એકમ

8

પોલિમર

8.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

આપણા રોજિંદા જીવનમાં પોલિમર છવાયેલું છે. દૈનિક જરૂરિયાતો તેના ઉપયોગ વિના અધૂરી છે. પોલિમર સિવાયની દુનિયાની કલ્પના અશક્ય છે. ભૌતિક સગવડો અને જીવન વધુ સરળ બનાવવામાં પોલિમર એક અનિવાર્ય આવશ્યકતા બન્યું છે. પ્લાસ્ટિકની કોઈ પણ વસ્તુ જેવી કે બાળકોના રમકડાં હોય, ખરીદી માટેની પોલિથીન બૅગ હોય કે સિન્થેટિક કપડાં હોય, વાહનોના ટાયર હોય કે મશીનોના સ્પૅરપાર્ટ્સ હોય, ઈલેક્ટ્રિક વાયરોનું ઈન્સ્યુલેટેડ (અવાહક) આવરણ હોય કે શૉક(વીજળી)પ્રૂફ ઉપકરણો હોય, વાહનોનું ઈન્ટિરીયર હોય કે મકાનનું, મેડિકલ ક્ષેત્ર હોય કે ફાર્મસી ક્ષેત્ર, પ્રત્યેક સ્થાનમાં પોલિમર વર્ચસ્વ જમાવીને બેઠું છે. ભવિષ્યમાં ધાતુનું સ્થાન પોલિમર લેશે તેવી શક્યતા છે.

દૈનિક જરૂરિયાત કે ઔદ્યોગિક વિકાસમાં અત્ર તત્ર સર્વત્ર વધુ કે ઓછા પ્રમાણમાં પોલિમર છવાયેલું છે. ઉદ્યોગોમાં મોટા પાયે પોલિમરનો ઉપયોગ પ્લાસ્ટિક, ઈલેસ્ટોમર, ફાઈબર પેઈન્ટ અને વાર્નિશની બનાવટમાં થાય છે. પોલિમર શબ્દ બે ગ્રીક શબ્દો–'પોલિ' અને 'મર'ના સમન્વયથી બન્યો છે. જેમાં પોલિ એટલે વધુ અને મર એટલે એકમ, ભાગ કે વિભાગ, પોલિમર એટલે ઊંચા આણ્વિયદળ (10^3 – 10^7u) ધરાવતા અણુઓ જે વધુ સંખ્યામાં અણુઓ જોડાઈને બનતો વિરાટ કદનો અણુ. પોલિમરને સામાન્યતઃ મેક્રોમોલેક્યુલસ નામે રજૂ કરવામાં આવ્યો છે. પોલિમરમાં અનેકવાર પુનરાવર્તિત થતો સાદો એકમ કે અણુ **મૉનોમર** કહેવાય છે. આવા સાદા એકમો કે સક્રિય અણુઓ એકબીજા સાથે સહસંયોજક બંધથી જોડાય છે. મૉનોમર એકબીજા સાથે મોટી સંખ્યામાં સહસંયોજક બંધથી જોડાઈને વિરાટ કદનો અણુ (પોલિમર) બનાવે છે. આ ક્રિયાને **પોલિમરાઈઝેશન** કહે છે. પોલિમરના વિરાટ અણુમાં જે એકમનું વારંવાર પુનરાવર્તન થાય છે તેને **આવર્તનીય એકમ (Repeating unit)** કહે છે. **પોલિમર અણુમાં આ પુનરાવર્તિત એકમની સંખ્યા 'n'ને "પોલિમરાઈઝેશન અંશ" કહે છે.** દા.ત., ઇથિન મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓ એકબીજા સાથે જોડાઈને પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી જે વિરાટ કદનો અણુ બનાવે છે તેને પોલિથીન કહે છે. તે જ પ્રમાણે હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન અને ઍડિપિક ઍસિડના અસંખ્ય અણુઓ વચ્ચે આંતરપ્રક્રિયા થઈને વિરાટ કદ ધરાવતો પોલિમરનો અણુ બને છે. જેને નાયલૉન-6,6 કહે છે.

(i) $nCH_2{=}CH_2 \xrightarrow{\text{પોલિમરાઇઝેશન}} n\left[CH_2-CH_2\right] \longrightarrow \left[CH_2-CH_2\right]_n$

ઇથિન — આવર્તનીય એકમ — પોલિથીન

(ii) $nNH_2(CH_2)_6NH_2 + nHOOC(CH_2)_4COOH \xrightarrow{\text{પોલિમરાઇઝેશન}} \left[\overset{H}{\overset{|}{N}}-(CH_2)_6-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_n + nH_2O$

હેક્ઝા મિથિલીન ડાયએમાઇન — એડિપિક ઍસિડ — નાયલૉન-6,6

જો પોલિમરાઇઝેશન અંશ 'n'નું મૂલ્ય 25 એકમ કરતાં ઓછું ($n < 25$) હોય તો તે પોલિમરને **ઓલિગોમર** કહે છે. સામાન્યતઃ ઓલિગોમર પ્રવાહી અવસ્થામાં હોય છે. ફેવિકોલ જેવા એડહેસિવ અને પેઇન્ટમાં વપરાતા પ્રવાહી પોલિમર ઓલિગોમર છે. જો પોલિમરાઇઝેશન અંશ 'n'નું મૂલ્ય 25 એકમ કરતાં વધુ ($n > 25$) હોય તો તે પોલિમરને **ભારે પોલિમર** કહે છે. સામાન્યતઃ ભારે પોલિમર ઘન અવસ્થામાં હોય છે.

8.2 પોલિમરનું વર્ગીકરણ (Classification of Polymers)

પોલિમરનું વર્ગીકરણ કેટલાક સ્વીકાર્ય આધારોથી નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે કરવામાં આવે છે.

8.2.1 પોલિમર સ્રોતના આધારે વર્ગીકરણ (Classification Based on Source) :

પોલિમરના પ્રાપ્તિ સ્રોતના આધારે તેને ત્રણ પ્રકારમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે :

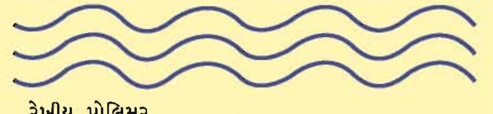
(1) કુદરતી પોલિમર : કુદરતમાં રહેલા પોલિમર વનસ્પતિ કે પ્રાણીઓમાંથી મળી આવે છે. દા.ત., પ્રોટીન, સેલ્યુલોઝ, સ્ટાર્ચ, ન્યુક્લિક ઍસિડ, રેઝિન, રબર વગેરે કુદરતી પોલિમરના ઉદાહરણ છે.

(2) અર્ધસાંશ્લેષિત પોલિમર : કુદરતમાં રહેલા પોલિમર સાથે રાસાયણિક પ્રક્રિયા કરી બનાવવામાં આવતા પોલિમરને અર્ધસાંશ્લેષિત પોલિમર કહે છે. કુદરતી પોલિમરના ગુણધર્મોમાં જરૂરિયાત પ્રમાણે ફેરફાર કરી બનાવવામાં આવતા આ પોલિમરમાં સેલ્યુલોઝના નાઇટ્રેશનથી બનાવવામાં આવતો વિસ્ફોટક સેલ્યુલોઝ નાઇટ્રેટ, સેલ્યુલોઝની એસિટિક એનહાઇડ્રાઇડ સાથે ઍસિડિક માધ્યમમાં કરવામાં આવતી એસિટાઇલેશન પ્રક્રિયાથી મળતો સેલ્યુલોઝ ડાયએસિટેટ (રેયોન), કુદરતી રબરના વલ્કેનાઇઝેશનથી મળતું વલ્કેનાઇઝ રબર વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય.

(3) સાંશ્લેષિત પોલિમર : તે સંપૂર્ણપણે માનવસર્જિત પોલિમર છે. સાંશ્લેષિત પોલિમર માનવસર્જિત પોલિમરની વિશાળ શ્રેણી ધરાવે છે. આ પ્રકારના પોલિમરમાં પ્લાસ્ટિક (પોલિથીન, પીવીસી, ટૅફ્લોન), કૃત્રિમ રેસાઓ (ટેરિલિન, નાયલૉન, પોલિએસ્ટર, ઓર્લૉન), કૃત્રિમ રબર (Buna-S, Buna-N) વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

8.2.2 બંધારણને આધારે વર્ગીકરણ (Classification Based on Structure)

બંધારણને આધારે પોલિમરને ત્રણ પ્રકારમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે :



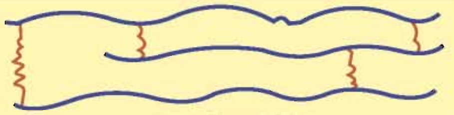
આકૃતિ 8.1

(1) રેખીય પોલિમર : આ પ્રકારના પોલિમર તેમના બંધારણમાં લાંબી સરળ શૃંખલા ધરાવે છે. તેની લાંબી સરળ શૃંખલામાં કોઈ શાખા હોતી નથી. મૉનોમર ઘટકો એકબીજા સાથે જોડાઈ લાંબી સરળ શૃંખલા બનાવે તો રેખીય પોલિમર મળે છે. રેખીય પોલિમરમાં રેસાઓનો સમાવેશ થાય છે. કુદરતમાંથી મળતા રેખીય પોલિમર રૂ, રેશમ, ઊન, લિનન છે. જ્યારે સાંશ્લેષિત રેખીય પોલિમર ટેરિલિન, નાયલૉન, પોલિએસ્ટર, ઓર્લૉન વગેરે છે. રેખીય પોલિમર આકૃતિ 8.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાંબી શૃંખલાઓમાં ગોઠવાયેલા હોય છે.

શાખીય પોલિમર

આકૃતિ 8.2

(2) શાખીય પોલિમર : આ પ્રકારના પોલિમર તેમના બંધારણમાં લાંબી સરળ શૃંખલાઓમાં વચ્ચે વચ્ચે શાખાઓ ધરાવે છે. મૉનોમર ઘટકો એકબીજા સાથે જોડાઈ લાંબી સરળ શૃંખલા બનાવે અને આ શૃંખલામાં વચ્ચે શાખાઓ ધરાવે તો તેને શાખીય પોલિમર કહે છે. આ પ્રકારના પોલિમર લો ડેન્સિટી (LDP) ધરાવતા થર્મોપ્લાસ્ટિક પોલિમર છે. દા.ત., પોલિસ્ટાયરીન, પીવીસી, ટેફ્લોન વગેરે શાખીય પોલિમર છે. શાખીય પોલિમર આકૃતિ 8.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાંબી શૃંખલાઓમાં શાખાઓ ધરાવે છે.



મિશ્રબંધિત પોલિમર

આકૃતિ 8.3

(3) મિશ્રબંધિત પોલિમર : આ પ્રકારના પોલિમરમાં દ્વિસંયોજક કે ત્રિસંયોજક મોનોમર લાંબી પોલિમરની શૃંખલાઓને વચ્ચે વચ્ચેથી મજબૂત સહસંયોજક બંધ દ્વારા જોડે છે. લાંબી પોલિમરની શૃંખલાઓ મજબૂત સહસંયોજક બંધથી જોડાઈને જાળીદાર (Net) રચના બનાવે છે. આ પ્રકારના પોલિમર ઊંચી ઘનતા ધરાવતા થર્મોસેટિંગ પોલિમર છે. દા.ત., બૅકેલાઇટ, મેલેમાઇન મિશ્રબંધિત પોલિમર છે. આકૃતિ 8.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાંબી શૃંખલાઓ અમુક-અમુક અંતરેથી મજબૂત બંધથી જોડાયેલ છે.

8.2.3 પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના આધારે વર્ગીકરણ (Classification Based on Reaction Mode of Polymerisation) :

પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના આધારે પોલિમરને બે પ્રકારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે :

(1) યોગશીલ પોલિમર : જ્યારે દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ ધરાવતા અસંખ્ય મૉનોમર અણુઓ એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયાથી રાસાયણિક બંધ દ્વારા જોડાઈને પોલિમર બનાવે છે ત્યારે યોગશીલ પોલિમર બને છે. જેમ કે ઇથિનમાંથી બનતો પોલિથીન, પ્રોપીનમાંથી બનતો પોલિપ્રોપીન અને સ્ટાયરિનમાંથી બનતો પોલિસ્ટાયરિન યોગશીલ પોલિમર છે. દા.ત.,

(1) પ્રોપીન મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓ યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી જોડાઈને પોલિપ્રોપીલીન પોલિમર બનાવે છે.

$$\underset{\text{પ્રોપીન મૉનોમર}}{nCH_2{=}CH-CH_3} \xrightarrow[\text{પોલિમરાઇઝેશન}]{\text{યોગશીલ}} \underset{\substack{\text{પોલિપ્રોપીન}\\\text{(પોલિમર)}}}{\left[CH_2-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH} \right]_n}$$

(a) હોમોપોલિમર : યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયામાં જ્યારે એકજ પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર એકબીજા સાથે જોડાઈ પોલિમર બનાવે તો તેને હોમોપોલિમર કહે છે. જેમ કે પોલિથીન, પોલિસ્ટાયરિન, પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ, ટેફ્લોન, ઓર્લોન, બ્યુટાઇલ રબર, નિયોપ્રિન વગેરે હોમોપોલિમર છે. દા.ત.,

(1) એક જ પ્રકારના ઇથિન મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓ યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી જોડાઈને પોલિથીન હોમોપોલિમર બનાવે છે.

$$\underset{\text{ઇથિન}}{nCH_2{=}CH_2} \xrightarrow[\text{પોલિમરાઇઝેશન}]{\text{યોગશીલ}} \underset{\substack{\text{પોલિથીન}\\\text{(હોમોપોલિમર)}}}{\left[CH_2-CH_2 \right]_n}$$

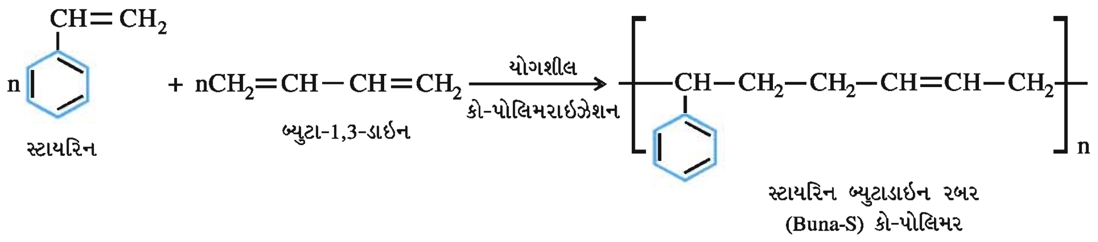
(2) પ્રોપીન મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓ યોગશીલ પ્રક્રિયાથી જોડાઈને પોલિપ્રોપીન બનાવે છે.

$$\underset{\text{પ્રોપીન}}{nCH_2{=}CH-CH_3} \xrightarrow[\text{પોલિમરાઇઝેશન}]{\text{યોગશીલ}} \underset{\text{પોલિપ્રોપીન (હોમોપોલિમર)}}{\left[CH_2-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH} \right]_n}$$

અહીં એક જ પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર (ઇથિન કે પ્રોપીન) એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયાથી જોડાઈને પોલિમર બનાવે છે, તેથી તેને હોમોપોલિમર કહે છે. યોગશીલ પ્રક્રિયાથી બનતા આ હોમોપોલિમરમાં તેનો આવર્તનીય એકમ સંપૂર્ણપણે મૉનોમર પર આધારિત હોય છે. આ હોમોપોલિમરના નામ તેના મૉનોમર એકમના આધારે દર્શાવવામાં આવે છે.

(b) કો-પોલિમર : યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયામાં જ્યારે બે કે તેથી વધુ જુદા પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર એકબીજા સાથે જોડાઈ પોલિમર બનાવે તો તેને કો-પોલિમર કહે છે. જેમ કે સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર, નાઇટ્રાઇલ રબર, નાયલૉન-6, નાયલૉન-6,6, ટેરિલિન, બૅકેલાઇટ, મેલેમાઇન, PHBV વગેરે કો-પોલિમર છે. દા.ત.,

બે જુદા જુદા પ્રકારના મૉનોમર બ્યુટા-1,3-ડાઇન અને સ્ટાયરિનના અસંખ્ય અણુઓ યોગશીલ પોલીમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી જોડાઈને બ્યુટાડાઇન સ્ટાયરિન રબર પ્રકારનો કો-પોલિમર બનાવે છે.



અહીં બે જુદા જુદા પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર બ્યુટા-1,3-ડાઇન અને સ્ટાયરિન એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયાથી જોડાઈને પોલિમર બનાવે છે. તેથી તેને કો-પોલિમર કહે છે, યોગશીલ પ્રક્રિયાથી બનતા આ કો-પોલિમરમાં તેનો આવર્તનીય એકમ બન્ને પ્રકારના મૉનોમરમાં રહેલાં ક્રિયાશીલ સમૂહ પર આધારિત હોય છે. આ કો-પોલિમરના નામ તેના બન્ને મૉનોમર એકમને આધારે દર્શાવવામાં આવે છે.

(2) સંઘનન પોલિમર : જે પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયામાં સમાન બે ક્રિયાશીલ સમૂહ (Bi-functional group) કે ત્રણ ક્રિયાશીલ સમૂહ (Tri-functionalgroup) ધરાવતા જુદા જુદા બે પ્રકારના મૉનોમર(Monomer units)ના અસંખ્ય ઘટકો એકસરખા પ્રમાણ(1:1)માં એકબીજા સાથે સંઘનન પ્રક્રિયા દ્વારા જોડાઈને પોલિમર બનાવે તો તેને સંઘનન પોલિમર કહે છે. આ પ્રકારની પોલિમરાઇઝેશનની પ્રક્રિયાને સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન કહે છે. સંઘનન પોલિમરરાઇઝેશન પ્રક્રિયા દરમિયાન પાણી, એમોનિયા, આલ્કોહૉલ કે હાઇડ્રોજન-ક્લોરાઇડનો અણુ મુક્ત થાય છે. સંઘનન પોલિમરમાં તેના બે પ્રકારના મૉનોમરમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને આધારે ચોક્કસ પ્રકારના આવર્તનીય એકમ હોય છે. આ આવર્તનીય એકમમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને આધારે તેના નામ આપવામાં આવે છે. જેમ કે –CONH– ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા સંઘનન પોલિમરને **પોલિએમાઇડ** અને –COO– ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા સંઘનન પોલિમરને **પોલિએસ્ટર** કહે છે. ટેરિલિન (ડેક્રોન), નાયલૉન-6, નાયલૉન-6,6 સંઘનન પોલિમર છે. દા.ત.,

એડિપિક ઍસિડ અને હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન વચ્ચેની પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી બનતો નાયલૉન-66 સંઘનન પોલિમર છે.

$$\underset{\text{હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન}}{nNH_2-(CH_2)_6-NH_2} + \underset{\text{એડિપિક ઍસિડ}}{nHOOC-(CH_2)_4-COOH} \xrightarrow[\text{પોલિમરાઇઝેશન}\ -\ nH_2O]{\text{સંઘનન}}$$

$$\underset{\text{નાયલૉન-6,6}}{\left[NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO \right]_n}$$

ઉપરની પ્રક્રિયામાં મૉનોમર હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન બે એકસમાન ક્રિયાશીલ સમૂહ $-NH_2$ ધરાવે છે. બીજો મૉનોમર એડિપિક ઍસિડ બે એક સમાન ક્રિયાશીલ સમૂહ –COOH ધરાવે છે.

બન્ને મૉનોમરના અસંખ્ય (n) ઘટકો એકસરખા પ્રમાણ (n : n)માં એકબીજા સાથે રાસાયણિક પ્રક્રિયાથી જોડાય છે ત્યારે nH_2O અણુ મુક્ત થાય છે. મળતા સંઘનન પોલિમર નાયલૉન-6,6માં એમાઇડ (–CONH–) ક્રિયાશીલ સમૂહ હોવાથી તે પોલિએમાઇડ શ્રેણીનો પોલિમર કહેવાય છે.

8.2.4 આણ્વિયબળના આધારે વર્ગીકરણ (Classification Based on Molecular Forces) :

પોલિમરમાં રહેલી લાક્ષણિકતાઓને આધારે તેનો જુદા જુદા ક્ષેત્રોમાં ઉપયોગ થાય છે. પોલિમરના યાંત્રિક ગુણધર્મો જેવા કે તણાવશક્તિ (tensile strength), સ્થિતિસ્થાપકતા (elasticity), ખેંચાણક્ષમતા (tonghness) પ્રમાણે તેને વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. પોલિમરમાં રહેલા આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળો અને હાઇડ્રોજનબંધના કારણે આ ગુણધર્મો જોવા મળે છે. આ આકર્ષણબળોના કારણે પોલિમરમાં લાંબી શૃંખલાઓ અને શાખાઓમાં વિવિધતા જોવા મળે છે.

પોલિમરમાં રહેલા આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળના આધારે તેને નીચે પ્રમાણે ચાર પેટા વિભાગોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે :

(1) ઈલેસ્ટોમર પદાર્થો : આ રબર ઈલેસ્ટિક ગુણધર્મ ધરાવતો ઘન પદાર્થ છે. ઈલેસ્ટોમેરિક પોલિમરમાં પોલિમરની લાંબી શૃંખલાઓ એકબીજા સાથે નિર્બળ આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ ધરાવે છે. નિર્બળ આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળને કારણે આ પોલિમરને ખેંચી શકાય છે. આ પોલિમરની લાંબી શૃંખલાઓમાં અલ્પ માત્રામાં મિશ્રબંધિત (crosslinks) રચના જોવા મળે છે. જે તેને ખેંચાણ દૂર થતાં મૂળ અવસ્થામાં લાવવામાં મદદરૂપ થાય છે. ઈલેસ્ટોમરના ઉદાહરણમાં કુદરતી રબર, નિયોપ્રિન, આઇસોપ્રીન, બુના-S, બુના-N વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય.

$$\left[CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2 \right]_n \qquad \text{(નિયોપ્રિન)}$$

(2) રેસાઓ : જે પોલિમર ઊંચી તણાવશક્તિ (hightensile strength) અને ઊંચો માનાંક (High modulus) ધરાવતા હોય તેને **રેસાઓ** કહે છે. રેસાઓમાં પ્રબળ આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ અને હાઇડ્રોજનબંધના કારણે આ ગુણધર્મ જોવા મળે છે. આ પ્રબળ આકર્ષણબળો લાંબી શૃંખલાઓને એકબીજાની ખૂબ જ નજીક લાવે છે. પરિણામ સ્વરૂપે તેમાં સ્ફટિકીય ગુણધર્મ ઉમેરાય છે. નાયલૉન, ટેરિલિન (પોલિએસ્ટર્સ) રેસાઓના ઉદાહરણ છે.

$$\left[NH-(CH_2)_6-NH-(CO)-(CH_2)_4-CO \right]_n \qquad \text{(નાયલોન-6,6)}$$

(3) થર્મોપ્લાસ્ટિક પોલિમર : આ પ્રકારના પોલિમરના વિરાટ અણુમાં લાંબી શૃંખલાયુક્ત રચનામાં થોડાક અંશે શાખાઓ જોવા મળે છે. આ પોલિમરને સામાન્ય તાપમાનેથી ઊંચા તાપમાને ગરમ કરતાં નરમ બને છે અને ઠંડા પાડતાં સખત બને છે. આ પોલિમરમાં ઊંચા તાપમાને તેના બંધારણમાં ફેરફાર થતો રહે છે. આ પોલિમરમાં આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળો ઈલેસ્ટોમર કરતાં વધુ અને રેસાઓ કરતાં ઓછા હોય છે. થર્મોપ્લાસ્ટિક પોલિમર નરમ અને થર્મોસેટિંગ કરતાં ઓછા મજબૂત હોય છે. થર્મોપ્લાસ્ટિકના કેટલાક ઉદાહરણમાં પોલિથીન, પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ (PVC), પોલિસ્ટાયરિન વગેરે છે.

$$\left[CH_2-\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{C}H} \right]_n \qquad \text{(પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ-PVC)}$$

(4) થર્મોસેટિંગ પોલિમર : આ પોલિમરના વિરાટ અણુનું બંધારણ મિશ્રબંધિત પ્રકારનું હોય છે. અથવા તો લાંબી અને વધુ પ્રમાણમાં શાખાઓ ધરાવતી શૃંખલાયુક્ત રચના જોવા મળે છે. આ પોલિમરને સામાન્ય તાપમાનથી ઊંચા તાપમાને ગરમ કરતાં તેના મિશ્રબંધિત જોડાણો વધે છે અને તેઓ ફરીથી નરમ બનતા નથી. આ પોલિમરમાં ઊંચા તાપમાને પણ તેના બંધારણમાં ફેરફાર થતો નથી. થર્મોસેટિંગ પોલિમર સખત અને મજબૂત હોય છે. તે ઘસારાનો પ્રતિકાર કરી શકે તેવા હોય છે. તે સારા વિદ્યુત અને ઉષ્માના અવાહક હોય છે. બૅકેલાઇટ અને મેલામાઇન થર્મોસેટિંગ પ્રકારના પોલિમર છે.

8.2.5 પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાની વૃદ્ધિના આધારે વર્ગીકરણ (Classification Based on Growth of Polymerisation Reaction) :

આજકાલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિમાં ફેરફારો કરી પોલિમર અણુઓના બંધારણમાં ફેરફાર કરી શકાય છે. પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાપદ્ધતિ સતત કે ક્રમિક (તબક્કાવાર) વિકસાવી શકાય છે.

પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાની પદ્ધતિઓ : (A) યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન અથવા સાંકળરૂપ પોલિમરાઇઝેશન, (B) સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન અથવા તબક્કાવાર પોલિમરાઇઝેશન.

(A) યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન અથવા સાંકળરૂપ પોલિમરાઈઝેશન : આ પ્રકારની પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયામાં દ્વિબંધ ધરાવતા અસંતૃપ્ત મૉનોમર એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયાથી રાસાયણિક બંધ દ્વારા જોડાઈને પોલિમર બનાવે છે. દ્વિબંધ ધરાવતા એક જ પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર કે દ્વિબંધ ધરાવતા બે જુદા જુદા પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા દ્વારા જોડાઈ પોલિમર બનાવે તો તે પ્રક્રિયાને **યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન** કહે છે. આ યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયા તેની ક્રિયાવિધિના આધારે નીચે પ્રમાણે જુદા જુદા સ્વરૂપે દર્શાવી શકાય.

(A) યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન અથવા સાંકળરૂપ પોલિમરાઈઝેશન : આ પ્રકારની પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયામાં દ્વિબંધ ધરાવતા અસંતૃપ્ત મૉનોમર એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયાથી રાસાયણિક બંધ દ્વારા જોડાઈને પોલિમર બનાવે છે. દ્વિબંધ ધરાવતા એક જ પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર કે દ્વિબંધ ધરાવતા બે જુદા જુદા પ્રકારના અસંખ્ય મૉનોમર એકબીજા સાથે યોગશીલ પ્રક્રિયા દ્વારા જોડાઈ પોલિમર બનાવે તો તે પ્રક્રિયાને **યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન** કહે છે. આ યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયા તેની ક્રિયાવિધિના આધારે નીચે પ્રમાણે જુદા જુદા સ્વરૂપે દર્શાવી શકાય.

આ પ્રક્રિયા મૉનોમરમાંથી ઉદ્ભવતા મુક્તમૂલક અથવા કાર્બોકેટાયન અથવા કાર્બેનાયન ક્રિયાશીલ મધ્યસ્થી દ્વારા થાય છે.

મુક્તમૂલક યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન : આલ્કીન અથવા ડાઈન જેવાં વિવિધ અસંતૃપ્ત સંયોજનો અને તેના વ્યુત્પન્નો સાથે યોગશીલ પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયા મુક્તમૂલક ક્રિયાશીલ મધ્યસ્થી દ્વારા થાય છે.

આ પ્રક્રિયાના પ્રથમ તબક્કામાં સૌપ્રથમ યોગ્ય તાપમાને અને દબાણે પ્રારંભિક પ્રક્રિયા ઉત્તેજક (initiator) જેવા કે બેન્ઝોઈલ પૅરોક્સાઇડ, એસિટાઇલ પૅરોક્સાઇડ, તૃતીયક બ્યુટાઇલ પૅરોક્સાઇડના ઉપયોગથી મુક્તમૂલક ક્રિયાશીલ મધ્યસ્થી ઉત્પન્ન થાય છે.

દા.ત., ઈથિનની પોલિમરાઈઝેશન પ્રક્રિયામાં સૌપ્રથમ ઈથિનને પ્રારંભિક પ્રક્રિયા ઉત્તેજક બેન્ઝોઈલ પૅરોક્સાઇડના અલ્પપ્રમાણ સાથે ઊંચા તાપમાને ગરમ કરતાં પ્રક્રિયાના શરૂઆતના તબક્કામાં ફિનાઈલ મુક્તમૂલક મળે છે. આ ફિનાઈલ મુક્તમૂલક મૉનોમર ઈથિન અણુના દ્વિબંધ સાથે જોડાઈ મોટું કદ ધરાવતો મુક્તમૂલક બનાવે છે.

સાંકળ પ્રક્રિયાનો પ્રથમ તબક્કો :

$$C_6H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-C_6H_5 \longrightarrow 2C_6H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\dot{O} \xrightarrow[-2CO_2]{} 2\,\dot{C}_6H_5$$

બેન્ઝોઈલ પૅરોક્સાઇડ
પ્રારંભિક પ્રક્રિયા ઉત્તેજક
(Initiator)

ફિનાઈલ મુક્તમૂલક
(Free radical)

$$\dot{C}_6H_5 + CH_2=CH_2 \longrightarrow C_6H_5-CH_2-\dot{C}H_2$$

ફિનાઈલ મુક્તમૂલક

મોટું કદ ધરાવતો મુક્તમૂલક

આ નવો મોટું કદ ધરાવતો મુક્તમૂલક અનેક ઈથિન અણુઓ સાથે વારાફરતી જોડાઈને દરેક વખતે વધુને વધુ લાંબો સાંકળરૂપ નવો મુક્તમૂલક બનાવે છે.

સાંકળ પ્રક્રિયાનો બીજો તબક્કો :

$$C_6H_5-CH_2-\dot{C}H_2 + CH_2{=}CH_2 \longrightarrow C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2$$

મોટું કદ ધરાવતો મુક્તમૂલક

$$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2 \xrightarrow{n\,CH_2=CH_2} C_6H_5\mathrm{-\!\!\!\{}CH_2-CH_2\mathrm{\}_n}CH_2-\dot{C}H_2$$

અંતિમ તબક્કામાં પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિ પ્રમાણે લાંબા સાંકળરૂપ મુક્તમૂલકો એકબીજા સાથે જુદી જુદી રીતે જોડાઈને પોલિથીન બનાવે છે. જેમાનું એક જોડાણ નીચે દર્શાવ્યું છે.

સાંકળ પ્રક્રિયાનો અંતિમ તબક્કો :

$$C_6H_5-(CH_2-CH_2)_n-CH_2-\dot{C}H_2 + C_6H_5-(CH_2-CH_2)_n-CH_2-\dot{C}H_2$$
$$\downarrow$$
$$C_6H_5-(CH_2-CH_2)_n-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-(CH_2-CH_2)_n-C_6H_5$$

કેટલાક અગત્યના યોગશીલ હોમોપોલિમર પદાર્થોનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો :

(a) પોલિથીન : પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિ પ્રમાણે બે પ્રકારના પોલિથીન બનાવી શકાય છે જે નીચે પ્રમાણે છે :

(i) લો ડેન્સિટી પોલિથીન (Low Density Polythene – LDP) : બનાવટ : ઇથિન મૉનોમરની પ્રારંભિક પ્રક્રિયા ઉત્તેજક (initiator) ડાયઑક્સિજન કે તૃતીયક બ્યુટાઇલ પૅરોક્સાઇડની હાજરીમાં 350 Kથી 570 K તાપમાને અને 1000થી 2000 બાર દબાણે પ્રક્રિયા કરતાં મુક્તમૂલક હોમો-યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી લો ડેન્સિટી પોલિથીન (LDP) મળે છે.

$$\underset{\text{ઇથીન}}{nCH_2{=}CH_2} \xrightarrow[\text{350 Kથી 570 K, 1000થી 2000 બાર}]{\text{[ડાયઑક્સિજન / તૃતીયક બ્યુટાઇલ પૅરોક્સાઇડ]}} \underset{\text{પોલિથીન હોમોપોલિમર}}{-[CH_2-CH_2]_n-}$$

ગુણધર્મો :

- લો ડેન્સિટી પોલિથીન શાખીય બંધારણ ધરાવે છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- તે પાણી અવરોધક છે.
- તેમાં ઓછા આણ્વિયદળ ધરાવતા પોલિમરના અણુઓની સંખ્યા વધુ હોય છે.
- તે ઓછી ઘનતા ધરાવતા પોલિમર હોવાથી તેમના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ નીચાં હોય છે.
- તે વિદ્યુતના અવાહક અને સ્થિતિસ્થાપક છે.

ઉપયોગો :

- લો ડેન્સિટી પોલિથીનનો ઉપયોગ વીજવાહક તારના ઇન્સ્યુલેશનમાં થાય છે.
- તે રમકડાં, પૅકિંગના સાધનો લચકદાર (flexible) પાઇપ, સ્કવીઝ બોટલની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

(ii) હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીન (High Density Polythene – HDP) :

બનાવટ : હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીન બનાવવા માટે ઇથિન મૉનોમરની કાર્બનિક દ્રાવકમાં **ટ્રાયઇથાઇલ ઍલ્યુમિનિયમ $[(C_2H_5)_3Al]$ અને ટીટાનિયમ ટ્રાયક્લોરાઇડ ($TiCl_3$) અથવા ટીટાનિયમ ટેટ્રાક્લોરાઇડ ($TiCl_4$)** (ઝીગ્લર-નાટા) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં 333 Kથી 343 K તાપમાને અને 6થી 7 બાર દબાણે પ્રક્રિયા કરતાં મુક્તમૂલક હોમો-યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીન (HDP) મળે છે. જર્મન વૈજ્ઞાનિકો કર્લ ઝીગ્લર અને જી-નાટાને ઝીગ્લર નાટા ઉદ્દીપકની શોધ માટે ઈ. સ. 1963માં નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરાયું હતું.

$$nCH_2{=}CH_2 \xrightarrow[\text{333 Kથી 343 K, 6થી 7 બાર}]{\text{મુક્તમૂલક હોમો-યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન [ઝીગ્લર-નાટા]}} \left[CH_2-CH_2\right]_n$$

પોલિથીન હોમોપોલિમર

ગુણધર્મો :

- હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીનમાં શૃંખલામાં ગોઠવાયેલા અણુઓ એકબીજાથી શક્ય એટલા નજીક (close packing) ગોઠવણી પામતા હોઈ ઊંચી ઘનતા ધરાવે છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- તે લો ડેન્સિટી પોલિથીન કરતાં વધુ સખત અને મજબૂત છે.
- તેમાં વધુ આણ્વિયદળ ધરાવતા પોલિમરના અણુઓની સંખ્યા વધુ હોય છે.
- તે વધુ ઘનતા ધરાવતા પોલિમર હોવાથી તેમના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઊંચા છે.
- તે વિદ્યુતના અવાહક છે.

ઉપયોગો :

- હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીનનો ઉપયોગ તૂટે નહિ તેવા (unbrekable) સાધનોની બનાવટમાં થાય છે.
- તેમાંથી બાલદી (ડોલ), કચરાપેટી, બૉટલ્સ અને પાઇપો બનાવવામાં આવે છે.

(b) પોલીટેટ્રાફ્લોરોઇથીન (ટૅફ્લોન) PTFE :

બનાવટ : ટેટ્રાફ્લોરોઇથીન મૉનોમરની ઊંચા દબાણે મુક્તમૂલકની હાજરીમાં અથવા પરસલ્ફેટ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ગરમ કરી પ્રક્રિયા કરતાં મુક્તમૂલક હોમો-યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા થઈ ટૅફલોન મળે છે.

$$\underset{\text{ટેટ્રાફ્લોરો ઇથીન}}{nCF_2{=}CF_2} \xrightarrow[\text{[મુક્તમૂલક અથવા પરસલ્ફેટ ઉદ્દીપક] } \Delta \text{ અને ઊંચું દબાણ}]{\text{મુક્તમૂલક હોમો-યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન}} \underset{\text{ટૅફલોન}}{\left[CF_2-CF_2\right]_n}$$

ગુણધર્મો :

- ટૅફલોન રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- ટૅફલોન ક્ષારણ પ્રતિરોધક છે.
- ટૅફલોન ઉચ્ચતાપ સહી શકતો હોવાથી થર્મોપ્લાસ્ટિક અને થોડાઘણા અંશે થર્મોસેટિંગ પ્રકારનો પોલિમર છે.
- ટૅફલોનનું કોટિંગ (ઢોળ ચઢાવવો) 573 Kથી ઊંચા તાપમાને વિઘટન પામે છે.

ઉપયોગો :

- ટૅફ્લોનનો ઉપયોગ મશીનરીમાં ઘસારાનો પ્રતિકાર કરવા ઊંજણ તરીકે થાય છે.
- તે વિદ્યુત અવાહક સાધનોની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.
- ટૅફ્લોનનો ઉપયોગ ઓઈલ-સીલ અને ગાસ્કેટની બનાવટમાં થાય છે.
- ટૅફ્લોન રસોઈના નૉન-સ્ટિક સાધનોમાં અને ખેંચાણ (ટેન્સિલ) સપાટી બનાવવા ઉપયોગી છે.

(c) પોલિએક્રિલોનાઇટ્રાઇલ (ઓર્લોન) (PAN) :

બનાવટ : એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ મૉનોમરની પૅરોક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિએક્રિલોનાઇટ્રાઇલ પોલિમર મળે છે.

$$\underset{\text{એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ}}{nCH_2{=}CHCN} \xrightarrow[\text{[પૅરોક્સાઇડ]}]{\text{યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન}} \underset{\text{પોલિએક્રિલોનાઇટ્રાઇલ}}{\left[CH_2-\underset{|}{\overset{CN}{CH}}\right]_n}$$

ગુણધર્મો :

- ઓર્લોન શાખીય પોલિમર છે.
- તે કુદરતી રેસાઓ જેવી શાખીય પોલિમરની વર્તણૂંક ધરાવે છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- તેમાંથી બનતા એક્રિલિક રેસાઓની ખેંચાણક્ષમતા સારી હોય છે. તેના પર ફૂગ કે સૂક્ષ્મ જીવાણુઓની ખરાબ અસર થતી નથી.

ઉપયોગો :

- કુદરતી ઊનની અવેજીમાં વપરાતા સાંશ્લેષિત ઊનની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.
- સાંશ્લેષિત રેસાઓની બનાવટમાં વપરાય છે.
- એક્રિલિક રેસાઓની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

(d) પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ (PVC) :

બનાવટ : વિનાઇલ ક્લોરાઇડ મૉનોમરની ટ્રાયઇથાઇલ ઍલ્યુમિનિયમ અને ટીટાનિયમ ટ્રાયક્લોરાઇડ અથવા ટીટાનિયમ ટેટ્રાક્લોરાઇડ (ઝીગ્લર નાટા) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં થતી મુક્તમૂલક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ બને છે. જો પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિમાં ફેરફાર કરવામાં આવે તો વિનાઇલ ક્લોરાઇડ મૉનોમરમાંથી આયનીય ક્રિયાશીલ મધ્યસ્થી બને છે. પરિણામ સ્વરૂપે એનાયોનિક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિવિનાઇલ ક્લોરાઇડ બને છે.

$$\underset{\text{વિનાઇલ ક્લોરાઇડ}}{nCH_2{=}\underset{|}{\overset{Cl}{CH}}} \xrightarrow[\text{યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન}]{\text{મુક્તમૂલક અથવા એનાયોનિક}} \underset{\text{પોલીવિનાઇલ ક્લોરાઇડ (PVC)}}{\left[CH_2-\underset{|}{\overset{Cl}{CH}}\right]_n}$$

[ઝીગ્લર નાટા]

ગુણધર્મો :

- પીવીસી શાખીય પોલિમર છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે પાણી અવરોધક છે.
- તે વીજઅવરોધક છે.

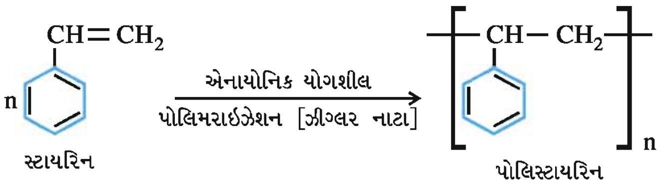
- તે રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- તે પોલિથીન કરતાં વધુ મજબૂત છે.

ઉપયોગો :

- પીવીસી પાણી અવરોધક હોવાથી રેઇનકોટ, શેતરંજી, પાકીટની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.
- પીવીસી પાઇપ, બૉટલ, રેક્ઝિનના પગરખાંની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

(e) પોલિસ્ટાયરિન :

બનાવટ : સ્ટાયરિન મૉનોમરની ટ્રાયઇથાઇલ ઍલ્યુમિનિયમ અને ટીટાનિયમ ટ્રાયક્લોરાઇડ અથવા ટીટાનિયમ ટેટ્રાક્લોરાઇડ (ઝીગ્લર નાટા) ઉદ્દીપકની હાજરીમાં થતી એનાયોનિક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિસ્ટાયરિન પોલિમર મળે છે.



ગુણધર્મો :

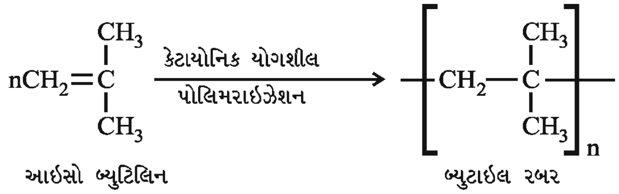
- પોલિસ્ટાયરિન શાખીય પોલિમર છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે રાસાયણિક રીતે નિષ્ક્રિય છે.
- તે પોલિથીન કરતાં વજનમાં હલકો છે.
- તે ઉષ્મા અવરોધક અને વિદ્યુત અવાહક છે.

ઉપયોગો :

- પોલિસ્ટાયરિનનો ઉપયોગ રેડિયો, ફ્રિજ, ટીવીના કૅબિનેટની બનાવટમાં થાય છે.
- ઉષ્મા અવાહક સાધનો જેવા કે ગરમ પાણીના વહન માટેની પાઇપ, બકેટ, બૉટલો વગેરેની બનાવટોમાં પોલિસ્ટાયરિન ઉપયોગી છે.

(f) બ્યુટાઇલ રબર :

બનાવટ : આઇસો બ્યુટિલિન મૉનોમરની કેટાયોનિક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી બ્યુટાઇલ રબર મળે છે.



ગુણધર્મો :

- બ્યુટાઇલ રબર શાખીય પોલિમર છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.

- તેમાં કુદરતી રબર કરતાં સારો સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણધર્મ હોય છે.
- તે પાણી પ્રત્યે નિષ્ક્રિય છે.

ઉપયોગ :

- કુદરતી રબરને સ્થાને તેનો ઉપયોગ થાય છે.

યોગશીલ કો-પોલિમરાઇઝેશન : જુદા જુદા બે પ્રકારના મૉનોમર યોગશીલ પ્રક્રિયા દ્વારા એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી વારાફરતી જોડાઈને પોલિમર બનાવે તો કો-પોલિમર બને છે. આ પ્રક્રિયાને યોગશીલ કો-પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા કહે છે. જેમ કે સ્ટાયરિન અને બ્યુટાડાઇન મૉનોમરમાંથી મળતો સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર, એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ અને બ્યુટાડાઇન મૉનોમરમાંથી મળતો નાઇટ્રાઇલ રબર કો-પોલિમર છે.

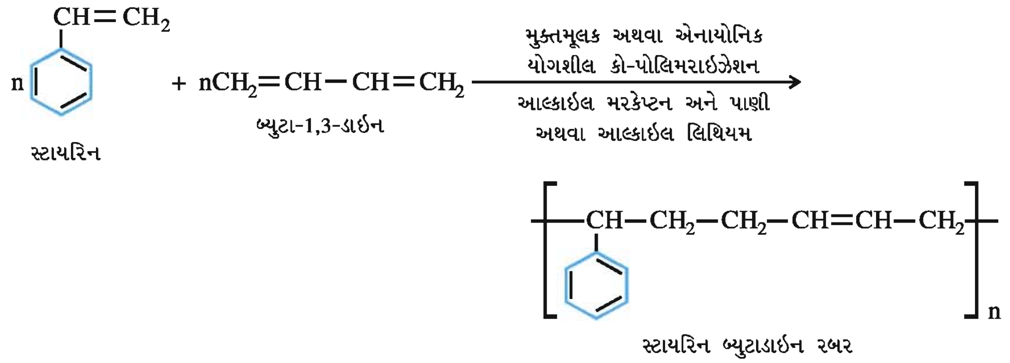
કેટલાક અગત્યના યોગશીલ કો-પોલિમર પદાર્થોનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો :

(a) સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર (Buna-S) (SBR)

બનાવટ : સ્ટાયરિન અને બ્યુટાડાઇન બે મૉનોમર યોગશીલ પ્રક્રિયા દ્વારા એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી વારાફરતી જોડાઈને કો-પોલિમર શ્રેણીનો સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર બનાવે છે. અહીં આ પ્રક્રિયા દ્વારા બે પ્રકારની નીપજ મેળવવામાં આવે છે.

(1) જો સ્ટાયરિન અને બ્યુટાડાઇન વચ્ચે થતી યોગશીલ પ્રક્રિયા નીચા દબાણે મુક્તમૂલક ક્રિયાશીલ મધ્યસ્થી આલ્કાઇલ મરકેપ્ટન અને પાણી સાથે કરવામાં આવે તો મરકેપ્ટન પોલિમરના આણ્વિયદળને નિયંત્રિત કરે છે અને નાના કદના ઊંચી સ્નિગ્ધતાવાળા પોલિમરના અણુઓ બને છે, પરિણામે ઇમલ્સન પ્રકારનો સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર પોલિમર મળે છે.

(2) જો સ્ટાયરિન અન બ્યુટાડાઇન વચ્ચે થતી યોગશીલ પ્રક્રિયા ઊંચા દબાણે આયનીય મધ્યસ્થી આલ્કાઇલ લિથિયમની હાજરીમાં અને પાણીની ગેરહાજરીમાં કરવામાં આવે તો આયનીય યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા થઈ વધુ સ્ટાયરિનના અણુઓ જોડાઈ વધુ આણ્વિયદળ ધરાવતા સખત અને ઓછા લચકીય દ્રાવણ પ્રકારના સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર મળે છે.



ગુણધર્મો :

- તે સાંશ્લેષિત રબર છે.
- બ્યુના-એસ (Buna-S) તૈલી પદાર્થો, નકામું પાણી અને ઓઝોન પ્રત્યે સક્રિય છે.
- તે કુદરતી રબર કરતાં વધુ સ્નિગ્ધતા ધરાવે છે.
- તે ઉચ્ચ તણાવક્ષમતા અને પ્રબળ ખેંચાણ ધરાવે છે.
- તેના અણુઓમાં પ્રબળ આંતરઆણ્વિય હાઇડ્રોજનબંધ હોય છે.

- તે ઊંચા તાપમાને તેનો સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણધર્મ જાળવી રાખે છે.
- તેની વિદ્યુતક્ષમતા ખૂબ વધારે છે.

ઉપયોગો :

- તેનું ઇલેસ્ટોમર સ્વરૂપ ચ્યુઇન્ગમ, રબર કોટિંગ અને પિગ્મેન્ટમાં વપરાય છે.
- તેનું દ્રાવણ સ્વરૂપ ટાયર, બૂટ-ચપ્પલ, બૂટ-ચપ્પલના સૉલ, ગાસ્કેટ વગેરેની બનાવટમાં વપરાય છે.

(B) સંઘનન પોલિમરાઈઝેશન અથવા તબક્કાવાર પોલિમરાઈઝેશન : આ પ્રક્રિયાની પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયામાં બે સમાન ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા બે જુદા જુદા પ્રકારના મૉનોમર વચ્ચે સંઘનન પ્રક્રિયાનું પુનરાવર્તન થાય છે. આ સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના પરિણામ સ્વરૂપે ભારે આણ્વિયદળ ધરાવતા સંઘનન પોલિમરની સાથે પાણી, એમોનિયા કે આલ્કોહૉલ જેવા સાદા અણુઓ મુક્ત થાય છે.

સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાઓમાં પ્રથમ તબક્કામાં મળતો આવર્તનીય એકમ બીજા તબક્કામાં ફરી પાછો દ્વિ-ક્રિયાશીલ ઘટક સાથે જોડાઈ નવા આવર્તનીય એકમની રચના કરે છે. આમ પ્રત્યેક તબક્કો બંને મૉનોમરમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહ કરતાં અલગ ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતા આવર્તનીય એકમની રચના કરે છે અને આ આવર્તનીય એકમો એકબીજાથી સ્વતંત્ર હોય છે. આમ તબક્કાવાર આવર્તનીય એકમો ઉમેરાતા હોવાથી આ પ્રક્રિયાને તબક્કાવાર પોલિમરાઇઝેશન પણ કહે છે.

સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી મળતા પોલિમરને તેના આવર્તનીય એકમમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને આધારે પણ વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. જેમ કે આવર્તનીય એકમમાં –CONH– સમૂહ હોય તો પોલિએમાઇડ અને –COO– સમૂહ હોય તો પોલિએસ્ટર કહેવાય છે. કેટલાક સંઘનન પોલિમરના ઉદાહરણ નીચે પ્રમાણે છે.

કેટલાક અગત્યના સંઘનન પોલિમરનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો :

(a) નાયલૉન 6,6

બનાવટ : નાયલૉન 6,6ની બનાવટમાં વપરાતા બે મૉનોમરમાં (i) એડિપિક ઍસિડ બે –COOH ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવે છે. (ii) હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન બે $-NH_2$ ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવે છે.

બે જુદા જુદા મૉનોમર એડિપિક ઍસિડ અને હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇનના મિશ્રણને 17 બાર દબાણે અને 553 K તાપમાને બંધ પાત્રમાં ગરમ કરતાં સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પાણીનો અણુ મુક્ત થઈ નાયલૉન-66 મળે છે.

નાયલૉન 6,6ના આવર્તનીય એકમમાં –CONH– એમાઇડ સમૂહ હોવાથી તે પોલિએમાઇડ શ્રેણીનો પોલિમર છે તથા તેના આવર્તનીય એકમમાં એડિપિક ઍસિડના 6 કાર્બન અને હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇનના 6 કાર્બન હોવાથી તેને નાયલૉન 6,6 કહે છે.

$$nHO-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + nH_2N-(CH_2)_6-NH_2 \xrightarrow[\text{17 બાર, 553 K, }-nH_2O]{\text{સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન}} \left[-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-(CH_2)_6-NH-\right]_n$$

એડિપિક ઍસિડ   હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન   નાયલૉન-6,6

ગુણધર્મો :

- પોલિએમાઇડ વર્ગનો મુખ્ય પોલિમર નાયલૉન-6,6 છે.
- નાયલૉન-6,6 રેખીય પોલિમર છે.
- નાયલૉન-6,6માં આવર્તનીય એકમ –(CONH)– એમાઇડ સમૂહ છે.
- નાયલૉન-6,6 થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- નાયલૉન-6,6ના રેસાઓ મજબૂત, સખત સ્થિતિસ્થાપક અને પાણી અવરોધક છે.

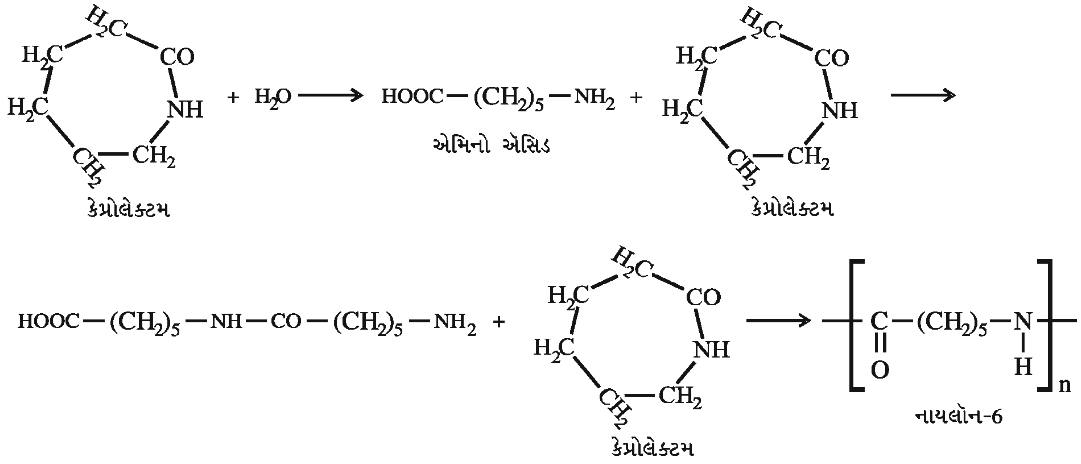
ઉપયોગો :

- કાપડ ઉદ્યોગ, માછલાં પકડવાની જાળ, ટૂથબ્રશના રેસાઓ, દોરડાં બનાવવા તેમજ ટાયર ઉદ્યોગમાં ઉપયોગ થાય છે.

(b) નાયલૉન-6 :

ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન : પાણીની હાજરીમાં મૉનોમર કેપ્રોલેક્ટમના એક અણુના જલવિભાજનથી મળતા એમિનો ઍસિડની પ્રક્રિયા કેપ્રોલેક્ટમના અન્ય અણુઓ સાથે વારાફરતી થતાં સ્વયં સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી નાયલૉન-6 બને છે.

નાયલૉન-6ના આવર્તનીય એકમમાં મૉનોમર કેપ્રોલેક્ટના 6 કાર્બન હોવાથી તેને નાયલૉન-6 કહે છે.



ગુણધર્મો :

- પોલિએમાઇડ વર્ગનો મુખ્ય પોલિમર છે.
- તેમાં આવર્તનીય એકમ એમાઇડ (–CONH–) સમૂહ છે.
- નાયલૉન-6ના રેસાઓ સામાન્ય દ્રાવકમાં અદ્રાવ્ય છે અને ખૂબ જ સારી મજબૂતાઈ ધરાવે છે.
- તે રેખીય પોલિમર છે.
- તે થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.

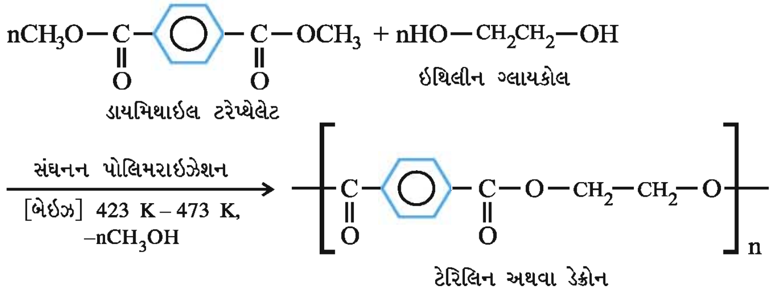
ઉપયોગ :

- કાર્પેટ, દોરડાં અને ટાયર ઉદ્યોગમાં ઉપયોગી છે.

(c) ટેરિલિન (ડેક્રોન)

ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન :

- બે જુદા જુદા મૉનોમર ડાયમિથાઇલ ટરેપ્થેલેટ અને ઇથિલીન ગ્લાયકોલના મિશ્રણને બેઝિક ઉદ્દીપકની હાજરીમાં 423 Kથી 473 K તાપમાને ગરમ કરતાં સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી ટેરિલિન (ડેક્રોન) બને છે.



ગુણધર્મો :

- તે પોલિએસ્ટર વર્ગનો મુખ્ય પોલિમર છે.
- ટેરિલિન રેખીય પોલિમર છે.
- ટેરિલિનમાં આવર્તનીય એકમ (–COO–) એસ્ટર સમૂહ છે.
- ટેરિલિન થર્મોપ્લાસ્ટિક પ્રકારનો પોલિમર છે.
- ટેરિલિનના રેસાઓ નાયલૉનના રેસાઓ કરતાં ઓછા સ્થિતિસ્થાપક છે.

ઉપયોગો :

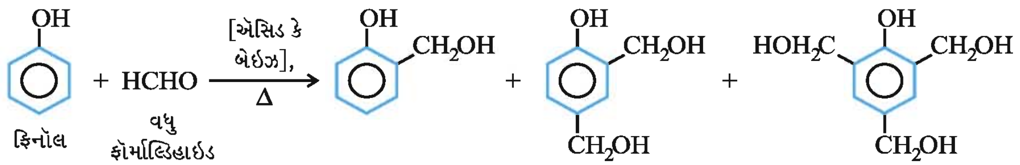
- કાપડ ઉદ્યોગમાં
- દોરડાં બનાવવામાં

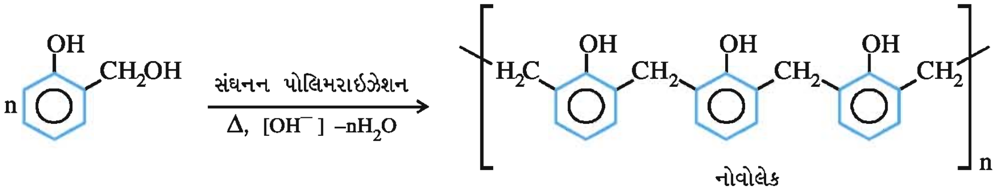
(d) બૅકેલાઇટ :

ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન :

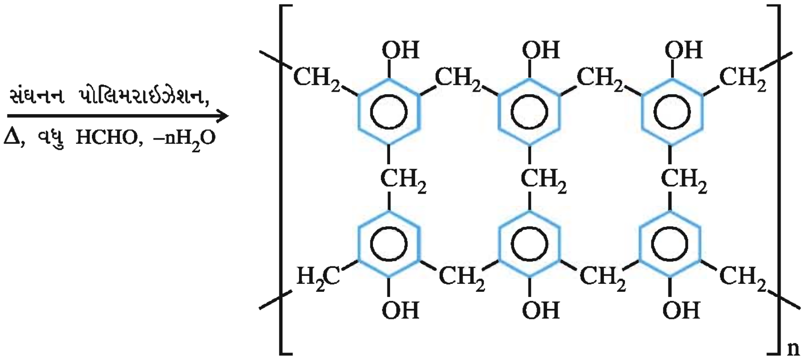
- ઍસિડ અથવા બેઇઝ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ફિનૉલ અને ફૉર્માલ્ડિહાઇડના મિશ્રણને ગરમ કરતાં ઑર્થો અને પેરા સ્થાનમાં થતી સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી બૅકેલાઇટ બને છે.
- સૌપ્રથમ ફિનૉલની વધુ પ્રમાણમાં લીધેલા ફૉર્માલ્ડિહાઇડ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી ઑર્થો અને પેરા હાઇડ્રૉક્સિમિથાઇલ ફિનૉલ વ્યુત્પન્નો મળે છે.

ઑર્થો હાઇડ્રૉક્સિમિથાઇલ ફિનૉલની પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી નોવોલેક (novolac) રેખીય પોલિમર બને છે. જેને વધુ પ્રમાણમાં ફૉર્માલ્ડિહાઇડ સાથે વધુ ગરમ કરતાં નોવોલેકના પેરા સ્થાનમાં સંઘનન થવાથી બૅકેલાઇટ બને છે.





નોવોલેક



બૅકેલાઇટ (મિશ્રબંધિત પોલિમર)

ગુણધર્મો :

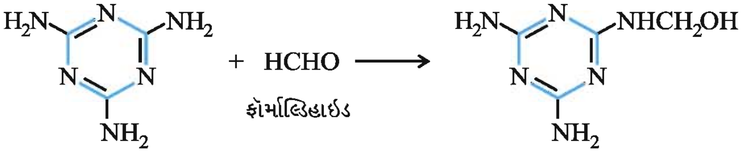
- બૅકેલાઇટ ફિનૉલ ફૉર્માલ્ડિહાઇડ વર્ગનો સાંશ્લેષિત પોલિમર છે.
- તે મિશ્રબંધિત પોલિમર છે.
- તે થર્મોસેટિંગ પ્રકારનો પોલિમર છે.
- બૅકેલાઇટને ગરમ કરતાં પીગળતો નથી.
- તે સખત, બરડ અને તેના પર લિસોટા પડતા નથી.
- તે બરડ હોવાથી પછડાતાં કે અથડાતાં તેમાં તિરાડ પડે છે કે તૂટી જાય છે.
- તે ખૂબ જ સારા વિદ્યુત-અવાહક તરીકેના ગુણધર્મો ધરાવે છે.

ઉપયોગ :

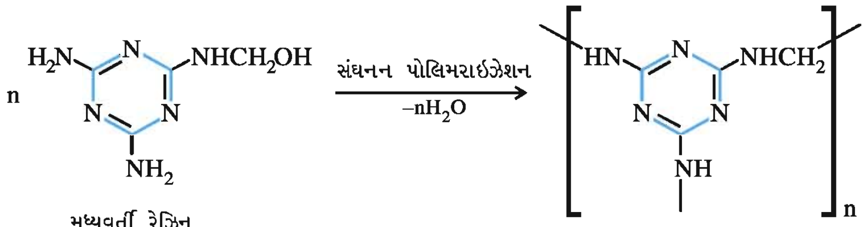
- કાંસકા, સીડી, રસોઈના વાસણોના હૅન્ડલો, ઇલેક્ટ્રિક સાધનો જેવા કે સ્વિચ, પ્લગ- પિન બનાવવામાં થાય છે.

(e) મેલેમાઇન :

બનાવટ : મેલેમાઇન અને ફૉર્માલ્ડિહાઇડને ગરમ કરતાં સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી મેલેમાઇન પોલિમર બને છે.



મેલેમાઇન   મધ્યવર્તી રેઝિન



મધ્યવર્તી રેઝિન

મેલેમાઇન પોલિમર

ગુણધર્મો :

- મેલેમાઇન ફૉર્માલ્ડિહાઇડ પોલિમર વર્ગનો સાંશ્લેષિત પોલિમર છે.
- તે થર્મોસેટિંગ પ્રકારનો પોલિમર છે.
- તે મિશ્રબંધિત પોલિમર છે.
- તે સખત અને મજબૂત છે.
- ઊંચા તાપમાને પણ તે પીગળતો નથી કે તેના બંધારણમાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી.
- તે ઘસારાનો પ્રતિકારક કરે છે.
- મેલેમાઇનના ઉપકરણોમાં પછડાતાં કે અથડાતાં તિરાડ પડતી નથી કે તૂટતા નથી.

ઉપયોગ :

- પ્લાસ્ટિકની તૂટે નહિ (unbrekable) તેવી ક્રોકરી બનાવવામાં ઉપયોગી છે.

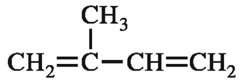
8.3 રબર (Rubber)

રબર ત્રણ સ્વરૂપે પ્રાપ્ય છે : (1) કુદરતી રબર (2) વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર (3) સાંશ્લેષિત રબર

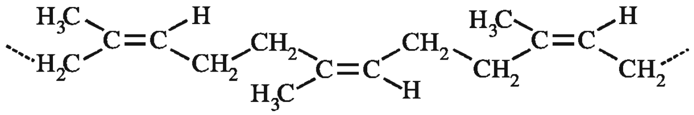
8.3.1 કુદરતી રબર (Natural Rubber) :

બંધારણ :

- ભારત, શ્રીલંકા, ઇન્ડોનેશિયા, મલેશિયા અને દક્ષિણ આફ્રિકાના જંગલોમાં રબરના ઝાડ મળી આવે છે.
- રબરના ઝાડની છાલમાં છેદ પાડી તેમાંથી મળતા દુગ્ધ રબરના પાણી સાથેના કલિલ આલંબનને ''રબર-લેટેક્ષ'' કહે છે. રબર લેટેક્ષ સાથેની ભૌતિક તેમજ રાસાયણિક પદ્ધતિથી કુદરતી રબર મેળવવામાં આવે છે.
- કુદરતી રબર આઇસોપ્રિન મૉનોમરનો રેખીય પોલિમર છે.
- આઇસોપ્રીન(2-મિથાઇલ બ્યુટા-1,3-ડાઇન)ને સિસ-1,4-પોલિઆઇસોપ્રિન પણ કહે છે.
- તેની ભૌમિતિક સમઘટકતા સિસ (cis) હોવાથી તેને સિસ-1,4-પોલિઆઇસોપ્રિન કહે છે.
- આઇસોપ્રિન મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓની પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા દરમિયાન C1 = C2 અને C3 = C4ના બંધ તૂટી C2 અને C3 વચ્ચે દ્વિબંધ રચાય છે. તેથી તેના આવર્તનીય એકમમાં C2 અને C3 વચ્ચે દ્વિ-બંધ હોય છે.
- સિસ-1,4-પોલિઆઇસોપ્રિનના આ રેખીય અણુઓ એકબીજા સાથે નિર્બળ વાન્ ડર વાલ્સ આકર્ષણબળથી એકબીજા સાથે જોડાઈને સ્પ્રિંગ આકારે ગોઠવાય છે. પરિણામે કુદરતી પોલિમરમાં સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણધર્મ જોવા મળે છે.



આઇસોપ્રિન
(2-મિથાઇલબ્યુટા-1,3-ડાઇન)



કુદરતી રબર
સિસ-1,4-પોલિઆઇસોપ્રિન

ગુણધર્મો :

- આ રબર કુદરતી પોલિમર છે.
- કુદરતી રબર સ્પ્રિંગની માફક ખેંચાઈ શકે છે અને સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણધર્મ ધરાવે છે.
- તેમાં ઘણા લાંબા સમય સુધી ખૂબ જ થોડું બળ આપતાં પણ પ્રતિવર્તી ખેંચાણ જળવાયેલું રહે છે.
- કુદરતી રબરમાં સ્થિતિસ્થાપક્તાનો આ ગુણધર્મ 273 Kથી 335 K તાપમાન સુધી જળવાઈ રહે છે.
- 273 Kથી ઓછા તાપમાને તે બરડ બને છે.
- 335 Kથી વધુ તાપમાને તે નરમ બને છે.
- પાણીનું શોષણ કરવાની તેની ક્ષમતા ઊંચી હોય છે.
- તે બિનધ્રુવીય દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે.
- ઑક્સિડેશનકર્તાના હુમલા સામે તે બિનપ્રતિરોધક (non-resistant) છે.

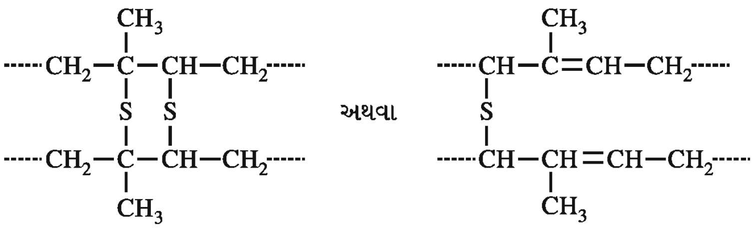
ઉપયોગ :

- કુદરતી રબરની સ્થિતિસ્થાપક લાક્ષણિકતાને લીધે તેનો ઉપયોગ અનેક ક્ષેત્રોમાં થાય છે. જેમ કે રબર (eraser), રબરબૅન્ડ, હાથના મોજાં વગેરે.

8.3.2 વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર (Vulcanised Rubber) :

બનાવટ :

- 1893માં ચાર્લ્સ ગુડયરે (Charles Goodyear) શોધી કાઢ્યું કે જો 373 Kથી 415 K તાપમાને કુદરતી રબર અને સલ્ફરના મિશ્રણને ગરમ કરવામાં આવે તો તેના ભૌતિક ગુણધર્મોમાં યોગ્ય પ્રમાણમાં જરૂરી સુધારાઓ કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિને વલ્કેનાઇઝેશન કહે છે.
- વલ્કેનાઇઝેશન પ્રક્રિયા ધીમી છે, પરંતુ તેમાં ઝિંક ઑકસાઇડ (ZnO) યોગશીલ પદાર્થ તરીકે ઉમેરવાથી પ્રક્રિયાવેગ ઝડપી થાય છે.
- વલ્કેનાઇઝેશન પ્રક્રિયા દરમિયાન કુદરતી રબરમાંના આવર્તનીય એકમ સિસ-1,4-પોલિઆઇસોપ્રિન એકમમાં રહેલો C2–C3 દ્વિ-બંધ અને નજીકનો $-CH_2-$ સમૂહ ક્રિયાશીલ હોવાથી આ બે ક્રિયાશીલ સ્થાનોનું જોડાણ સલ્ફર મારફતે રબરના બે અણુઓ વચ્ચે ક્રોસમાં થવાથી તે સખત બને છે.



રબરના રેખીય પોલિમર અણુઓ (સિસ-1,4-આઈસોપ્રિન)

ગુણધર્મો :

- વલ્કેનાઇઝ રબર ખૂબ જ સારી સ્થિતિસ્થાપકતા ધરાવે છે.
- તે ઊંચા તાપમાને પીગળતો નથી કે નીચા તાપમાને બરડ બનતો નથી.
- તેમાં પાણી શોષવાની ક્ષમતા ખૂબ જ ઓછી છે.
- તે કાર્બનિક દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય નથી.
- તે ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાનો પ્રતિકાર કરે છે.

[redacted]

- વલ્કેનાઇઝેશન દરમિયાન 5 % સલ્ફરનો ઉપયોગ કરી ટાયર માટેનું રબર બને છે.
- વલ્કેનાઇઝેશન દરમિયાન 30 % સલ્ફરનો ઉપયોગ કરી બૅટરીના આવરણ માટેનું રબર બને છે.

8.3.3 સાંશ્લેષિત રબર (Synthetic Rubber) :

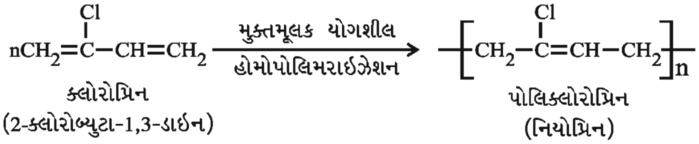
સાંશ્લેષિત રબર વલ્કેનાઇઝ રબર પ્રકારના પોલિમર છે. સાંશ્લેષિત પોલિમરને તેની લંબાઈ કરતાં બમણી લંબાઈ જેટલું બાહ્ય ખેંચાણબળ આપી છોડી દેતાં ઝડપથી પોતાના મૂળ આકાર અને કદ પ્રાપ્ત કરે છે.

સાંશ્લેષિત રબર સામાન્ય રીતે બ્યુટા-1,3-ડાઇનના કો-પોલિમર કે બ્યુટા-1,3-ડાઇનના વ્યુત્પન્નોના હોમો-પોલિમર અથવા બ્યુટા-1,3-ડાઇનના વ્યુત્પન્નો અને તેના અસંતૃપ્ત મૉનોમર સાથેના પોલિમર છે.

સાંશ્લેષિત રબરની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો :

(1) નિયોપ્રિન

બનાવટ : ક્લોરોપ્રિન (2-ક્લોરોબ્યુટા-1,3-ડાઇન) મૉનોમરના અસંખ્ય અણુઓની મુક્તમૂલક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિક્લોરોપ્રિન (નિઓપ્રિન) હોમોપોલિમર મળે છે.



ગુણધર્મો :

- નિયોપ્રિન સાંશ્લેષિત રબર વર્ગનો હોમોપોલિમર છે.
- તેની વનસ્પતિ તેલ અને ખનિજ તેલ પ્રત્યેની પ્રતિરોધકતા ઘણી જ વધારે છે.

ઉપયોગ :

- કન્વેયર બેલ્ટમાં હોસ પાઇપ, ગાસ્કેટ છાપકામનાં રોલરમાં અને અવાહક તરીકે થાય છે.

(2) નાઇટ્રાઇલ રબર (Buna-N)

બનાવટ : બે જુદા જુદા મૉનોમર બ્યુટા-1,3-ડાઇન અને એક્રિલોનાઇટ્રાઇલના મિશ્રણની પૅરોક્સાઇડ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં યોગશીલ કો-પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી નાઇટ્રાઇલ રબર મળે છે.

$$nCH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + nCH_2{=}\overset{CN}{\overset{|}{CH}} \xrightarrow[\text{કો-પોલિમરાઇઝેશન}]{\text{યોગશીલ}} \left[CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}\overset{CN}{\overset{|}{CH}}\right]_n$$

બ્યુટા-1,3-ડાઇન — એક્રિલોનાઇટ્રાઇલ (વિનાઇલ સાઇનાઇડ) — નાઇટ્રાઇલ રબર (Buna-N)

ગુણધર્મો :

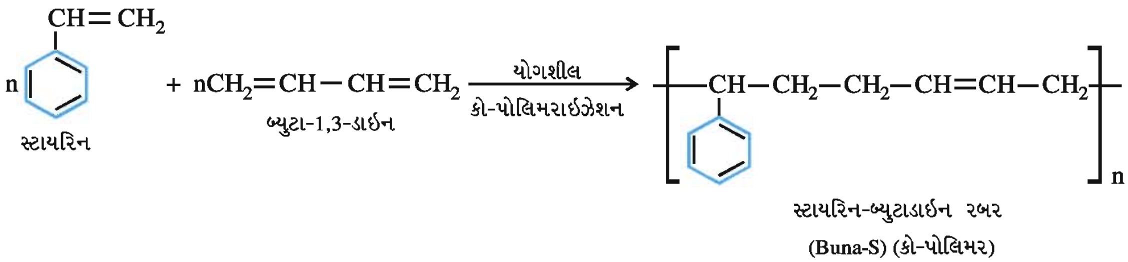
- નાઇટ્રાઇલ રબર યોગશીલ પ્રક્રિયાથી મળતો કો-પોલિમર છે.
- નાઇટ્રાઇલ રબરની ઊંજણતેલ અને કાર્બનિક દ્રાવક પ્રત્યેની પ્રતિરોધકતા ઘણી જ વધારે છે.
- તે પેટ્રોલ સાથે કોઈ પ્રક્રિયા કરતો નથી.

ઉપયોગ :

- નાઇટ્રાઇલ રબરનો ઉપયોગ ઓઇલ-સિલ, હોસપાઇપ, પેટ્રોલ ટાંકીના અંદરના આવરણમાં થાય છે.

(3) સ્ટાયરિન-બ્યુટાડાઇન રબર (Buna-S, SBR) :

બનાવટ : બે જુદા જુદા પ્રકારના મૉનોમર બ્યુટા-1,3-ડાઇન અને સ્ટાયરિનના અસંખ્ય અણુઓ યોગશીલ કો-પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી એકબીજા સાથે જોડાઈને સ્ટાયરિન-બ્યુટાડાઇન રબર નામનો કો-પોલિમર બનાવે છે.



ગુણધર્મો :

- સ્ટાયરિન-બ્યુટાડાઇન રબર યોગશીલ પ્રક્રિયાથી મળતો કો-પોલિમર છે.
- તે ખૂબ જ સારી સ્થિતિસ્થાપકતા ધરાવે છે.
- ઊંચા તાપમાને પણ તેના આકારમાં વિકૃતિ આવતી નથી.

ઉપયોગ :

- સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબરનો ઉપયોગ ટાયર અને પગરખાંની બનાવટમાં થાય છે.

8.4 પોલિમરનું આણ્વિયદળ (Molecular Mass of Polymers)

પોલિમર અસ્ફટિકમય ઘન પદાર્થો હોવાથી તેમાં પરમાણુ કે અણુઓની ગોઠવણીમાં નિયમિતતા હોતી નથી. એકજ પોલિમરના જુદા જુદા અણુમાં રહેલા મૉનોમરની સંખ્યા એટલે કે આવર્તનીય એકમની સંખ્યા જુદી જુદી હોય છે. આમ કોઈ પણ પોલિમરના નમૂનામાં શૃંખલાઓની લંબાઈ જુદી જુદી હોવાથી તેનું આણ્વિયદળ હંમેશા સરેરાશ આણ્વિયદળ તરીકે લેવામાં આવે છે.

- પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા માટે વપરાતી અતિ આધુનિક પ્રકાશવિખેરણ (Light Scattering) પદ્ધતિઓમાં ક્લાસિકલ લાઇટ સ્કેટરિંગ (Classical Light Scattering) ક્વાસિ-ઇલાસ્ટિક લાઇટ સ્કેટરિંગ (Quasi Elastic Light Scattering–QELS) અને ડાયનેમિક લાઇટ સ્કેટરિંગ (Dynamic Light Scattering–DLS)નો ઉપયોગ થાય છે.
- પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા કેટલીક ક્રોમેટોગ્રાફી મોડ પદ્ધતિઓ જેવી કે હાઈ પરફૉર્મન્સ લિક્વીડ ક્રોમેટોગ્રાફી (High Performance Liquid Chromatography–HPLC), સાઇઝ એક્સ્લ્યુઝન ક્રોમેટોગ્રાફી (Size Exclusion Chromatography–SEC), જેલ પર્મિએશન ક્રોમેટોગ્રાફી (Gel Permeation Chromatography–GPC) વગેરેનો ઉપયોગ થાય છે. આ ઉપરાંત અલ્ટ્રાસેન્ટ્રિફ્યુઝ પદ્ધતિનો પણ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

ગણતરી દ્વારા પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા માટે નીચેની કેટલીક સંજ્ઞાનો ઉપયોગ થાય છે.

- સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_n$
- ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_w$
- સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_n = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i} = \dfrac{\text{પોલિમરનું કુલ દળ}}{\text{પોલિમર અણુઓની કુલ સંખ્યા}}$
- ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_w = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i^2}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i}$

જ્યાં N_i = પ્રત્યેક પોલિમર ઘટકના અણુની સંખ્યા

M_i = પ્રત્યેક પોલિમર ઘટકનું આણ્વિયદળ

- **$\overline{M}_n$ની ગણતરી :** પોલિમરમાં રહેલા અણુઓની સંખ્યા શોધવાની પદ્ધતિને આધારે $\overline{M}_n$ ગણી શકાય છે.
- **$\overline{M}_w$ની ગણતરી :** પોલિમરમાં રહેલા એકલ અણુનું આણ્વિયદળ $\overline{M}_w$ એ ઉપર દર્શાવેલ લાઇટ સ્કેટરિંગ (પ્રકાશ-વિખેરણ) ક્રોમેટોગ્રાફિક અને અલ્ટ્રાસેન્ટ્રિફ્યુઝ પદ્ધતિને આધારે ગણી શકાય છે.
- **પોલિડિસ્પર્સિટી ઇન્ડેક્ષ (PDI) :** ભારદર્શક અને સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળના ગુણોત્તર $\left(M_w/M_n\right)$ને પોલિડિસ્પર્સિટી ઇન્ડેક્ષ (Poly Dispersity Index) PDI કહે છે.
- કુદરતી પોલિમર મોટેભાગે મોનોડિસ્પર્સ હોવાથી તેનો PDI = 1 હોય છે. અર્થાત્ $\overline{M}_w = \overline{M}_n$ થશે.
- સાંશ્લેષિત પોલિમર હંમેશા પોલિડિસ્પર્સ હોવાથી તેનો PDI > 1 હોય છે. અર્થાત્ $\overline{M}_w > \overline{M}_n$ થશે.

8.5 બાયોપોલિમર (Biopolymers)

- કુદરતમાં રહેલા કેટલાક પોલિમર જેવા કે પોલિસેકેરાઇડ, પ્રોટીન અને ન્યુક્લિક ઍસિડ કે જે માનવજીવન માટે ખૂબ જરૂરી છે, તેને **બાયોપોલિમર** કહે છે.

8.5.1 બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર (Biodegradable Polymers) :

- **જે પોલિમરનું વિઘટન મુખ્યત્વે ઉત્સેચકો, બૅક્ટેરિયા જેવા સૂક્ષ્મજીવાણુઓ, જળવિભાજનથી અને કંઈક અંશે ઑક્સિડેશનથી થાય છે તે પોલિમરને બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર કહે છે.**
- બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર પર્યાવરણીય પ્રક્રિયાઓ પ્રત્યે સક્રિય છે.
- આ પોલિમરનું સરળતાથી વિઘટન થતું હોવાથી વપરાશ બાદ તેના નિકાલની કોઈ સમસ્યા ઉદ્ભવતી નથી. પરિણામે પર્યાવરણીય પ્રદૂષણની કોઈ સમસ્યા રહેતી નથી.
- આ પોલિમરનું વિઘટન થયા પછી તેનું ફરીથી જીવનજરૂરી પદાર્થોમાં રૂપાંતરણ કરી શકાય છે.
- આ પોલિમરનું વપરાશ દરમિયાન પણ વિઘટન થતું હોઈ તેની આ લાક્ષણિકતાનો ઉપયોગ તબીબી અને ઔદ્યોગિક જેવા વિવિધ ક્ષેત્રે કરી પર્યાવરણને મદદરૂપ થઈ શકાય છે.
- સજીવોની જીવનપ્રણાલીને અનુરૂપ હોય તેવા અને પર્યાવરણીય ચક્રને મદદરૂપ થાય તેવા સાંશ્લેષિત બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર બનાવી શકાયા છે.
- કેટલાક એલિફેટિક પદાર્થોનો મૉનોમર તરીકે ઉપયોગ કરી આવા અનેક પોલિમરનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન કરવામાં આવ્યું છે. જેવા કે પોલિહાઇડ્રોક્સિ બ્યુટિરેટ કો β-હાઇડ્રોક્સિ વેલેરેટ (PHBV), પોલિગ્લાયકોલિક ઍસિડ (PGA), પોલિલૅક્ટિક ઍસિડ (PLA), ડેક્ષ્ટ્રાન, નાયલૉન-2-નાયલૉન-6 વગેરે.
- કુદરતમાં રહેલા પોલિમર કે જેને બાયોપોલિમર કહે છે તે બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર છે.

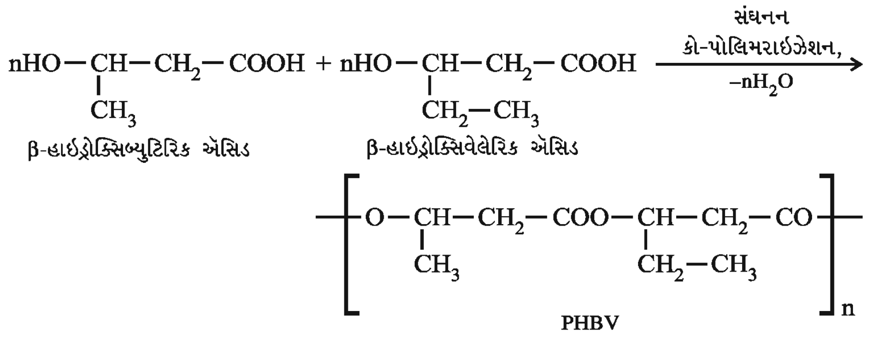
8.5.2 નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર (Nonbiodegradable Polymers) :

- જે સાંશ્લેષિત પોલિમરનું વિઘટન ઉત્સેચકો, બૅક્ટેરિયા જેવા સૂક્ષ્મજીવાણુઓ કે જલવિભાજન અને ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાઓથી થતું નથી તે પોલિમરને નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર કહે છે.
- નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર પર્યાવરણીય પ્રક્રિયાઓ પ્રત્યે નિષ્ક્રિયતા દર્શાવે છે.
- આ પોલિમરનું સરળતાથી વિઘટન થતું ન હોવાથી વપરાશ બાદ તેના નિકાલની સમસ્યાઓ ઉદ્ભવે છે. પરિણામે ગ્લોબલ-વૉર્મિંગ, ગ્રીનહાઉસ અસર જેવી પર્યાવરણીય પ્રદૂષણની સમસ્યાઓ ઉદ્ભવે છે.
- આ પોલિમરના દૈનિક વપરાશ પછી સંગ્રહ થતા કચરાનો નિકાલ કરવાની ગંભીર સમસ્યાનું સર્જન થાય છે. તેનું વિઘટન ન થવાના કારણે જીવનજરૂરી પદાર્થોમાં રૂપાંતરણ કરી શકાતું નથી.
- અત્યારે (હાલમાં) બનાવવામાં આવતા મોટાભાગના સાંશ્લેષિત પોલિમરને નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર કહે છે.
- મોટાપાયે વપરાતા નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરમાં પોલિથીન, પોલિસ્ટાયરિન, પીવીસી, ટૅફલોન, ઓર્લોન, બ્યુટાઇલ રબર, નિયોપ્રિન, સ્ટાયરિન, બ્યુટાડાઇન રબર, નાઇટ્રાઇલ રબર, નાયલૉન-6, નાયલૉન-6,6, ટેરિલિન, બૅકેલાઇટ, મેલેમાઇન વગેરેનો સમાવેશ થાય છે.

કેટલાક અગત્યના સાંશ્લેષિત બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરની વિગતો નીચે દર્શાવી છે :

- પોલિહાઇડ્રોક્સિ બ્યુટિરેટ કો β-હાઇડ્રોક્સિ વેલરેટ "PHBV"

બનાવટ : β-હાઇડ્રોક્સિબ્યુટિરિક ઍસિડ મૉનોમર અને β-હાઇડ્રોક્સિવેલરિક ઍસિડ મૉનોમર વચ્ચેની સંઘનન કો-પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પાણીનો અણુ મુક્ત થઈ પોલિએસ્ટર વર્ગનો પોલિમર PHBV બને છે.



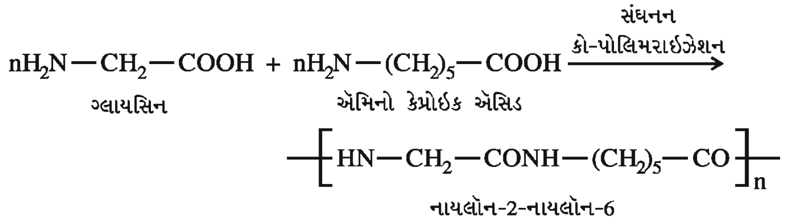
ગુણધર્મો :

- આ પોલિએસ્ટર વર્ગનો પોલિમર છે.
- તે બાયોડિગ્રેડેબલ ગુણધર્મ ધરાવે છે.
- તેમાં β-હાઇડ્રૉક્સિ બ્યુટિરિક ઍસિડનો સદઢતાનો અને β-હાઇડ્રૉક્સિવેલરિક ઍસિડનો લચકપણાનો (flexibility) ગુણધર્મ સમાયેલો છે.
- પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિમાં પણ PHBVનું બૅક્ટેરિયા વડે વિઘટન થાય છે.

ઉપયોગો :

- ખાસ પ્રકારના પૅકિંગમાં
- ઑર્થોપિડિક સાધન-સામગ્રીમાં
- નિયંત્રિત ઔષધો (controlled release of drugs) ભરવાની કૅપ્સ્યુલમાં

નાયલૉન-2-નાયલૉન-6 : બે જુદા જુદા પ્રકારના મૉનોમર ગ્લાયસિન ($H_2N–CH_2–COOH$) અને એમિનો કેપ્રોઇક ઍસિડ ($H_2N–(CH_2)_5–COOH$)ની એકબીજા સાથેની સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી પોલિએમાઇડ શ્રેણીનો કો-પોલિમર નાયલૉન-2 નાયલૉન-6 મળે છે.



- નાયલૉન-2–નાયલૉન-6 બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર છે.
- નાયલૉન-2–નાયલૉન-6 પોલિએમાઇડ વર્ગનો કો-પોલિમર છે.

PGA અને PLA :

- તેનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન થઈ શકે છે.
- ઑપરેશન બાદ ટાંકા લેવા માટે વપરાતો બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર છે.

ડેક્ષ્ટ્રાન :

- ઑપરેશન પછીના ટાંકા લેવા માટે સૌપ્રથમ વપરાયેલો બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર છે.
- તે બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિએસ્ટર વર્ગના પોલિમર છે.

સારાંશ

- આપણી આધુનિક જીવનશૈલી પોલિમર વિના અધૂરી છે.
- માનવશરીરની જૈવિક જરૂરિયાતો બાયોપોલિમરથી પૂર્ણ થાય છે. જ્યારે ભૌતિક જરૂરિયાતો કુદરતી અને સાંશ્લેષિત પોલિમરથી પૂર્ણ થાય છે.
- પોલિમર વિરાટ કદ અને ઊંચું આણ્વિયદળ ધરાવતા અણુઓનો સમૂહ છે.
- એક જ પ્રકારના અસંખ્ય અણુઓ અથવા બે કે તેથી વધુ પ્રકારના અસંખ્ય સાદા કાર્બનિક અણુઓ રાસાયણિક બંધથી એકબીજા સાથે જોડાઈને જે વિરાટ કદના અણુઓ બનાવે છે તેને પોલિમર કહે છે.
- એક જ પ્રકારના જે અણુઓ રાસાયણિક બંધથી જોડાય છે તેને મૉનોમર કહે છે. પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયામાં સૌપ્રથમ બે મૉનોમરના જોડાવાથી ડાયમર બને છે. ત્રીજો અણુ જોડાતાં ટ્રાયમર બને છે, આમ એક પછી એક અસંખ્ય અણુઓ જોડાતાં પોલિમર બને છે.
- દરેક પોલિમર શૃંખલામાં જે ચોક્કસ ભાગનું વારંવાર પુનરાવર્તન થતું હોય છે તે પુનરાવર્તિત થતા ભાગને ''આવર્તનીય એકમ'' કહે છે.
- પોલિમર અણુમાં આ પુનરાવર્તિત એકમની સંખ્યાને ''પોલિમરાઇઝેશન અંશ (n)'' કહે છે.
- જો પોલિમરાઇઝેશન અંશ 'n'નું મૂલ્ય 25 એકમ કરતાં ઓછું ($n < 25$) હોય તો તે પોલિમરને ઓલિગોમર કહે છે.
- સામાન્યતઃ ઓલિગોમર પ્રવાહી અવસ્થામાં હોય છે. ફેવિકોલ જેવાં એડહેસિવ અને પેઇન્ટમાં વપરાતા પ્રવાહી પોલિમર ઓલિગોમર છે.
- જો પોલિમરાઇઝેશન અંશ 'n'નું મૂલ્ય 25 એકમ કરતાં વધુ ($n > 25$) હોય તો તે પોલિમરને ભારે પોલિમર કહે છે. સામાન્યતઃ ભારે પોલિમર ઘન અવસ્થામાં હોય છે.
- પોલિમરનું વર્ગીકરણ નીચે પ્રમાણે થાય છે.

પોલિમર

સ્રોતના આધારે	**બંધારણને આધારે**	**પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના આધારે**	**આણ્વિયબળના આધારે**	**પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાની વૃદ્ધિના આધારે**
(1) કુદરતી પોલિમર	(1) રેખીય	(1) યોગશીલ પોલિમર	(1) ઇલેસ્ટોમર	
(2) અર્ધસાંશ્લેષિત પોલિમર	(2) શાખીય	(2) હોમોપોલિમર	(2) રેસાઓ	
(3) સાંશ્લેષિત પોલિમર	(3) મિશ્રબંધિત	(3) કો-પોલિમર	(3) થર્મોપ્લાસ્ટિક	
	(4) સંઘનન પોલિમર	(4) થર્મોસેટિંગ પોલિમર		

- પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા પદ્ધતિ મુખ્યત્વે બે ભાગમાં વર્ગીકૃત થયેલી છે : (1) યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન અને (2) સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન.

- યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા મૉનોમરમાંથી ઉદ્ભવતા મુક્તમૂલક અથવા કાર્બોકેટાયન અથવા કાર્બોનિયમ આયન દ્વારા થાય છે. આ બંને પદ્ધતિમાં જો એક જ પ્રકારના મૉનોમરથી પોલિમર મળતો હોય તો તેને હોમોપોલિમર કહે છે, અને જો બે જુદા જુદા પ્રકારના મૉનોમરથી પોલિમર મળતો હોય તો તેને કો-પોલિમર કહે છે.
- એક જ મૉનોમરની યોગશીલ પ્રક્રિયાથી મળતા યોગશીલ હોમોપોલિમરમાં, પોલિથીન, ટેફલોન, ઑર્લોન, પીવીસી, પોલિસ્ટાયરિન, બ્યુટાઇલ રબર વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય.
- જુદા જુદા બે કે તેથી વધુ મૉનોમરની યોગશીલ -ક્રિયાથી મળતા યોગશીલ કો-પોલિમરમાં સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબરનો સમાવેશ કરી શકાય.
- જે પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા દરમિયાન પાણી, એમોનિયા, આલ્કોહૉલ કે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ મુક્ત થઈ પોલિમર બને તે પ્રક્રિયાને સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા કહે છે.
- સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી મળતા પોલિમરમાં નાયલૉન-6,6, નાયલૉન-6, ટેરેલિન, બૅકેલાઇટ, મેલેમાઇન વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય.
- પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી મળતા પોલિમરના આવર્તનીય એકમમાં જો ક્રિયાશીલ સમૂહ એસ્ટર (–COO–) હોય તો તે પોલિએસ્ટર વર્ગનો પોલિમર કહેવાય, અને જો ક્રિયાશીલ સમૂહ એમાઇડ (–CONH–) હોય તો તે પોલિએમાઇડ વર્ગનો પોલિમર કહેવાય.
- ટેરેલિન પોલિએસ્ટર વર્ગનો પોલિમર છે. જ્યારે નાયલૉન-6 અને નાયલૉન-6,6 પોલિએમાઇડ વર્ગના પોલિમર છે.
- કુદરતી રબર સ્થિતિસ્થાપકતાનો અદ્ભુત ગુણધર્મ ધરાવતો હોવા છતાં ઊંચા તાપમાને અને નીચા તાપમાને તેનો આ ગુણધર્મ નાશ પામતો હોઈ તેમાં સલ્ફર ઉમેરી વલ્કેનાઇઝ રબર બનાવવામાં આવે છે.
- વલ્કેનાઇઝ રબર ઊંચા કે નીચાં તાપમાને પણ સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણધર્મ જાળવી રાખે છે. આ ઉપરાંત વધુ મજબૂતાઈ ધરાવતા સાંશ્લેષિત રબર જેવા કે નિયોપ્રિન, નાઇટ્રાઇલ રબર, સ્ટાયરિન બ્યુટાડાઇન રબર બનાવી શકાયા છે, જે કાર્બનિક દ્રાવકો પ્રત્યે પણ નિષ્ક્રિય હોય છે.
- પોલિમર પદાર્થનો આણ્વિયદળ શોધવા માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ વિકાસ પામી છે, તેમ છતાં તેનું સાચું આણ્વિયદળ શોધી શકાતુ નથી. કારણ કે એક જ પોલિમરમાં તેના કોઈ પણ બે અણુના પોલિમરાઇઝેશન અંશનું મૂલ્ય સમાન હોતું નથી.
- પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા માટે ગાણિતિક સંખ્યાત્મક પદ્ધતિઓ ઉપરાંત પ્રકાશ-વિખેરણ અને વર્ણલેખન પદ્ધતિ વધુ અસરકારક પુરવાર થઈ છે.
- પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા માટે સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_n$ અને ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_w$ સૂત્રની મદદથી મેળવી શકાય છે.
- ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_w$ અને સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ $\overline{M}_n$ના ગુણોત્તરને પોલિડિસ્પર્સિટી ઇન્ડેક્ષ (PDI) કહે છે.
- કુદરતી પોલિમર એટલે કે બાયોપોલિમરના પોલિડિસ્પર્સિટી ઇન્ડેક્ષ PDI = 1 છે. જ્યારે સાંશ્લેષિત પોલિમરનો PDI > 1 હોય છે.

- સજીવોમાં જોવા મળતા પોલિમર બાયોપોલિમર હોય છે. બાયોપોલિમરનું બૅક્ટેરિયા જેવા સૂક્ષ્મજીવાણુઓ દ્વારા વિઘટન થઈ શકે છે. વપરાશ દરમિયાન તેનું સરળ ઘટકોમાં રૂપાંતરણ થઈ શકતું હોવાથી તેને બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર કહે છે. બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર પર્યાવરણના મિત્ર છે.
- જે પોલિમરનું બૅક્ટેરિયા જેવા સૂક્ષ્મજીવાણુ દ્વારા વિઘટન થતું નથી તેમજ વપરાશ દરમિયાન સરળ ઘટકો મેળવી શકાતા નથી તેને નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમર કહે છે. નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરના વપરાશથી પર્યાવરણની ઘણી સમસ્યાઓ ઉદ્ભવે છે.
- પર્યાવરણીય સમસ્યાઓના ઉકેલ માટે બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરનું ઉત્પાદન અને વપરાશ વધારવો જરૂરી છે.
- કેટલાક સાંશ્લેષિત બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરમાં PHBV, PGA, PLA, ડેક્સ્ટ્રાન, નાયલૉન-2, નાયલૉન-6નો સમાવેશ થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા બહુવિકલ્પમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) જે સાદા કાર્બનિક અણુઓ એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈને પોલિમર બનાવી શકે તેને .... કહે છે.

(A) મૉનોમર (B) ટ્રેટામર (C) ડાયમર (D) ટ્રાયમર

(2) પોલિમર અણુમાં આવર્તનીય એકમની સંખ્યા 'n'ને .... કહે છે.

(A) પોલિમરાઇઝેશન અંશ (B) ઓલિગોમર

(C) ભારે પોલિમર (D) આવર્તનીય એકમ

(3) પોલિએસ્ટરમાં કયો ક્રિયાશીલ સમૂહ હોય છે ?

(A) –COO– (B) $–CH_2–CH_2–$ (C) –CONH– (D) $–CH_2–CN$

(4) નોવોલેક કેવા પ્રકારનો પોલિમર ગણી શકાય ?

(A) રેખીય (B) શાખીય (C) મિશ્રબંધિત (D) (A) અને (B)

(5) નીચેનામાંથી કયો પદાર્થ ઇલેસ્ટોમર છે ?

(A) નાયલૉન-6 (B) નાયલૉન-6,6 (C) વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર (D) મેલેમાઇન

(6) નીચેનામાંથી કયો પોલિમર સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન -ક્રિયાથી મળે છે ?

(A) PVC (B) પોલિથીન (C) પોલિસ્ટાયરિન (D) નાયલૉન-6,6

(7) પ્રકાશ-વિખેરણ પદ્ધતિ .... માટે વપરાય છે.

(A) સાંદ્રતા શોધવા (B) પોલિમરનું આણ્વિયદળ શોધવા

(C) તત્ત્વોની પરખ (D) અણુની સંખ્યા શોધવા

(8) HDPનો ઉપયોગ ....ની બનાવટમાં થાય છે.

(A) હલકાં અને પોચા સાધનો (B) સખત અને ટકાઉ સાધનો

(C) રૂ અને ઊન (D) હલકા અને સસ્તા સાધનો

(9) ઓર્લોનની બનાવટ માટે કયો મૉનોમર વપરાય છે ?

(A) $CF_2=CF_2$ (B) $CH_2=CH–CN$

(C) $CH_2=CHCl$ (D) $CH_2=CH–OH$

(10) નીચેનામાંથી બાયોપોલિમરનું ઉદાહરણ .... છે.

(A) ટેફ્લોન (B) નિયોપ્રિન (C) નાયલૉન-6,6 (D) DNA

(11) નાયલૉન-6,6ની બનાવટમાં નીચેનામાંથી કયા બે મૉનોમર વપરાય છે ?

(A) હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન અને ઇથીલિન ગ્લાયકોલ

(B) ઍડિપિક ઍસિડ અને હેક્ઝામિથિલીન ડાયએમાઇન

(C) ડાયઇથાઇલ ટરપ્થેલેટ અને ઇથિલીન ગ્લાયકોલ

(D) ઍડિપિક ઍસિડ અને ઇથિલીન ગ્લાયકોલ

(12) .... બાયોડિગ્રેડેબલ ગુણધર્મ ધરાવે છે.

(A) PTFE (B) PAN (C) SBR (D) PHBV

(13) સાંશ્લેષિત પોલિમર માટે કયો વિકલ્પ સાચો છે ?

(A) $\overline{M}_n = \overline{M}_w$ (B) $\overline{M}_n \geq \overline{M}_w$ (C) $\overline{M}_w > \overline{M}_n$ (D) $\overline{M}_w < \overline{M}_n$

(14) ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ શોધવાનું સૂત્ર કયું છે ?

(A) $\overline{M}_w = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i^2 \cdot M_i}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i \cdot M_i}$ (B) $\overline{M}_w = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i}$

(C) $\overline{M}_w = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i^2}$ (D) $\overline{M}_w = \dfrac{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i^2}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i M_i}$

(15) પોલિમર રસાયણમાં અલ્ટ્રાસેન્ટ્રિફ્યુઝ પદ્ધતિ વડે શું મેળવી શકાય છે ?

(A) સાંદ્રતા (B) આણ્વિયદળ (C) અવક્ષેપ (D) દ્રાવણ

2. **નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં જવાબ લખો :**

(1) વ્યાખ્યા આપો : (i) પોલિમરાઇઝેશન અંશ (ii) આવર્તનીય એકમ

(2) કુદરતી પોલિમરના ઉદાહરણ આપો.

(3) સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા ક્યારે થઈ કહેવાય ?

(4) યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા એટલે શું ?

(5) યોગશીલ પ્રક્રિયાના પ્રકારો તેની પદ્ધતિના આધારે જણાવો.

(6) હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીન(HDP)ના ઉપયોગ જણાવો.

(7) ટૅફ્લોનનું આવરણ કેટલા તાપમાન સુધી વિઘટન પામતું નથી ?

(8) પોલિસ્ટાયરિન કયા પ્રકારનો પોલિમર છે ?

(9) કુદરતી રબરના સ્થાને કયું રબર વપરાય છે ?

(10) નાયલૉન-6ની બનાવટનું રાસાયણિક પ્રક્રિયા સમીકરણ આપો.

(11) બૅકેલાઇટનો આવર્તનીય એકમ જણાવો.

(12) PDI એટલે શું ?

(13) બાયોપોલિમર એટલે શું ?

(14) કુદરતી ઇલેસ્ટોમરનું ઉદાહરણ આપો.

(15) નિયંત્રિત ઔષધો ભરવાની કૅપ્સ્યુલ કયા પોલિમરમાંથી બનાવી શકાય છે ?

(16) PTFEનો આવર્તનીય એકમ જણાવો.

3. **નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :**

(1) અર્ધસાંશ્લેષિત પોલિમર વિશે માહિતી આપો.

(2) ઓલિગોમર અને ભારે પોલિમર એટલે શું ?

(3) ઇલેસ્ટોમર સમજાવો.

(4) થર્મોપ્લાસ્ટિક પોલિમરની લાક્ષણિકતાઓ જણાવો.

(5) યોગશીલ કો-પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાથી મેળવાતા કોઈ પણ એક પોલિમરની બનાવટ સમજાવો.

(6) નાયલૉન-6,6ના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો આપો.

(7) મેલેમાઇન કેવી રીતે બનાવાય છે ?

(8) કુદરતી રબર અને વલ્કેનાઇઝ્ડ રબરનો તફાવત આપો.

(9) પોલીમરનું આણ્વિયદળ શોધવાની પદ્ધતિઓ જણાવો.

(10) ભારદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ અને સંખ્યાદર્શક સરેરાશ આણ્વિયદળ શોધવાના સૂત્રો જણાવો.

(11) બાયોડિગ્રેડેબલ અને નૉન-બાયોડિગ્રેડેબલ પોલિમરનો તફાવત આપો.

(12) PGA, PLA, ડેક્ષ્ટ્રાનની વિશિષ્ટતાઓ જણાવો.

4. **નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર આપો :**

(1) પોલિમરનું વર્ગીકરણ આપી પ્રત્યેકનું એક ઉદાહરણ આપો.

(2) મૉનોમર, પોલિમર અને પોલિમરાઇઝેશન અંશ એટલે શું ? ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

(3) સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા સમજાવો.

(4) મુક્તમૂલક યોગશીલ પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાના તબક્કાઓ સમજાવો.

(5) હાઈ ડેન્સિટી પોલિથીન(HDP)ની બનાવટ, ગુણધર્મો અને ઉપયોગો જણાવો.

(6) તબક્કાવાર પોલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયા સમજાવો.

(7) બૅકેલાઇટના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો જણાવો.

(8) વલ્કેનાઇઝ્ડ રબર પર નોંધ લખો.

(9) 'PHBV' પર નોંધ લખો.

(10) ઓલિગોમર અને ભારે પોલિમર સમજાવો.