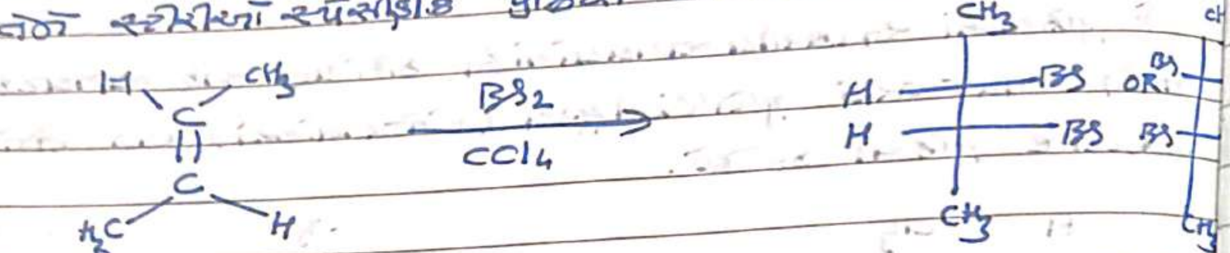
સમઘટકમાં પ્રતિબિંબ છે.

આ બંને પ્રકાશીય સમઘટક (I) & (II) એકબીજાના પ્રતિબિંબ છે. તેમાં બે કિરાલ "C" આવેલા છે. આથી તેમને ઇનેન્શીયોમર્સ કહે છે. પરંતુ તેમાં "આરસીતલ" આવેલું છે. આથી તેઓ પ્રકાશ ક્રિયાશીલ છે.

પરંતુ સમતલનાર ... સમતા નથી.

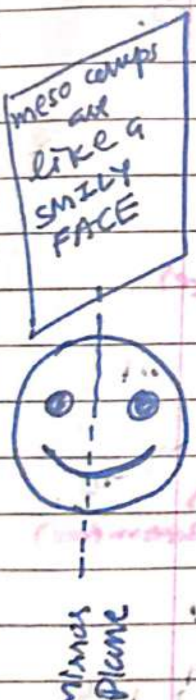
* Stereospecific Reaction:

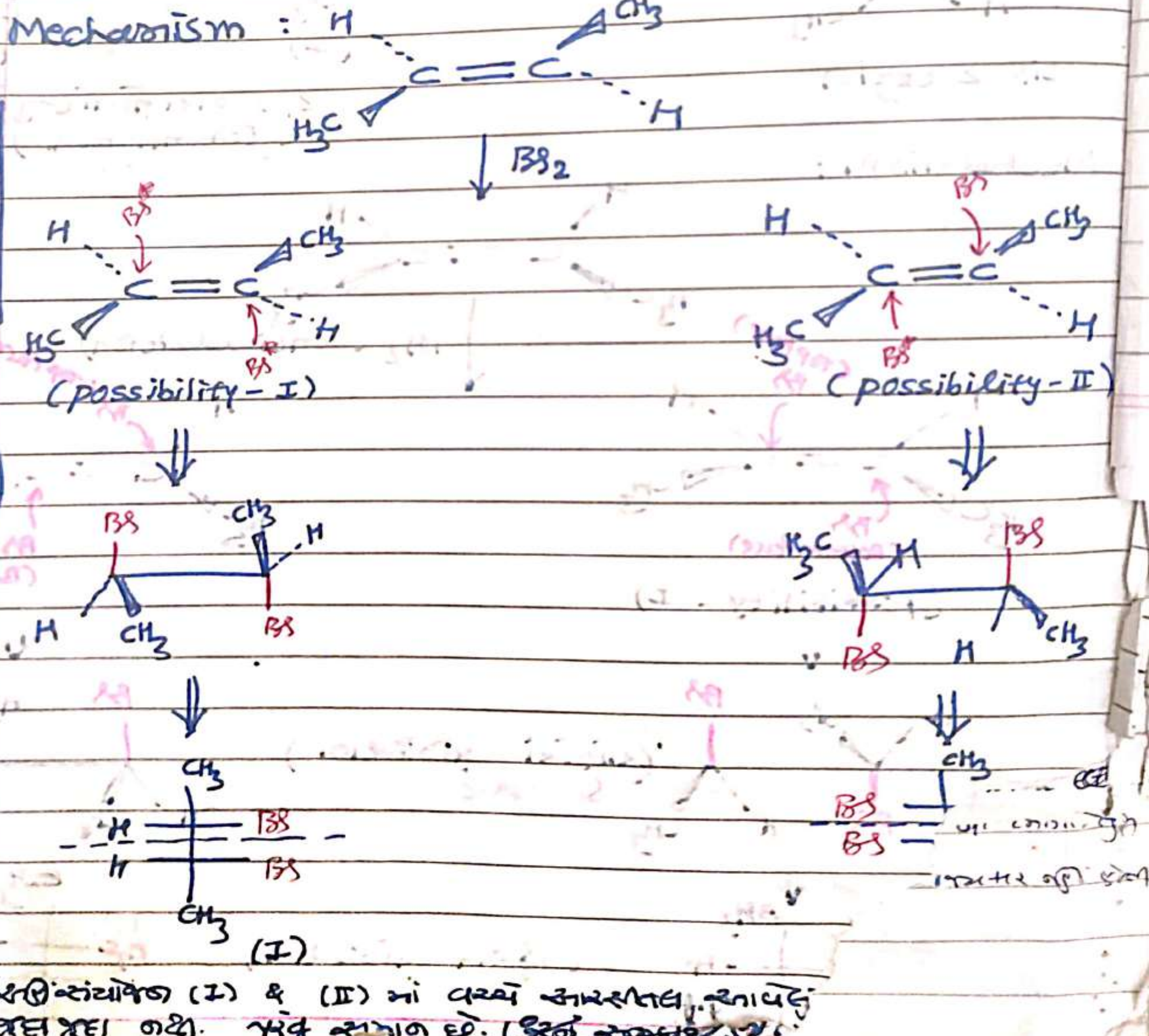
→ જે પ્રક્રિયામાં ત્રિપરિમાણીય સમઘટકોમાંથી કોઈ પણ એક સમ... (trans) માંથી નીપજ તરીકે ફક્ત એક જ સમઘટક (meso) ઉત્પન્ન કરે છે. તેને સ્ટીરીયો સ્પેસીફીક પ્રક્રિયા કહે છે.



trans-2-બ્યુટીન   meso- 2,3 ડાયબ્રોમોબ્યુટેન

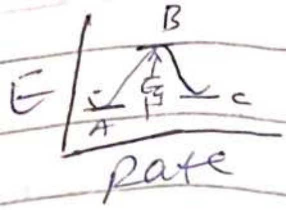
* Mechanism :





→ અહીં સંયોજન (I) & (II) માં વચ્ચે આરસીતલ આવેલું છે. જુદા જુદા નથી. પરંતુ સમાન છે. (...)

... પ્રકાશક્રિયા ...



$CH_3-CH_2-\overset{3}{CH}=\overset{4}{CH}-CH_2-CH_3 + Br_2 \longrightarrow$ 3,4 dibromo hexane.

(26)

Initiation: $Br_2 \xrightarrow{h\nu} Br\cdot + Br\cdot$

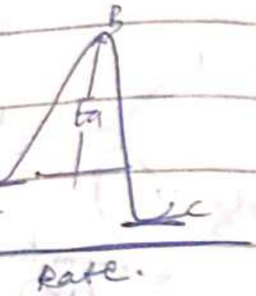
Propagation: $\dot{Br} + CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3 \longrightarrow$

$CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\dot{CH}-CH_2-CH_3$

$CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\dot{CH}-CH_2-CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\underset{Br}{CH}-CH_2-CH_3 + Br\cdot$

Termination: $\dot{Br} + \dot{Br} \longrightarrow Br_2$

$CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\dot{CH}-CH_2-CH_3 + \dot{Br} \longrightarrow CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\underset{Br}{CH}-CH_2-CH_3$



Q. 3-હેક્ઝીનની Br_2 સાથે મુક્તમૂલક યોગશીલ પ્રક્રિયા સમજાવો.