बहुलक
Polymer

15 CHAPTER

INSIDE

15.1 प्रस्तावना
15.1.1 बहुलक तथा वृहद् अणु
15.2 बहुलकों का वर्गीकरण
15.2.1 स्त्रोत के आधार पर
15.2.2 संरचना के आधार पर
15.2.3 संश्लेषण के आधार पर
15.2.4 आण्विक बलों के आधार पर
15.2.5 संघटन इकाइयों के आधार पर
15.3 बहुलीकरण की विधियाँ
15.4 सहबहुलीकरण का विषम बहुलीकरण
15.5 बहुलकों का आण्विक द्रव्यमान
15.5.1 बहुपरिक्षेपण घातांक
15.5.2 आंकिक प्रश्न
15.6 रबर
15.6.1 प्राकृतिक रबर
15.6.2 संश्लेषित रबर
15.7 औद्योगिक महत्त्व के कुछ प्रमुख बहुलक
15.8 जैव निम्नीकृत एवं अजैव निम्नीकृत बहुलक
15.9 पाठ्यपुस्तक के प्रश्न-उत्तर
15.10 कुछ प्रमुख प्रश्न

15.1 प्रस्तावना (Introduction)

बहुलक (Polymer) जिन्हें सामान्य भाषा में प्लास्टिक भी कहा जाता है, आधुनिक युग की रीढ़ की हड्डी (Backbone) है। आज के युग की कल्पना बहुलकों के बिना असंभव है। इनका उपयोग घरों में काम आने वाली वस्तुओं, कपड़ों इत्यादि से लेकर वाहनों, अंतरिक्ष में जाने वाले यानों तथा चिकित्सा क्षेत्र में सभी जगह है। आजकल तो कृत्रिम अंगों को बनाने में भी बहुलकों का उपयोग होता है।

सामान्यतः कार्बनिक अणुओं में 30–40 या इससे कम कार्बन परमाणु होते है। लेकिन बहुलकों में इन कार्बन परमाणुओं की संख्या हजारों में होती है। यह बड़ा या वृहद् आकार (Giant size) ही बहुलकों के विशेष प्रकार के गुणों का कारण है।

बहुलक अकार्बनिक तथा कार्बनिक दोनों ही प्रकार के अणुओं से मिलकर बनते है।

बहुलक जिसे अंग्रेजी में पॉलीमर (Polymer) कहते है कि उत्पत्ति दो ग्रीक शब्दों 'पॉली' (Poly) अर्थात् अनेक तथा 'मर' (Mer) अर्थात् भाग या ईकाई से हुई है।

बहुलकों का निर्माण सामान्य संरचनात्मक ईकाइयों के वृहद् पैमाने पर आपस में जुड़ने पर होता है। ये ईकाईयाँ आपस में सहसंयोजक बंध (Covalant bond) द्वारा जुड़ी रहती है। इन संरचनात्मक ईकाईयों को एकलक (Monomer) कहते है, तथा इन ईकाईयों के जुड़ने से बहुलक बनने की प्रक्रिया को बहुलीकरण या बहुलकन (Polymerization) कहते है।

उदाहरण–

(1) एथीन के बहुलीकरण से पॉलीथीन बनना। यहाँ एथीन 'एकलक' तथा 'पॉलीथीन' बहुलक है।

$$n(CH_2 = CH_2) \xrightarrow[\Delta]{O_2\ \text{उच्चदाब}} \text{+}CH_2 - CH_2\text{+}_n$$

(2) विनाइल क्लोराइड (VC) के बहुलीकरण से पॉलीविनाइल क्लोराइड (जिसे सामान्य भाषा में PVC कहते है) बनाना।

$$n\,CH_2 = \underset{Cl}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow[\Delta]{\text{बहुलीकरण}} \text{+}CH_2 - \underset{Cl}{\underset{|}{CH}}\text{+}_n$$

PVC

सारणी 15.1 : कुछ बहुलक तथा उनके एकलक

क्र.सं.	बहुलक (Polymer)	एकलक (Monomer)	संरचनात्मक ईकाईयाँ (Structural Unit)
1.	पॉलीथीन (PE)	एथीलिन $(CH_2 = CH_2)$	$\text{+}CH_2 - CH_2\text{+}_n$
2.	पॉलीप्रोपीलीन (PP)	प्रोपीलीन $(CH_2 = \overset{CH_3}{CH})$	$\text{+}CH_2 - \overset{CH_3}{\overset{\mid}{CH}}\text{+}_n$
3.	पॉलीस्टाईरीन (PS)	स्टाईरीन $(CH_2 = \overset{C_6H_5}{CH})$	$\text{+}CH_2 - \overset{C_6H_5}{\overset{\mid}{CH}}\text{+}_n$
4.	पॉलीवाईनिल क्लोराइड (PVC)	वाइनिल क्लोराइड $(CH_2 = \overset{Cl}{\overset{\mid}{CH}})$	$\text{+}CH_2 - \overset{Cl}{\overset{\mid}{CH}}\text{+}_n$

5.	पॉलीएक्रीलोनाइट्राइल	एक्रीलोनाइट्राइल $(CH_2=CH(CN))$	$[-CH_2-CH(CN)-]_n$
6.	नाइलॉन–6	केप्रोलेक्टम $HN-(CH_2)_5-C=O$ (चक्रीय)	$[NH(CH_2)_5-C(=O)]_n$
7.	पॉलीब्युटाडाईइन	1,3 ब्युटाडाइइन $CH_2=CH-CH=CH_2$	$(CH_2-CH=CH-CH_2)_n$
8.	नाइलॉन 66	हेक्सामेथिलीन डाइऐमीन तथा एडिपिक अम्ल $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ and $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$	$(CO-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NH)_n$
9.	नियोप्रीन	2–क्लोरो–1, 3–ब्यूटाडाइईन (क्लोरोप्रीन) $CH_2=CH-C(Cl)=CH_2$	$(CH_2-CH=C(Cl)-CH_2)_n$
10.	स्टाइरीन–ब्यूटाडाइईनरबर [Buna – S]	स्टाइरीन तथा 1,3 ब्यूटाडाइईन $CH_2=CH-CH=CH_2+C_6H_5CH=CH_2$	$(CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH(C_6H_5))_n$
11.	टेफलॉन	टेट्राफ्लोरोएथीलिन $(F_2C=CF_2)$	$(F_2C-CF_2)_n$
12.	टेरीलिन या डेक्रॉन	एथीलिन ग्लाइकॉल तथा टरथैलिक अम्ल $HO-CH_2-CH_2-OH$ and $HO-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$	$[-O-CH_2-CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-]_n$

15.1.1 बहुलक तथा वृहद्अणु (Polymer and Macromolecule)

सामान्यः बहुलक तथा वृहद् अणु में कोई भेद नहीं किया जाता, लेकिन जहाँ बहुलक संरचनात्मक ईकाईयों की पुनरावृत्ति से बनते है, वहीं वृहद् अणुओं में संरचनात्मक ईकाईयों की पुनरावृत्ति हो भी सकती है और नहीं भी। इसे "प्रोटीन" के उदाहरण से समझ सकते है। प्रोटीन अमीनो अम्लों से बनने वाला वृहद् अणु है, जिसमें अमीनों अम्ल रासायनिक रूप से तो समान है लेकिन संरचनात्मक रूप से नहीं।

"सभी बहुलक वृहद अणु है पर सभी वृहद् अणु बहुलक नहीं हैं।"

15.2 बहुलकों का वर्गीकरण (Classification of Polymer)

- विशिष्ट महत्वों के आधार पर बहुलकों को कई प्रकार से वर्गीकृत करते है।
- बहुलकों के कुछ सामान्य वर्गीकरण निम्न हैं,
  - (a) स्त्रोत पर आधारित वर्गीकरण
  - (b) संरचना पर आधारित वर्गीकरण
  - (c) संश्लेषण के आधार पर वर्गीकरण
  - (d) आण्विक बलों के आधार पर वर्गीकरण
  - (e) वृद्धि बहुलकों के आधार पर वर्गीकरण

15.2.1 स्त्रोत के आधार पर (Classification Based on Sources)

- स्त्रोत के आधार पर बहुलक को तीन भागों में विभक्त किया गया है।
  - (a) प्राकृतिक बहुलक (Natural polymers)
  - (b) संश्लेषित बहुलक (Synthetic polymers)
  - (c) अर्ध–संश्लेषित बहुलक (Semi-Synthetic polymers)

(a) प्राकृतिक बहुलक (Natural polymers)

- वे बहुलक जो प्रकृत्ति में पेड़–पौधों एवं जन्तुओं से प्राप्त किये जाते है, उन्हे **प्राकृतिक बहुलक** कहते है। इनके उदाहरण निम्न है।

(i) पॉलिसेकेराइड बहुलक–उदाहरण स्टार्च, सेलुलोस आदि ग्लूकोस के बहुलक है।
- ये पेड़– पौधो से प्राप्त होते है।
- यह एक जैव बहुलक है।
- **इनके एकलक ग्लाइकोसाइड बन्ध** द्वारा जुड़े होते हैं।

(ii) प्रोटीन– इनका निर्माण जैव कोशिकाओं मे होता है।

- ये α- एमीनों अम्लों के बहुलक है।
- यह एक जैव बहुलक है।
- प्रोटीन के एकलक पेप्टाइड बंध द्वारा जुड़े होते हैं।

(iii) न्यूक्लिक अम्ल– यह न्यूक्लिओटाइड के बहुलक है।

- इनमें क्षार, शर्करा व फॉस्फेट इकाई होती है।
- ये दो प्रकार के RNA व DNA है।
- यह एक जैव बहुलक है।

(iv) प्राकृतिक रबर– यह पेड़ो से प्राप्त लेटेक्स से बनाया जाता है। यह आइसोप्रीन (2-Methylbuta-1,3-diene) का बहुलक है।

(b) संश्लेषित बहुलक (Synthetic polymers)

- वे बहुलक, जो मानव द्वारा प्रयोगशालाओं में संश्लेषित तथा उद्योगों में निर्मित किये जाते हैं, उन्हें **संश्लेषित बहुलक** कहते है।
- उदाहरण–पॉलीथीन, टेफ्लान, ऑरलॉन, पी.वी.सी. आदि।

(c) अर्ध-संश्लेषित बहुलक (Semi-Synthetic polymers)

- वे प्राकृतिक बहुलक, जिन्हें रासायनिक अभिक्रिया द्वारा रूपान्तरित करके सुधारा जाता है, **अर्ध-संश्लेषित बहुलक** कहलाते है। उदाहरणार्थ–सेलुलोस डाईऐसीटेट, सेलुकोस नाइट्रेट (गन–कॉटन) (gun-cotton), वल्कनीकृत रबड़ आदि।
- **सेलुलोज डाइऐसीटेट**-प्राकृतिक बहुलक सेलुलोज का सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में एसीटिक एनहाइड्राइड के साथ एसीटिलीकरण करने पर सेलुलोज डाई ऐसीटेट बहुलक प्राप्त होता है। इसका उपयोग धागों एवं फिल्म, काँच आदि पदार्थों के बनाने में होता है।
- **सेलुलोस नाइट्रेट**-इसे सेलुलोस के नाइट्रीकरण द्वारा बनाया जाता है। इसे **गन कॉटन** (Gun cotton) कहते हैं, इसका उपयोग विस्फोटक बनाने में किया जाता है।

  वल्कनित रबर-इसका उपयोग टायर आदि बनाने में होता है।

15.2.2 संरचना के आधार पर [Classification Based on Structure]

- बहुलक बनाते समय, एकलक इकाईयों के परस्पर जुड़ने के आधार पर विभिन्न संरचना वाले बहुलकों का निर्माण होता है। अतः संरचना के आधार पर बहुलकों को निम्न भागों में बांटा गया है–
  - (a) रेखीय बहुलक (Linear Polymer)
  - (b) शाखित बहुलक (Branched polymers)
  - (c) तिर्यकबद्ध बहुलक (Cross linked polymers)

(a) रेखीय बहुलक (Linear Polymers)

- इस बहुलक में एकलक इकाईयाँ आपस में जुड़ कर एक बड़ी सीधी श्रृंखला का बहुलक बनाते है।
- इसके बाद कई सीधी श्रृंखलायें आपस में एक के ऊपर एक निकटतम व्यस्थित होकर एक संकुलित संरचना बनाते है।
- रेखीय बहुलक के गलनांक उच्च, उच्च प्रबल बन्ध व उच्च तनन सामर्थ्य, उच्च घनत्व होते है।
- उदाहरण–उच्च घनत्व*Polythene, nylon, polyester, PVC.*

रेखीय बहुलक

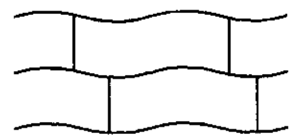
(b) शाखित बहुलक (Branched Polymers)

- इन बहुलक में एकलक इकाईयाँ अनियमित तरीके से संगठित होकर शाखित बहुलक बनाते है
- इस प्रकार बनी श्रृंखलायें परस्पर सुसंकलित नहीं होती। अतः ये कम गलनांक, कम घनत्व व निम्न प्रबलता वाले बहुलक होते है।
- उदाहरण– *Amylopectin, glycogen* निम्न घनत्व पॉलीथीन, स्टार्च आदि।

शाखित श्रृंखला बहुलक

(c) तिर्यकबद्ध बहुलक (Cross-linked polymers)

- इन बहुलक में सर्वप्रथम रेखीय बहुलक बनते है, जो बाद में त्रिविम संरचना में व्यवस्थित होकर जो संरचना बनाते हैं, उन्हें **तिर्यकबद्ध बहुलक** कहते है।
- अतः इनमें तिर्यक बन्धों की उपस्थिति के कारण, ये बहुलक कठोर दृढ़ व भंगुर होते है।
- उदाहरण – *Bakelite, melamine, formaldehyde resin.*



Crossed linked or Network polymer

15.2.3 संश्लेषण के आधार पर [Classification Based on Synthesis]

- इस वर्गीकरण में, बहुलक को दो भागों में विभक्त करते है–
  - (a) योगात्मक बहुलक (Addition Polymers)
  - (b) संघनन बहुलक (Condensation Polymers)

(a) योगात्मक बहुलक (Addition Polymers)–

- यदि अनेक एकलक इकाईयाँ परस्पर जुड़कर, एक बड़े अणु का निर्माण करती है तथा कोई भी अन्य छोटा अणु बाहर नहीं निकलता हैं, तो यह **योगात्मक बहुलक** कहलाता हैं तथा यह प्रक्रिया **योगात्मक बहुलीकरण** कहलाती है
- योगात्मक बहुलीकरण में असंतृप्त एकलक इकाईयाँ भाग लेती हैं, जो कि सामान्यतः एल्कीन के व्युत्पन्न होते हैं। इस प्रकार बने बहुलक का अणुसूत्र और अणुभार, एकलक इकाई का पूर्ण गुणांक होता है। अतः एकलक और बहुलक के मूलानुपाती सूत्र समान होते हैं।

$$nCH_2 = CH_2 \longrightarrow \underset{\substack{\text{Polyethylene or polyethene} \\ \text{(योगात्मक बहुलक)}}}{[-CH_2 - CH_2-]_n}$$

$$\underset{\text{वाइनिल क्लोराइड}}{nCH_2 = CH - Cl} \xrightarrow[\text{बहुलीकरण}]{\text{योगात्मक}} \underset{\text{पी.वी.सी.}}{(-CH_2 - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-)_n}$$

$$\underset{\text{स्टाइरीन}}{nC_6H_5CH = CH_2} \xrightarrow[\text{बहुलीकरण}]{\text{योगात्मक}} \underset{\text{पॉली स्टाइरीन}}{(-CH_2 - \underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-)_n}$$

$$nF_2C=CF_2 \xrightarrow[\text{बहुलीकरण}]{\text{योगात्मक}} (-F_2C-CF_2-)_n$$

टेट्राफ्लुओरोऐथीन → पॉली टेट्राफ्लुओरो ऐथीन (टेफ्लॉन)

इसके अन्य उदाहरण निम्न हैं– कोयलीन, ट्राइऑक्सेन, पेराऐल्डिहाइड।

(b) संघनन बहुलक (Condensation Polymers)

- वे बहुलक जो दो या दो से अधिक एकलकों के संघनन से बनते हैं, **संघनन बहुलक** कहलाते हैं।
- इनमें एकलक अणुओं में भिन्न-भिन्न क्रियात्मक समूह होते हैं।
- इनके संश्लेषण में सरल अणुओं जैसे जल, HCl, एल्कोहोल आदि का विलोपन होता है।
- इसमें प्राप्त बहुलक का अणुभार, लिये गये एकलक के अणुभार का सरल गुणांक नहीं होता।
- इसमें बनने वाले बहुलक को **संघनन बहुलक** कहते है तथा यह प्रक्रिया **संघनन बहुलीकरण** कहलाती है।

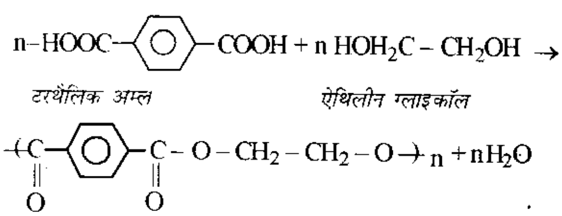
उदाहरण–

$$nH_2N(-CH_2-)_6NH_2 + nHOOC(-CH_2-)_4COOH \rightarrow$$

हैक्सा मेथिलीन डाइएमीन, ऐडिपिकअम्ल

$$[HN-(CH_2)_6-NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-\underset{\underset{O}{\|}}{C}]_n + nH_2O$$

नाइलॉन-66



टरथैलिक अम्ल *ऐथिलीन ग्लाइकॉल*

टेरीलीन या डेक्रोन (पॉलीएस्टर)

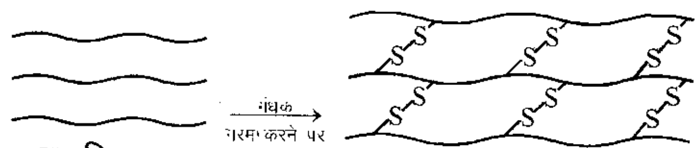
इसके उदाहरण निम्न हैं– *टेरेलीन, बेकेलाइट, नाइलोन 66, नाइलोन–6.*

15.2.4 आण्विक बलों के आधार पर [Classification Based on Molecular Forces]

- विभिन्न प्रक्रियाओं से प्राप्त बहुलक, अनेकों छोटे–छोटे बहुलक अणुओं का समूह होता है
- इन बहुलकों के अनेकों यांत्रिक गुण जैसे – तनन क्षमता, चर्मलता, कठोरता, प्रत्यास्था आदि इनमें उपस्थित छोटे–छोटे बहुलक अणुओं के मध्य उपस्थित अन्तः आण्विक आकर्षण बल जैसे हाईड्रोजन बंध, वान्डरवाल बल, द्विध्रुव–द्विध्रुव अन्योन्य क्रियाओं पर निर्भर करते है।
- उपरोक्त बलों की प्रबलता, बहुलक में उपस्थित अणु के आकार एवं क्रियात्मक समूह पर निर्भर करती है।
- जितनी बड़ी श्रृंखला बहुलक में होगी, उनमें अन्तः आण्विक बल उतना ही प्रबल होता है।
- इन अन्तः आण्विक बलों के आधार पर बहुलकों को चार श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है–

(a) प्रत्यास्थ बहुलक (Elastomers)

- ऐसे बहुलकों में, बहुलक श्रृंखलाऐं परस्पर दूर्बल अन्तराअणुक बलों द्वारा जुड़ी होती है।
- ये बहुलक अक्रिस्टलीय होते है।
- इन बहुलकों को खींचकर एक सीमा तक लम्बा किया जा सकता है और बाह्य बल हटाने पर, ये पुनः अपनी वास्तविक पूर्व अवस्था में आ जाते है।
- ये बहुलक अनियमित कुण्डलीनुमा व श्रृंखलाबद्ध वृहद अणु होते हैं तथा इनमें तिर्यक बन्ध नहीं होते हैं।
- खींचने पर कुण्डली सीधी हो जाती है तथा बल हटाने पर पुनः कुण्डली बन जाती है।
- इनमें प्रत्यास्था का गुण कम होता हैं। अतः ऐसे बहुलक में तिर्यक बन्ध बनाकर प्रत्यास्था का गुण बढ़ाया जा सकता हैं।
- उदाहरण प्राकृतिक रबर में गन्धक मिलाकर गरम करने पर, इसमें अनेक स्थानों पर सल्फर सेतु के रूप में तिर्यक बन्ध बन जाते हैं।
- इससे प्राकृतिक रबर की प्रत्यास्था बढ़ जाती है। इसे **वल्कनीकृत** रबर कहते हैं तथा यह प्रक्रिया **वल्कनीकरण** कहलाती है। ब्यूना -S, ब्यूना -N, नियोप्रीन रबर आदि इसके उदाहरण है।



प्राकृतिक रबर **वल्कनीकृत रबर**

(b) रेशेदार बहुलक (Fibres Polymers) या तन्तु बहुलक

- ये बहुलक जिनमें अन्तरआण्विक बल हाइड्रोजन बन्ध या द्विध्रुव द्विध्रुव आकर्षण बल हो, उन्हें **फाइबर्स या रेशेदार बहुलक** कहते है।
- इनमें उच्च तनन क्षमता होती है।
- इनके गलनांक उच्च होते हैं।
- इनमें बहुलक अणुओं के मध्य प्रबल बल उपस्थित होता है। अतः बहुलक अणु एक दूसरे के निकटतम रूप से व्यवस्थित रहते हैं। इस कारण, ये बहुलक क्रिस्टलीय होते हैं।
- इन बहुलकों के रेशे (धागे) बनाये जा सकते है।
- *नाइलॉन -66* व *डेक्रॉन*, प्राकृतिक कपास ऊन, सिल्क आदि इसके उदाहरण हैं।

(c) ताप सुनम्य बहुलक (Thermoplastic Polymers)

- इन बहुलकों में अन्तराआण्विक बल प्रत्यास्थ व रेशेदार बहुलकों के मध्यवर्ती होते है।
- इन बहुलकों में श्रृंखलाओं के मध्य कोई तिर्यक बन्ध या close packing नहीं होती है। अतः ये दृढ़ नहीं होते।
- अतः ये बहुलक गरम करने पर पिघल जाते हैं और ठंडा करने पर पुनः ठोस अवस्था ग्रहण कर लेते हैं। अतः इन्हें पिघलाकर, विभिन्न सांचों में डालकर मनपसन्द आकृति में ढाला जा सकता है।
- वे कार्बनिक पदार्थ जिन्हें प्लास्टिक में श्यानता एवं मृदुता आदि के लिये मिलाते हैं उन्हें **प्लास्टीकर्मक** कहते हैं। n-Butylphthalate एक प्लास्टीकर्मक है।
- उदाहरण – *Polyethene, Polystyrene, P.V.C.* आदि।

(d) ताप दृढ़ बहुलक (Thermosetting Polymers)

- ये बहुलक, अर्द्ध–तरल (semi fluid) पदार्थो से बनाये जाते है।
- इन अर्द्ध तरल पदार्थो को निश्चित आकृति के सांचे में डालकर, गरम करते हैं तो इनमें रासायनिक परिवर्तन होता है।
- जिससे ये कठोर, अज्वलनशील, अगलनीय व अघुलनशील

पदार्थ में बदल जाते है, जिसे **ताप दृढ़ बहुलक** कहते है।

- इनमें यह परिवर्तन, गरम करने पर अत्यधिक संख्या में तिर्यक बन्ध तथा त्रिविम जाल संरचना बनने के कारण होता है।
- उदाहरण– बैकेलाइट, यूरिया मेलेमीनफार्मेल्डिहाइड आदि।

थर्मोप्लास्टिक बहुलक	थर्मोसेटिंग बहुलक
– ये गर्म करने पर मुलायम हो जाते हैं एवं पिघल जाते हैं।	– ये गर्म करने पर जलना प्रारम्भ कर देते हैं।
– इन्हें गर्म करके किसी भी आकार में ढाला जा सकता है;	– इन्हें पुनः किसी अन्य आकृति में नहीं ढाला जा सकता है;
– ये कम भंगुर होते हैं।	– ये अधिक भंगुर होते हैं।
– ये कार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं;	– ये अकार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं।
– इनकी रेखीय संरचना होती है।	– इनकी त्रिविमीय संरचना होती है।
– इनका निर्माण योगात्मक बहुलीकरण द्वारा होता है।	– इनका निर्माण संघनन बहुलीकरण द्वारा होता है।

[illegible]

इस आधार पर बहुलकों को निम्न दो श्रेणियों में विभक्त किया जा सकता है–(a) समबहुलक तथा (b) विषम या सहबहुलक।

(a) समबहुलक (Homopolymers)

वें बहुलक, जो एक ही प्रकार की एकलक इकाई से बनते हैं, उन्हें **समबहुलक** कहते हैं। **उदाहरणार्थ- पी.वी.सी., यह वाइनिल क्लोराइड** के बहुलकीकरण से बनता है।

$$\underset{\text{वाइनिल क्लोराइड}}{nCH_2 = CH - Cl} \xrightarrow{\text{बहुलकीकरण}} \underset{\text{पी. वी. सी. (समबहुलक)}}{\left(-CH_2 - \overset{Cl}{\overset{|}{C}}H- \right)_n}$$

(b) विषम या सहबहुलक (Hetero or Copolymers)

वे बहुलक जो एक से अधिक प्रकार की एकलक इकाइयों से बनते हैं, उन्हें **विषम या सहबहुलक** कहते हैं। उदाहरणार्थ– स्टाइरीन–ब्यूटाडाईन रबड़ (संश्लेषित रबड़) स्टाइरीन तथा 1,3 ब्यूटाडाईन के बहुलकीकरण से बना है।

$$\underset{\text{1,3 ब्यूटाडाईन}}{xCH_2 = CH - CH = CH_2} + \underset{\text{स्टाइरीन}}{yC_6H_5 - CH = CH_2} \xrightarrow{\text{बहुलकीकरण}}$$

$$-\!\left(CH_2 - CH = CH - CH_2 -\right)_x\!\left(CH_2 - \overset{C_6H_5}{\overset{|}{C}}H - \right)_y$$

(ब्यूना–S) *स्टाइरीन–ब्यूटाडाइईन रबड़ (सहबहुलक)*

सारणी 15.2 : बहुलकों का वर्गीकरण

क्र.स.	वर्गीकरण का आधार	बहुलकों के प्रकार
1.	स्त्रोतों के आधार पर	1. प्राकृतिक बहुलक 2. संश्लेषित बहुलक 3. अर्द्ध संश्लेषित बहुलक
2.	एकलकों के आधार पर	1. समबहुलक 2. सहबहुलक
3.	बहुलकन के प्रकार के आधार पर	1. योगज अथवा योगात्मक बहुलक 2. संघनन बहुलक
4.	संरचना के आधार पर	1. रेखिक बहुलक 2. शाखित श्रृंखला बहुलक 3. तिर्यकबद्ध जाल बहुलक
5.	बहुलकों का तापमान की ओर व्यवहार के आधार पर वर्गीकरण	1. ताप सुनम्य अथवा ताप सुघट्य बहुलक 2. तापदृढ़ बहुलक
6.	आणविक बलों के आधार पर वर्गीकरण	1. प्रत्यास्थ बहुलक 2. रेशे

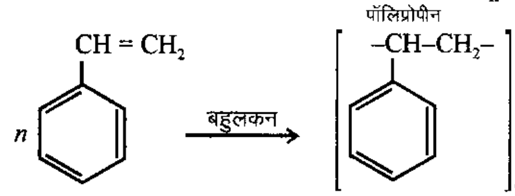
15.3 बहुलीकरण की विधियाँ (Method of Polymerisation)

(1) योगज बहुलक (Addition Polymers)–

- जब एकलक इकाइयाँ बिना किसी अणु के विलोपन द्वारा लगातार जुड़ कर लम्बी श्रृंखलाएँ बनाते हैं तो उनसे बना उत्पाद **योगज बहुलक** कहलाता है। अगर कभी एकलक इकाइयाँ समान हों तब इस प्रकार बने **समबहुलक** का **अणु भार** एकलक इकाई के अणु भार का संख्यात्मक गुणक होता है। योगज बहुलकीरण सामान्यतः द्विबन्ध रखने वाले एकलकों के बीच होता है। उदाहरण के लिये–

$$\underset{\text{एथीन}}{n\,CH_2 = CH_2} \xrightarrow{\text{बहुलकन}} \underset{\text{पॉलिथीन}}{(-CH_2 - CH_2 -)_n}$$

$$n\,\underset{\text{प्रोपीन}}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H = CH_2} \xrightarrow{\text{बहुलकन}} \underset{\text{पॉलिप्रोपीन}}{\left[-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H - CH_2 - \right]_n}$$



स्टाइरीन *पॉलिस्टाइरीन*

योगात्मक अथवा श्रृंखला वृद्धि बहुलीकरण

- जब एकलक अणु परस्पर योगात्मक अभिक्रिया द्वारा बहुलक का निर्माण करते हैं, तो इस प्रक्रिया को **योगात्मक बहुलीकरण** कहते हैं।
- इस अभिक्रिया में एक क्रियाशील कण एकलक अणु के साथ क्रिया करके उसे सक्रिय कर देता है और इस प्रकार एक श्रृंखलाबद्ध क्रम बन जाता है।
- ये क्रियाशील कण मुक्त मूलक, धनायन अथवा ऋणायन हो सकते है जिससे एकलक श्रृंखला अभिक्रिया द्वारा जुड़ जाते हैं।
- श्रृंखला वृद्धि बहुलकीकरण एल्कीन, संयुग्मित डाइईन्स एवं कार्बन कार्बन द्विबन्ध युक्त समूहों वाले यौगिकों द्वारा दर्शायी जाती है।

- इस प्रकार योगज बहुलकन के परिणामस्वरूप द्विबन्ध एकल बन्ध में बदल जाता है। कई एकलक इकाइयां इस प्रकार से संयुग्मित हो सकती है।
- पॉलीथीन, पॉली स्टाईरीन, पॉली ब्यूटाडाईन, टेफ्लॉन, PVC आदि कुछ श्रृंखला वृद्धि बहुलक है।
- क्रियाकारी कणों की प्रकृति के अनुसार इन अभिक्रियाओं को तीन प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है—
  (अ) मुक्त मूलक क्रियाविधि
  (ब) धनायन क्रियाविधि
  (स) ऋणायन क्रियाविधि।
- योगात्मक बहुलकीकरण अभिक्रिया की सभी क्रियाविधि तीन पदों में सम्पन्न होती है-श्रृंखला प्रारम्भन, श्रृंखला संचरण एवं श्रृंखला समापन पद।

(अ) मुक्त मूलक योगात्मक बहुलकीकरण

I. श्रृंखला प्रारम्भ पद-

- मुक्त मूलक बहुलकीकरण, कार्बनिक परऑक्साइड या अन्य अभिकर्मकों द्वारा प्रारम्भ होती है जो अपघटित होकर मुक्त मूलक उत्पन्न करते हैं।

उदा. $(C_6H_5COO)_2 \rightarrow 2C_6H_5COO^{\bullet}$

[benzoyl peroxide] *benzoate freeradical*

$(CH_3COO)_2 \rightarrow 2CH_3COO^{\bullet}$

[acetyl peroxide] *Acetate free radical*

$H_2O_2 \rightarrow 2\dot{O}H$

[hydrogen peroxide] *hydroxide free radical*

$$H_3C-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{|}}C\!-\!O\!-\!OH \rightarrow H_3C-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{|}}C-O^{\bullet}+\dot{O}H$$

[t-butyl hydrogen peroxide]

- मुक्त मूलक एकलक अणु (एल्कीन) से योग करके एक बड़ा मुक्त मूलक बना लेता है।

$$\underset{(Alkyl\ peroxide)}{(RCOO)_2} \rightarrow 2RCOO^{\bullet} \rightarrow R^{\bullet}+CO_2$$

$$\dot{R}+CH_2=\underset{X}{\underset{|}{CH}} \longrightarrow RCH_2-\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}}$$

(यहाँ X=H, Cl, CN,-R) **उत्तेजित एकलक मुक्त मूलक**

II. श्रृंखला संचरण पद

- बना हुआ मुक्त मूलक अन्य एल्कीन अणु पर आक्रमण करता है एवं यह प्रक्रिया निरंतर चलती रहती है जिसके फलस्वरूप एक लम्बी श्रृंखला का निर्माण होता है।

$$R-CH_2-\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}}+CH_2=\underset{X}{\underset{|}{CH}} \rightarrow RCH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}}$$

$$\xrightarrow{nCH_2=\overset{X}{\overset{|}{C}H}} R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH_2\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}}$$

III. श्रृंखला समापन पद

- जब एकलक अंणु क्रिया करके समाप्त हो जाते हैं तो मूलक आपस में क्रिया करके उदासीन अणु बना लेते हैं, जिससे अभिक्रिया रूक जाती है। यह **श्रृंखला समापन पद** कहलाता है।
- ये पद निम्न प्रकार से सम्भव है—

(1) दो मुक्त मूलक आपस में संयोग करके उदासीन अणु बनाते हैं। इसे **युग्मन** (coupling) कहते हैं।

$$R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH_2\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}}+\dot{R} \rightarrow R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH_2\underset{X}{\underset{|}{CH}}-R$$

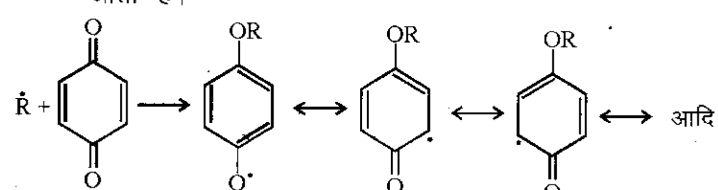
(2) दो मुक्त मूलक हाइड्रोजन के स्थानान्तरण द्वारा उदासीन अणु बनाते हैं। इसे **असमानुपातन** (dispropotionattion) कहते हैं।

$$2R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH_2-\underset{X}{\underset{|}{\dot{C}H}} \rightarrow R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH_2}}+$$

$$R\text{+}CH_2-\underset{X}{\underset{|}{CH}}\text{+}_nCH=\underset{X}{\underset{|}{CH}}$$

- इनके अतिरिक्त श्रृंखला स्थानान्तरण (Chain transfer) तथा निरोधक (inhibitor) के द्वारा भी श्रृंखला समापन हो जाता है।

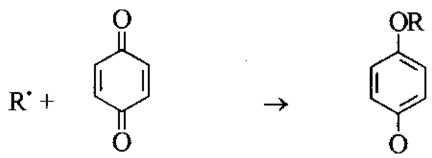
हमने देखा है कि कार्बनिक परांक्साइड मुक्त मूलक बहुलकन को बढ़ाते हैं। किन्तु बेन्जोक्विनोन की थोड़ी सी मात्रा ही अगर डाल दी जाती है तो मुक्त मूलक बहुलकन या तो घट जाता है या रूक जाता है। मुक्त मूलक माध्यमिक ($\dot{R}$) इसके साथ जुड़कर एक अभिक्रियाविहीन मुक्त मूलक बनाता है जो अनुनाद द्वारा स्थायित्व को प्राप्त करता है। यह श्रृंखला अभिक्रिया को आगे नहीं बढ़ने देती है और बहुलकन रूक जाता है।



निरोधक

- श्रृंखला का समापन हम निरोधक पदार्थों का प्रयोग करके कर सकते हैं।
- यदि बेन्जोक्विनॉन की थोड़ी सी मात्रा उपर्युक्त क्रिया में मिला दी जावें तो अभिक्रिया समाप्ति की ओर चली जाती है।
- अभिक्रिया में प्राप्त R मुक्त मूलक बेन्जोक्विनोन के साथ जुड़कर अभिक्रिया विहिन मुक्त मूलक बनता है। यह श्रृंखला अभिक्रिया को

आगे नहीं बढ़ने देता है।



(ब) धनायन बहुलकन (Cationic polymerisation)–

धनायन बहुलकन सामान्यतः प्रोटॉन अम्ल जैसे H_2SO_4, HF या लुइस अम्ल जैसे $AlCl_3$, BF_3, $SnCl_4$ आदि की उपस्थिति में अम्लीय माध्यम में होता है। इलेक्ट्रॉन मुक्त करने वाले समूह को रखने वाले एकलक धनायन जैसे CH_3 व C_2H_5 आदि बहुलकन में भाग लेते हैं।

(1) शृंखला प्रारम्भ पद–इस पद में लुईस अम्ल इलेक्ट्रॉन स्नेही की भाँति व्यवहार करता है।

- अम्ल प्रोटॉन मुक्त करता है–

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

$$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$$

$$BF_3 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + [BF_3(OH)]^-$$

- प्रोटॉन एल्कीन के द्विबन्ध युक्त कार्बन पर जुड़कर कार्बकेटायन आयन बनाता है।

$$H^{\oplus} + CH_2 = CH_2 \rightarrow CH_3 - \overset{\oplus}{C}H_2$$

(2) शृंखला संचरण पद–

- उपर्युक्त बना धनायन एल्कीन के अन्य अणु के साथ जुड़कर नया कार्बधनायन बनाता है। इस प्रकार यह प्रक्रिया जारी रहती है और शृंखला में एकलक अणु जुड़ते जाते हैं जिसके फलस्वरूप एक लम्बी शृंखला का निर्माण होता है।

$$CH_3\overset{\oplus}{C}H_2 + CH_2 = CH_2 \rightarrow CH_3CH_2CH_2\overset{\oplus}{C}H_2$$

$$CH_3CH_2CH_2\overset{\oplus}{C}H_2 + nCH_2 = CH_2 \rightarrow$$

$$CH_3CH_2(CH_2CH_2)_nCH_2\overset{\oplus}{C}H_2$$

(3) शृंखला समापन पद–

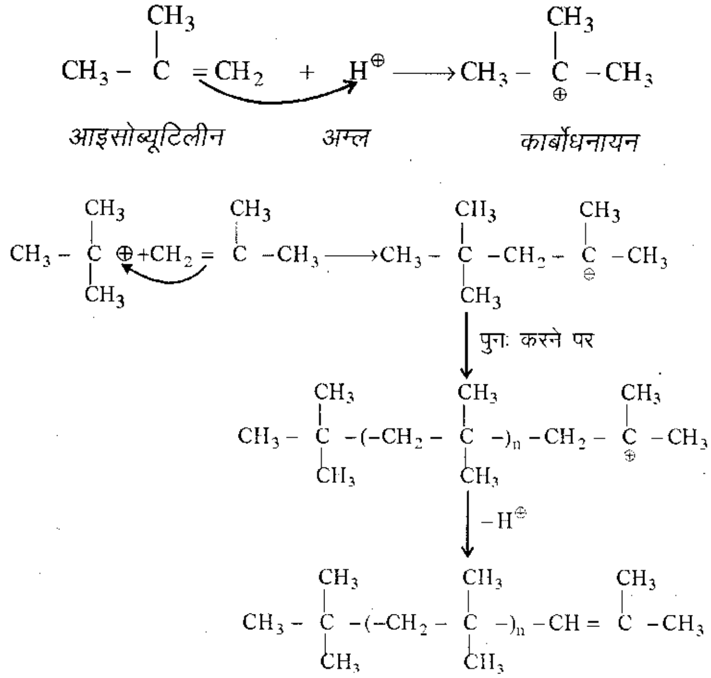
- इस पद में नाभिक स्नेही (ऋणायन) की उपस्थिति में उपर्युक्त बनी बहुलक शृंखलाएँ प्रोटॉन त्याग कर बहुलक अणु बनाती है तथा अभिक्रिया समाप्त हो जाती है।

$$CH_3CH_2(CH_2CH_2)_n\underset{\substack{|\\H}}{CH} - \overset{\oplus}{C}H_2 \xrightarrow[HSO_4^-]{}$$

$$CH_3CH_2(CH_2CH_2)_nCH = CH_2 + H_2SO_4$$

बहुलक

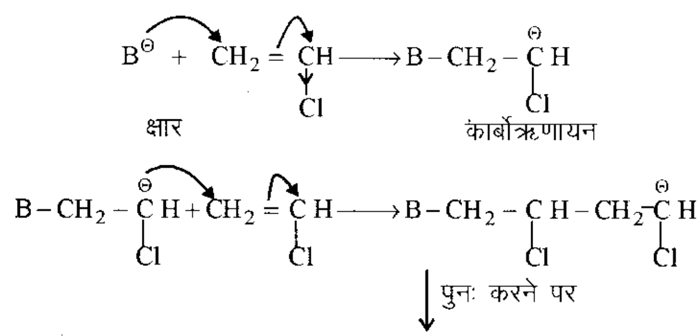
उदाहरण के लिये पॉलिआइसोब्यूटिलीन बहुलक ट्रक टायर के अन्दर वाले ट्यूब के निर्माण में प्रयुक्त होता है जो कि लगभग 200 K पर BF_3 उत्प्रेरक की उपस्थिति में, इलेक्ट्रॉन मुक्त करने वाले CH_3 समूह के साथ आइसोब्यूटिलीन के धनायन बहुलकन के परिणामस्वरूप बनता है।



पॉलिआइसोब्यूटिलीन (बहुलक)

(स) ऋणायन बहुलकन (Anionic Polymerisation)–

ऋणायन क्रियाविधि ऐसे ऐल्कीन अणुओं में देखी गयी है जिनके पास कुछ इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने वाले समूह जैसे फेनिल, क्लोराइड, नाइट्राइल आदि उपस्थित होते हैं। ऋणायन बहुलकन उपयुक्त क्षार जैसे सोडामाइड ($NaNH_2$), *n*- ब्यूटिल लीथियम (*n*-C_4H_9Li) आदि की उपस्थिति में होता है। उदाहरण के लिये पॉलिवाइनिल क्लोराइड (PVC), वाइनिल क्लोराइड के क्षारीय उत्प्रेरक युक्त ऋणायन बहुलकन के परिणामस्वरूप बनता है।



पॉलिवाइनिल क्लोराइड
(P.V.C.)

- शृंखला वृद्धि विधि के परिणामस्वरूप बनने वाले बहुलकों के कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं–
- पॉलिथीन, पॉलिप्रोपीन, पॉलिब्यूटाडाई, टेफ्लान, PVC, पॉलिआइसोप्रीन (प्राकृतिक रबर) आदि।

(II) संघनन बहुलक (Condensation Polymers)

- जब एकलक अणु संघनन अभिक्रिया द्वारा बहुलक का निर्माण करते हैं तो यह प्रक्रिया **संघनन बहुलकीकरण** कहलाती है।

- इसमें प्रयुक्त दो भिन्न एकलक अणुओं में एक से अधिक क्रियात्मक समूह होते हैं।
- संघनन बहुलकीकरण में प्रमुख रूप से ऐमाइड बनने और एस्टरीकरण की अभिक्रियाएँ होती है।
- इस प्रक्रिया में एकलक अणु एक के बाद एक पद द्वारा परस्पर जुड़ते रहते हैं और इस प्रकार पदों की एक श्रेणी स्थापित हो जाती है तथा संघनन बहुलक का निर्माण होता है।
- प्रत्येक पद में एक सरल अणु जैसे H_2O, NH_3, R–OH आदि का निष्कासन होता है।
- संघनन बहुलीकरण की क्रिया को निम्न उदाहरणों के द्वारा समझा जा सकता है।

(1) **Nylon-66** पॉलीएमाइड दो एकलकों ऐडिपिक अम्ल तथा हेक्सामेथिल डाइऐमीन के संघनन बहुलकीकरण से बनता है। इसकी संश्लेषण अभिक्रिया निम्न रूप से हैं—

$$\underset{\text{ऐडिपिक अम्ल}}{HOOC-(CH_2)_4-COOH} + \underset{\text{हेक्सामेथिलीन डाइएमीन}}{H\ HN-(CH_2)_6-NH_2}$$

$$\downarrow -H_2O$$

$$HOOC-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NH_2$$

$$\downarrow +HOOC-(CH_2)_4-COOH-H_2O$$

$$HOOC-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NHCO(CH_2)_4-COOH)$$

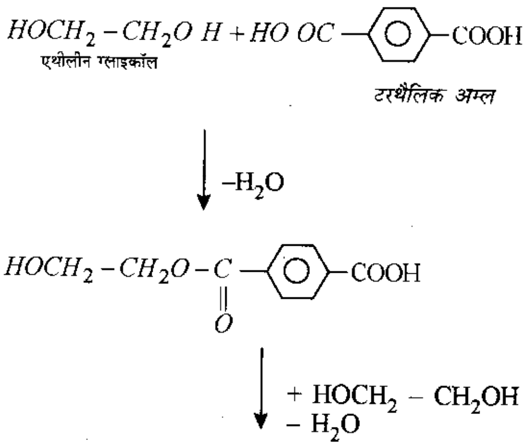
$$\downarrow +H_2N(CH_2)_6NH_2-H_2O$$

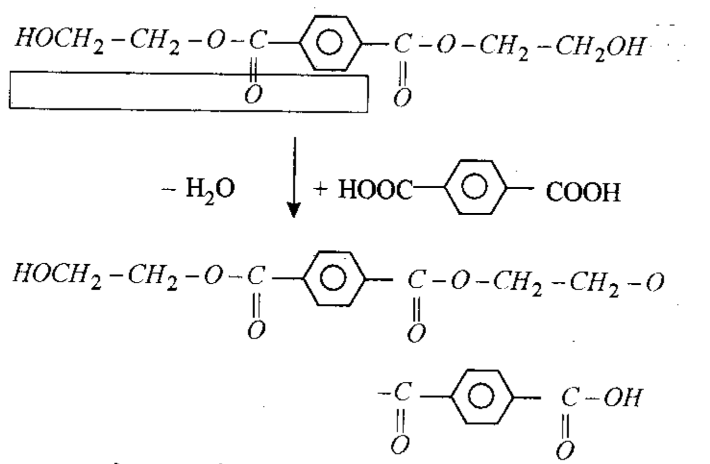
$$HOOC(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NHCO-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NH_2$$

उपरोक्त पद की पुनरावृत्ति होने पर उत्पाद को निम्न रूप से लिख सकते हैं।

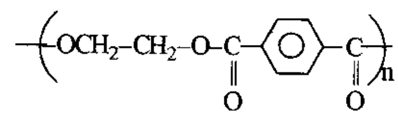
$$[CO-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NH]_n$$

(2) डेक्रोन पोलीएस्टर दो एकलकों एथीलीन ग्लाइकॉल तथा टरथैलिक अम्ल के संघनन बहुलकीकरण से बनता है। इसकी संश्लेषण अभिक्रिया निम्न रूप से है।





उपरोक्त पद की पुनरावृत्ति होने पर उत्पाद को निम्न रूप से लिख सकते हैं-



Dacron

संघनन बहुलक के कुछ और उदाहरण हैं– टेरिलीन, ग्लिपटल, नाइलॉन -6, बैकालाइट, रेसिन आदि।

EXERCISE 15.1

प्र.1. बहुलक किसे कहते हैं?
प्र.2. को–पालीमर्स किसे कहते है?
प्र.3. मेक्रोअणु किसे कहते हैं?
प्र.4. बहुलकों को संरचना के आधार पर वर्गीकरण की व्याख्या कीजिये।
प्र.5. बहुलकों को स्त्रोत के आधार पर कैसे वर्गीकृत किया गया है
प्र.6. बहुलकों को संश्लेषण के आधार पर कैसे वर्गीकृत किया गया है?
प्र.7. बहुलकों को आण्विक बलों के आधार पर कैसे वर्गीकृत किया गया है?
प्र.8. रेखीय बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.9. शाखित बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.10. क्रोस लिंक बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.11. प्राकृतिक बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.12. संश्लेषित बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.13. योगात्मक बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.14. संघनन बहुलक के उदाहरण दीजिये।
प्र.15. श्रृंखला वृद्धि बहुलक किस क्रियाविधि द्वारा प्राप्त होते है?
प्र.16. श्रृंखला वृद्धि बहुलक में उत्तेजक क्या लेते है?
प्र.17. श्रृंखला वृद्धि बहुलक में उदाहरण दीजिये।
प्र.18. इलास्टोमर्स किसे कहते है?
प्र.19. थर्मोप्लास्टिक किसे कहते है?
प्र.20. फाइबर्स किसे कहते है?

प्र.21. थर्मोसेटिंग किसे कहते हैं?
प्र.22. इलास्टोमर्स के उदाहरण दीजिये।
प्र.23. फाइबर्स के उदाहरण दीजिये।
प्र.24. थर्मोप्लास्टिक के उदाहरण दीजिये।
प्र.25. थर्मोसेटिंग के उदाहरण दीजिये।

उत्तर की स्वयं जांच करें

उ.1. वें यौगिक, जिनका उच्च आण्विक भार हो और वह यौगिकों के असंख्य अणुओं से मिलकर बना हो, उन्हें **बहुलक** कहते हैं।
उ.2. वे बहुलक जो एक से अधिक प्रकार के एकलक अणुओं से प्राप्त होता है, उसे को–पॉलीमर्स कहते हैं।
उ.3. जब बहुलक एक विशालकाय अणु हो तो उसे मेक्रो अणु कहते है।
उ.4. बिन्दु 15.2.2 देखें।
उ.5. बिन्दु 15.2.1 देखें।
उ.6. बिन्दु 15.2.3 देखें।
उ.7. बिन्दु 15.2.4 देखें।
उ.8. पॉलीथीन, नाइलॉन, पॉलीस्टर।
उ.9. एमाइलोपेक्टिन, ग्लाइकोजन
उ.10. बेकेलाइट, मैलेमाइन
उ.11. स्टॉर्च, सेल्यूलोज, प्रोटीन्स
उ.12. पॉलीथीन, टेफलॉन
उ.13. कोयलीन, ट्राइऑक्सन, पेराऐल्डिहाइड
उ.14. टेरेलीन, बैकेलाइट
उ.15. मुक्त मूलक क्रियाविधि द्वारा
उ.16. बेन्जॉइल पर ऑक्साइड
उ.17. पॉलीथीन, कोअलीन
उ.18. बिन्दु 15.2.4 (a) देखें
उ.19. बिन्दु 15.2.4 (c) देखें
उ.20. बिन्दु 15.2.4 (b) देखें
उ.21. बिन्दु 15.2.4 (d) देखें
उ.23. वल्कीनिकृत रबड़
उ.23. नाइलॉन 66
उ.24. पॉलीथीन, पॉलीस्टाइरीन
उ.25. बेकेलाइट, यूरिया फार्मल्डिहाइड।

15.4 सहबहुलीकरण या विषम बहुलीकरण (Copolymerization or Heteropolymerization)

दो या दो से अधिक एकलक अणु अथवा ईकाइयाँ परस्पर संयुक्त होकर जो बहुलक बनाती है उसे **सहबहुलक** (Copolymer) कहते है तथा बहुलीकरण की यह प्रक्रिया **सहबहुलीकरण या विषम बहुलीकरण** कहलाती है। यह योगात्मक अथवा संघनन दोनों प्रकार से हो सकती है। इसे सामान्यतः निम्न प्रकार से प्रदर्शित कर सकते है।

$$nA + nB \rightarrow \left[A-A-B-B-B-A-B\right]_n$$

उदाहरणार्थ : (1) स्टाइरीन–ब्यूटाडाइईन रबर का निर्माण योगात्मक सहबहुलीकरण (Addition Co-polymerization) द्वारा होता है।

(2) नाइलॉन 66 का निर्माण संघनन सहबहुलीकरण (Condensation Copolymerization) द्वारा होता है चूंकि इसमें एडिपिक अम्ल तथा हेक्सामेथिलीन डाइऐमीन दो प्रकार के एकलक होते है, अतः इस संघनन बहुलीकरण से बनने वाला बहुलक **सहबहुलक** कहलाता है।

$$\underset{\text{ऐडिपिक अम्ल}}{nHOOC-(CH_2)_4-COOH} + \underset{\text{हेक्सामेथिलिन डाइऐमीन}}{nH_2N-(CH_2)_6-NH_2}$$

$$\underset{\text{नाइलोन 6,6}}{HO\left[CO-(CH_2)_4-CONH-(CH_2)_6-NH\right]_nH}$$

सहबहुलक में विभिन्न एकलक इकाईयाँ भिन्न–भिन्न प्रकार से जुड़ी होती है, एकलक ईकाईयों के विन्यास (arrangement) के आधार पर सहबहुलक चार प्रकार के होते है–

(1) **क्रमरहित सहबहुलक (Random Copolymer)**– इन बहुलकों में एकलक ईकाईयों का कोई क्रम नहीं होता है। इन्हें निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते है।

$$-A-B-A-A-A-B-B-B-A-A-B-$$

(2) **एकान्तरित सहबहुलक (Alternating Copolymer)**– इन बहुलकों में एकलक ईकाईयाँ परस्पर एकान्तर क्रम में जुड़ी रहती है। इन्हें निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते है।

$$-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-$$

(3) **खण्ड सहबहुलक (Block Copolymer)**– इन बहुलकों में पहले एक प्रकार की एकलक ईकाईयाँ जुड़कर एक खण्ड (समूह) बनाती है, फिर दूसरे एकलक की ईकाईयां जुड़कर दूसरा खण्ड (समूह) बनाती है तथा यह प्रक्रिया चलती रहती है। इन्हें निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते है–

$$A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B$$
$$-A-A-A-A-A$$

(4) **कलम सहबहुलक (Graft Copolymer)**– इन बहुलकों में एक प्रकार के बहुलक एक श्रृंखला बनाते है, जिसमें दूसरे एकलक की ईकाईयाँ शाखाओं के रूप में जुड़ी रहती है। इन्हें निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते है–

```
A – A –  A – A – A  – A – A –  A – A – A
         |                     |
         B–B–B–B–B             B–B–B–B–B–B
```

सहबहुलीकरण के उपयोग–

सहबहुलीकरण द्वारा बहुलकों के गुणों को परिवर्तित कर उनका व्यावसायिक उपयोग किया जा सकता है।

1. नाइलॉन 66 हेक्सामेथिलिन डाइऐमीन तथा ऐडिपिक अम्ल के संघनन बहुलीकरण से बनता है, परन्तु यह कम गलनांक वाला, एक कठोर क्रिस्टलीकृत पदार्थ होता है, लेकिन यदि इसमें **टरथैलिक अम्ल** मिलाकर, तीनों एकलकों का सहबहुलीकरण किया जाए तो इसकी क्रिस्टलीय प्रकृति तथा गलनांक दोनों बढ़ जाते है।
2. स्टाइरीन के साथ 20–30 प्रतिशत मात्रा में ऐक्रिलोनाइट्राइल मिलाकर बना सहबहुलक धचको (Impact) तथा हाइड्रोकार्बनों के प्रति मजबूत होता है।
3. स्टाईरीन तथा ब्यूटाडाईन का सहबहुलक संश्लेषित रबर होता है।
4. एक ही प्रकार के एकलकों के बहुलीकरण से समबहुलक बनते है, तथा सहबहुलक दो समबहुलकों की मिश्रित विशेषताएँ दर्शाते है।

अतः सहबहुलीकरण, बहुलक का व्यावसायिक उपयोग बढ़ाने का एक अच्छा माध्यम है। इसमें एक ही बहुलक में से अधिक गणुधर्मों को मिश्रित किया जा सकता है।

15.5 बहुलकों का अणुभार (आण्विक द्रव्यमान)

- बहुलीकरण की प्रक्रिया से प्राप्त बहुलक, अनेकों विभिन्न आकार के बहुलक अणुओं का समूह होता है अर्थात् इसमें विभिन्न अणुभार वाले, अनेकों बहुलक अणु उपस्थित होते हैं।
- अतः किसी बहुलक का अणुभार (या आणविक द्रव्यमान) ज्ञात करने के लिए, इसमें उपस्थिति विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभारों का औसत लिया जाता हैं यह औसत दो प्रकार से लिया जा सकता है। इस आधार पर बहुलकों का औसत अणुभार, निम्न दो प्रकार का होता है–

(1) संख्या औसत अणुभार $\bar{M}_n$

इस विधि में बहुलक में उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभारों का योग करके, उसमें कुल बहुलक अणुओं की संख्या का भाग दिया जाता है तो **संख्या औसत अणुभार** ज्ञात हो जाता है।

जैसे– माना कि बहुलक में $M_1, M_2, M_3, \ldots\ldots$, आदि अणुभार वाले क्रमशः $N_1, N_2, N_3, \ldots\ldots$ आदि संख्या में विभिन्न बहुलक अणु उपस्थित हैं तो संख्या औसत अणुभार निम्न प्रकार से ज्ञात कर सकते हैं–

N_1 अणुओं का कुल अणुभार $= N_1M_1$

N_2 अणुओं का कुल अणुभार $= N_2M_2$

N_3 अणुओं का कुल अणुभार $= N_3M_3$

अतः बहुलक का कुल अणुभार $= N_1M_1 + N_2M_2 + N_3M_3 + \ldots$
$= \Sigma N_i M_i$

विभिन्न बहुलक अणुओं की कुल संख्या
$= N_1 + N_2 + N_3 + \ldots$
$= \Sigma N_i$

अतः संख्या औसत अणुभार

$$\overline{M}_n = \frac{\Sigma N_i M_i}{\Sigma N_i}$$

संख्या औसत अणुभार को सामान्यतः अणुसंख्य गुणधर्म जैसे– परासरण दाब मापन विधि द्वारा ज्ञात किया जाता है।

(2) भार औसत अणुभार $\overline{M_w}$

इस विधि में बहुलक में उपस्थित प्रत्येक बहुलक अणु के कुल अणुभार को, उसके अणुभार से गुणा किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त सभी बहुलक अणुओं के गुणनफलों का योग किया जाता है तथा इस योगफल में सभी बहुलक अणुओं के कुल अणुभार का भाग दिया जाता है तो भार औसत अणुभार ज्ञात हो जाता है। जैसे– बहुलक में उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं का कुल अणुभार निम्न है–

N_1 अणुओं का कुल अणुभार $= N_1M_1$

N_2 अणुओं का कुल अणुभार $= N_2M_2$

N_3 अणुओं का कुल अणुभार $= N_3M_3$

इन कुल अणुभार को दुबारा अणुभार के गुणा करने पर प्राप्त गुणनफलों का मान क्रमशः $(N_1M_1 \times M_1)$, $(N_2M_2 \times M_2)$, $(N_3M_3 \times M_3)\ldots\ldots$ आदि होगा।

इस प्रकार प्राप्त गुणनफलों का योग

$$= N_1M_1^2 + N_2M_2^2 + N_3M_3^2 + \ldots$$
$$= \Sigma N_i M_i^2$$

बहुलक का कुल अणुभार

$$= N_1M_1 + N_2M_2 + N_3M_3 + \ldots$$
$$= \Sigma N_i M_i$$

अतः **भार औसत अणुभार**

$$\overline{M}_w = \frac{\Sigma N_i M_i^2}{\Sigma N_i M_i}$$

भार औसत अणुभार को सामान्य अवसादन, प्रकाश प्रकीर्णन, अपकेन्द्रण आदि विधियों द्वारा ज्ञात किया जाता है।

संख्या औसत अणुभार और भार औसत अणुभार में संबंध–

- बहुलकीरण से प्राप्त बहुलक में उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभार के आधार पर, बहुलक निम्न दो प्रकार के होते हैं–

(1) समकण परिक्षेपी बहुलक– इसमें उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभार लगभग समान होते है।

(2) बहुकण परिक्षेपी बहुलक– इनमें उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभारों में अन्तर अधिक होता है।

- किसी बहुलक में उपस्थित विभिन्न बहुलक अणुओं के अणुभार लगभग समान है या इनमें अन्तर अधिक है, इसका पता बहुपरिक्षेपण घातांक से लगाया जाता है।
- किसी बहुलक के भार औसत अणुभार और संख्या औसत अणुभार का अनुपात, उस बहुलक का बहुपरिक्षेपण घातांक (poly disperisty index) कहलाता है।

15.5.1 बहुपरिक्षेपण घातांक (PDI) = $\frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n}$

- प्राकृतिक बहुलक के बहुपरिक्षेपण घातांक का मान इकाई होता है। अतः PDI का मान 1 (एक) के बराबर होता है। अतएव इनका $\overline{M_w}$ का मान $\bar{M}_n$ के बराबर होता है।
- अर्थात् $\bar{M}_w = \bar{M}_n$ ये बहुलक **एकल परिक्षेपी** (Monodisperse) होते हैं।
- संश्लेषित बहुलक के बहुपरिक्षेपण घातांक का मान इकाई से अधिक होता है। अतः इनके $\bar{M}_w$ का मान $\bar{M}_n$ से हमेशा अधिक होता है अर्थात् $\bar{M}_w > \bar{M}_n$ ये बहुलक **बहुपरिक्षेपी** (Polydisperse) होते हैं।

उदा.1. किसी बहुलक नमूने में 30 अणुओं का अणुभार 20,000, 40 अणुओं का अणुभार 30,000 तथा 30 अणुओं का अणुभार 60,000 हो तो बहुलक का संख्या औसत तथा भार औसत अणुभार ज्ञात करो?

हल: **(1) संख्या औसत अणुभार का परिकलन**

$\because$ अतः $$\overline{M}_n = \frac{\Sigma N_i M_i}{\Sigma N_i}$$

$$\overline{M}_n = \frac{30 \times 20000 + 40 \times 30000 + 30 \times 60000}{30 + 40 + 30}$$

$$= \frac{600000+1200000+1800000}{10}$$

$$\because \quad = \frac{3600000}{100} = 36,000$$

(2) भार औसत अणुभार का परिकलन-

$$\overline{M}_w = \frac{\Sigma N_i M_i^2}{\Sigma N_i M_i}$$

$$= \frac{30\times(20000)^2+40\times(30000)^2+30\times(60000)^2}{30\times20000+40\times30000+30\times60000}$$

$$= \frac{30\times400000000+40\times900000000+30\times3600000000}{600000+1200000+1800000}$$

$$= \frac{12\times10^9+36\times10^9+108\times10^9}{36\times10^5}$$

$$= \frac{156\times10^9}{36\times10^5} = \frac{13}{3}\times10^4$$

$$= \frac{130000}{3} = 43333$$

(1) संख्या औसत अणुभार = 36000

(2) भार औसत अणुभार = 43333

15.5.2 आंकिक (Numerical)

प्र. किसी बहुलक नमूने में 20 अणुओं का अणुभार 20,000, 40 अणुओं का अणुभार 30,000 व 20 अणुओं का भार 40,000 हो तो बहुलक की $\overline{M}_n$ तथा $\overline{M}_w$ ज्ञात करो?

हल : संख्या औसत अणुभार $(\overline{M}_n)$ का परिकलन–

$$\overline{M}_n = \frac{\sum n_i m_i}{\sum n_i}$$

$$= \frac{(20\times20,000)+(40\times30,000)+(20\times40,000)}{(20+40+20)}$$

$$= \frac{400000 + 1200000 + 800000}{80}$$

$$= \frac{24,00,000}{80}$$

$(\overline{M}_n)$= 30000

(2) **भार औसत अणुभार $(\overline{M}_w)$ का परिकलन–**

$$\overline{M}_w = \frac{\sum n_i m_i^2}{\sum n_i m_i} = \frac{20\times(20,000)^2+40\times(30,000)^2+20\times(40,000)^2}{(20\times20,000)+(40\times30,000)+(20\times40,000)}$$

$$= \frac{(20\times400000000)+(40\times90,00,00,000)+(20\times1,60,00,00,000)}{4,00,000+12,00,000+8,00,000}$$

$$= \frac{76\times10^9}{24\times10^5} = \frac{76}{24}\times10^4 = \frac{7,60,000}{24} = 31667$$

उत्तर : बहुलक का $\overline{M}_n$ = 30, 000

तथा $\overline{M}_w$ = 31667 है।

15.6 रबर (Rubber)

यह प्राकृतिक तथा संश्लेषित दोनों प्रकार के होते है।

15.6.1 प्राकृतिक रबर (Natural Rubber)

- प्राकृतिक रबर एक बहुलक है तथा इसमें प्रत्यास्थ गुण पाये जाते है इसलिए इसे प्रत्यास्थ बहुलक भी कहते है।
- यह अत्यधिक नरम होता है।
- प्राकृतिक रबर का उत्पादन रबर के पेड़ उदाहरण–हेविया ब्रेसिलियेन्सिस (Heveabrasiliensis), गट्टा पार्चा (Gatta Percha) से प्राप्त दूध जैसा पदार्थ जिसे क्षीर (Latex) कहते है, से किया जाता है।
- क्षीर (Latex) रबर का जल में कोलाइडी परिक्षेपण है।

(1) **प्राकृतिक रबर प्राप्त करने की विधि** : प्राकृतिक रबर को प्राप्त करने के लिए सर्वप्रथम रबर के पेड़ों के तनों में विशेष प्रकार का चीरा लगाकर, क्षीर इकट्ठा किया जाता है।

- फिर इस क्षीर को जल से इतना तनु करते है कि इसमें रबर की मात्रा 10–20 प्रतिशत रह जाए। फिर इसमें ऐसिटिक अम्ल (acetic acid) मिलाया जाता है, जिससे रबर के कोलाइडी कण स्कंदित (coagulate) होकर अवक्षेपित हो जाते है।
- इन्हें छान कर अलग कर लेते है, इस रबर को क्रेप रबर (Crepe rubber) कहते है। लेकिन यह अधिक उपयोगी नहीं होता है। इसके निम्न कारण है:–

(i) इसकी प्रत्यास्थता कम होती है।

(ii) यह उच्च ताप (>335k) पर नरम तथा निम्न ताप (<283k) पर भंगूर हो जाता है।

(iii) यह उच्च जल अवशोषण क्षमता प्रदर्शित करता है।

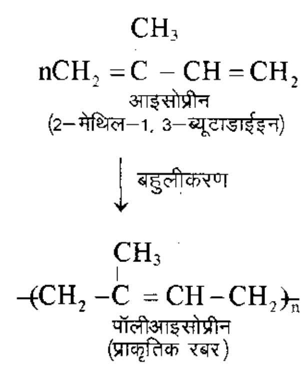
(iv) यह अध्रुवीय विलायकों (उदाहरण ईथर, बेंजीन, पेट्रोल) आदि में घुलनशील होता है।

(v) यह ऑक्सीकरण कर्मको के प्रति प्रतिरोधी नहीं है।

प्राकृतिक रबर के भौतिक गुणों को सुधारने के लिए इसका वल्कनीकरण (Vulcanization) किया जाता है।

उपयोग (Uses)– प्राकृतिक रबर प्रमुख रूप से जूते, बरसाती कोट, गोल्फ की गेंद आदि बनाने में प्रयोग में लिया जाता है।

(2) **संघटन एवं संरचना**– प्राकृतिक रबर, आइसोप्रीन (2–मेथिल–1, 3, 6 ब्यूटाडाइईन) का रैखिक बहुलक है। इसका संघटन $(C_5H_8)_n$ होता है।

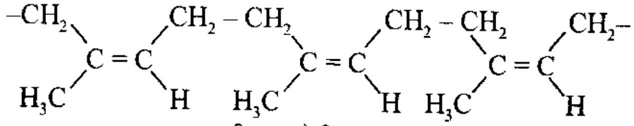


आइसोप्रीन ईकाईयों के 1,4 योग से दो समावयवी समपक्ष एवं विपक्ष प्राप्त होते है।

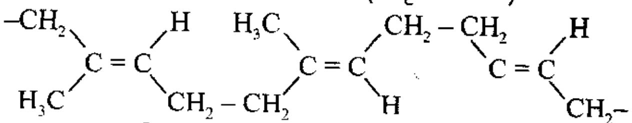
प्राकृतिक रबर समपक्ष समावयवी होते है, जिसमें बहुलक अणुओं की शृंखलाएँ आपस में दूर्बल वान्डरवाल बलों द्वारा जुड़ी रहती है तथा कुंडलित या स्प्रिंग जैसी संरचनाएँ बनाती है। इन संरचनाओं के कारण ही रबर प्रत्यास्थ गुण प्रदर्शित करते है क्योंकि इन्हें स्प्रिंग की तरह खींचा जा

सकता है।

रबर के पेड़ गट्टा पार्चा (Gutta Percha) से प्राप्त प्राकृतिक रबर में आइसोप्रीन इकाइयों का पूर्ण विपक्ष विन्यास होता है।



समपक्ष–पालीआइसोप्रीन (प्राकृतिक रबर)

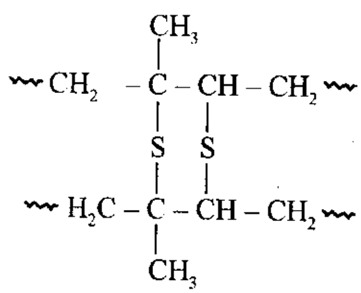


विपक्ष–पॉलीआइसोप्रीन (गट्टापार्चा)

(3) **रबर का वल्कनीकरण (Vulcanization of Rubber) :**

- प्राकृतिक रबर के भौतिक गुणों को सुधारने के लिए रबर का वल्कनीकरण किया जाता है।
- चार्ल्स गुडइयर (Charles Goodyear) ने यूएसए (USA) में सन् 1839 में रबर का वल्कनीकरण, गन्धक (Sulphur) के द्वारा किया गया।
- उसी समय लंदन में भी थॉमस हेन्कॉक (Tomas Hancock) ने रबर का वल्कनीकरण किया और 1843 में पेटेन्ट (Patent) करवाया।

वल्कनीकरण में प्राकृतिक रबर की द्विबन्ध युक्त श्रृंखलाएं परस्पर गन्धक के क्रॉस बन्धों द्वारा जुड़ जाती है, इससे रबर कठोर हो जाता है।



[illegible]

- संश्लेषित रबर मानव निर्मित होते है तथा प्राकृतिक रबर की तरह ही भौतिक गुण रखते है।
- इनमें भी कार्बन–कार्बन द्विबन्ध पाया जाता है। इसलिए संश्लेषित रबर का भी वल्कनीकरण किया जा सकता है।
- अधिकांश संश्लेषित रबर 1, 3–ब्यूटाडाइइन के व्युत्पन्न से बनाए जाते है। कुछ उदाहरण निम्नलिखित है–

(i) **स्टाइरिन ब्यूटाडाइईन रबर–ब्यूना–S (SBR or Buna-S)**– यह स्टाइरिन तथा 1, 3 ब्यूटाडाईइन एकलकों के सहबहुलीकरण से बनाया जाता है।

$$nCH_2=CH-CH=CH_2 + nCH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}$$

$$\downarrow$$

$$-\!\!\left(CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}\right)\!\!-_n$$

SBR or Buna-S

उपयोग : स्टाइरिन ब्यूटाडाइईन रबर का उपयोग अधिकांशतया टायर उद्योगों में वाहनों के टायर बनाने में होता है। इसके अलावा इसका उपयोग जूते आदि बनाने में भी होता है।

(ii) **पॉलीआइसोब्यूटाइलीन (Polyisobutylene or PIB)**– यह आइसोब्यूटाइलीन एकलक के बहुलीकरण से बनाया जाता है।

$$\underset{\text{आइसोब्यूटाइलीन}}{H_2C=\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}} \longrightarrow \underset{\text{PIB}}{-\!\!\left(H_2C-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-\right)\!\!-_n}$$

उपयोग : यह एकमात्र ऐसा बहुलक है, जो लंबे समय तक हवा को पकड़े रह सकता है यानि हवा के लिए अभेद्य (Gas impermiable) है, इसलिए इनका उपयोग टायर और बास्केटबॉल की आंतरिक संरचना (inner liners) निर्माण में होता है। इसके अलावा इस बहुलक का उपयोग चिपकाने वाले पदार्थ (Adhesive) बनाने में भी होता है।

विशेष : सामान्य रबर (पॉलीआइसोप्रीन) से बनाए गुब्बारों में कुछ समय बाद हवा निकल जाती है क्योंकि वह हवा के लिए अभेद्य है।

(iii) **पॉलीब्यूटाडाइईन (Polybutadiene) :** यह ब्यूटाडाइईन एकलकों के योगात्मक बहुलीकरण द्वारा बनाया जाता है।

$$\underset{\text{ब्यूटाडाइईन}}{nCH_2=CH-CH=CH_2} \rightarrow \underset{\text{पॉलीब्यूटाडाइईन}}{-\!\left(CH_2-CH=CH-CH_2\right)\!-_n}$$

उपयोग– यह पहले प्रकार का संश्लेषित रबर है और काफी कुछ प्राकृतिक रबर के समान होता है। जहाँ कहीं भी रबर का उपयोग कम तापमान में करना होता है वहाँ पॉलीब्यूटाडाइईन का उपयोग होता है। इसके अलावा इनका उपयोग गैसकोट तथा वाहनों के कुछ हिस्सों के निर्माण में भी होता है।

(iv) **पॉलीक्लोरोप्रीन या निओप्रीन (Polychloroprene or Neoprene) :** इस संश्लेषित रबर का निर्माण क्लोरोप्रीन एकलक इकाइयों के योगात्मक बहुलीकरण द्वारा होता है।

$$nCH_2=CH-\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{C}}=CH_2 \rightarrow -\!\left(CH_2-CH=\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{C}}-CH_2\right)\!-_n$$

उपयोग : यह ठोस रबर होता है तथा तेलों के प्रति इसमें उत्कृष्ट प्रतिरोधक क्षमता (Resistant to oil) होती है। इसका उपयोग गैसकेट, वाहनों के पट्टे, हौजों आदि में होता है।

(v) **नाइट्राइल रबर (NBR) या ब्यूना–N** (Nitrile Rubber or Buna-N)– यह संश्लेषित रबर 1, 3 ब्यूटाडाइइन तथा एक्रिलोनाइट्राइल (प्रोपीनोनाइट्राइल) एकलकों के सहबहुलीकरण द्वारा प्राप्त होता है।

$$\underset{\text{1, 3 ब्यूटाडाईइन}}{nCH_2=CH-CH=CH_2} + \underset{\text{एक्रिलोनाइट्राइल (प्रोपीनोनाइट्राइल)}}{CH_2=\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}}$$

$$\downarrow$$

$$-\!\left(CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}\right)\!-_n$$

Buna-N (NBR)

उपयोग : यह रबर ओजोन, अपक्षय (Weathering) तथा तेलों के प्रति उच्च प्रतिरोधक क्षमता प्रदर्शित करता है। इसका घर्षण भी कम होता है। यह लौ प्रतिरोधक (Flame resistance) भी होता है। अतः इसका उपयोग ईंधन संग्रहित करने वाले टेंको, ऑयल सील, गैसकेट तथा कभी–कभी केवल आदि में भी होता है।

(vi) एक्रिलोनाइट्राइल–ब्यूटाडाईइन–स्टाईरीन रबर (ABS Rubber)– यह एक्रिलोनाइट्राइल के (30%) 1, 3 ब्यूटाडाईइन के (20%) तथा स्टाइरीन के (50%) सहबहुलीकरण से प्राप्त होता है।

15.7 औद्योगिक महत्त्व के कुछ प्रमुख बहुलक (Some Commerically Important Polymers)

(1) पॉलीथीन PE (Polyethylene)

एकलक–एथीन ($CH_2 = CH_2$)

बहुलीकरण की विधि : इस बहुलक का निर्माण सर्वप्रथम इंग्लैण्ड में 1933 में किया गया। यह एथीन का समबहुलक है। पॉलीथीन (PE) एथीन एकलकों के योगात्मक बहुलीकरण क्रियाविधि द्वारा बनाए जाते है। यह मुख्यतः दो प्रकार के होते है (अ) कम घनत्व पॉलीथीन (LDPE) तथा अधिक धनत्व पॉलीथीन (HDPE)।

$$CH_2 = CH_2 \xrightarrow[\text{परआक्साइड}]{R-O-O-R} \underset{\text{पॉलीथीन (LDPE)}}{\left(CH_2 - CH_2\right)_n}$$

- LDPE मुक्त मूलक योगात्मक अभिक्रिया द्वारा बनाई जाती है तथा HDPE जिगलर–नाटा उत्प्रेरक के उपयोग द्वारा बनाई जाती है।

उपयोग : (1) कम घनत्व पॉलीथील का उपयोग पैकिंग में सबसे अधिक होता है। LDPE रसायनों के प्रति अक्रिय है अतः इसका उपयोग आकर्षित कंटेनरों तथा बोतल बनाने में होता है। इनसे बने पाइपों का उपयोग कृषि में होता है।

(2) अधिक धनत्व पॉलीथीन का उपयोग खिलौनों तथा अन्य घरेलू सामान बनाने में होता है।

गुणधर्म : (1) LDPE का गलनांक 110°-125°C होता है। कमरे के तापमान पर यह किसी भी विलायक में विलेय नहीं है। परन्तु अधिक तापमान पर कार्बन ट्रेटाक्लोराइड (CCl_4), टालूईन (Toluene), जाइलीन (Xylene) आदि में यह विलेय हो जाता है।

(2) HDPE का गलनांक 144°-150°C होता है। LDPE की तुलना में यह ज्यादा क्रिस्टलीय होता है। HDPE की तनन क्षमता, कठोरता तथा विलायकों के प्रति प्रतिरोधक क्षमता LDPE से अधिक होती है।

(2) पॉलीवाइनिल क्लोराइड PVC-(Polyvinyl Chloride)–

एकलक– वाइनिलक्लोराइड

$$(CH_2 = \underset{\displaystyle |\atop Cl}{CH})$$

बहुलीकरण की विधि :

- पॉलीवाइनिल क्लोराइड या पी.वी.सी., वाइनिल क्लोराइड एकलकों के योगात्मक बहुलीकरण क्रियाविधि द्वारा बनाए जाते है।
- यह वाइनिल क्लोराइड का समबहुलक है।
- यह बहुलीकरण पराक्साइड की उपस्थिति में होता है।

$$\underset{\text{वाइनिल क्लोराइड}}{n\,CH_2 = \underset{\displaystyle |\atop Cl}{CH}} \xrightarrow[\text{परआक्साइड}]{R-O-O-R} \underset{\text{पीवीसी (PVC)}}{\left(CH_2 - \underset{\displaystyle |\atop Cl}{CH}\right)_n}$$

गुणधर्म :

(1) PVC एक चमकीला, कठोर तथा दृढ़ बहुलक है।

(2) यह विनाइल क्लोराइड, एल्कोहलों, पानी तथा कार्बनिक विलायकों में अविलेय होता है। 20°C तापमान तक, इस पर अम्ल तथा क्षारों का भी प्रभाव नहीं होता है।

(3) लेकिन यह कीटोन तथा कार्बनडाइ सल्फाइड को मिलाकर बने विलायक में विलेय होता है

उपयोग :

(1) पी.वी.सी. एक सस्ता तथा सबसे अधिक उपयोग में आने वाला प्लास्टिक (बहुलक) है। मुख्य रूप से इसका उपयोग पाइप, दरवाजे, केबल, छड़, चद्दरें आदि बनाने में होता है।

(2) पी.वी.सी. को उपयुक्त विलायक जैसे क्लोरोवेन्जीन में विलेय करने पर इसका क्लोरोनीकरण होता है इसे क्लोरोनीकृत PVC कहते है। क्लोरोनीकृत PVC (Chlorinated PVC) का उपयोग चिपकाने वाले पदार्थों, लेपन तथा रेशों में होता है।

(3) एस्टर में इसे प्लास्टिसाइजर (Plastisizer) के रूप में मिलाने पर एस्टर मुलायम हो जाता है तथा इसका उपयोग वाइनिल चमड़े (Vinyl leather) के रूप में किया जाता है। इसका उपयोग बरसाती कोट, फर्श की पॉलिश, हैण्डबैग, परदे के कपड़े आदि में किया जाता है।

(4) 200°C तापमान के बाद PVC का विघटन (degradation) होने लगता है तथा HCl निकलती है। इससे बचने के लिए उपयुक्त स्थायीकारक रसायन (Stabilizers) का उपयोग किया जाता है।

(3) पॉलीऐस्टर (Polyester)–

एकलक–

(i) द्विकार्बोक्सिलिक अम्ल तथा डाइऑल एकलक :

(ii) डाइएस्टर तथा डाइऑल

(iii) डाइहाइड्रोक्सि अम्ल (OH-R-COOH)

बहुलीकरण की विधि– पॉलीएस्टर संघनन बहुलीकरण अभिक्रिया द्वारा बनते है।

(i) द्विकार्बोक्सिलिक एसिड तथा डाइओल का संघनन बहुलीकरण :

$$HO-\overset{O}{\overset{||}{C}}-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH + HO-(CH_2)_n-OH$$

$$\Big\downarrow \text{संघनन बहुलीकरण}$$

$$\left[O-\overset{O}{\overset{||}{C}}-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-(CH_2)_n\right]_n + H_2O$$

(ii) डाइएस्टर तथा डाइऑल की संघनन बहुलीकरण क्रियाविधि :

$$RO-\overset{O}{\overset{||}{C}}-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OR + HO-(CH_2)_n-OH$$

$$\downarrow$$

$$\left[O-\overset{O}{\overset{||}{C}}-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O-(CH_2)_n\right]_n + ROH$$

(iii) डाइहाइड्रोक्सि अम्लों का स्वसंघनन (Self-condensation)

$$HO-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-OH \rightarrow \left[O-(CH_2)_n-\overset{O}{\overset{||}{C}}-O\right]_n$$

उपयोग : पॉलीएस्टर का सर्वज्ञात उदाहरण टेरिलिन (डेक्रान) है। इनका मुख्यतया उपयोग कृत्रिम रेशे बनाने में किया जाता है तथा सुरक्षा शिरस्त्राणों या हेलमेट (helmets) में भी इसका उपयोग होता है यदि पॉलिएस्टर के एलिफेटिक एकलकों से बनते है तो उन्हें **एलिफेटिक पॉलीएस्टर** कहा जाता है जिनका गलनांक काफी कम (50-80°C) होता है पर ऐरोमेटिक समूह होने पर इनका गलनांक बढ़ जाता है। उदाहरण– टेरिलिन।

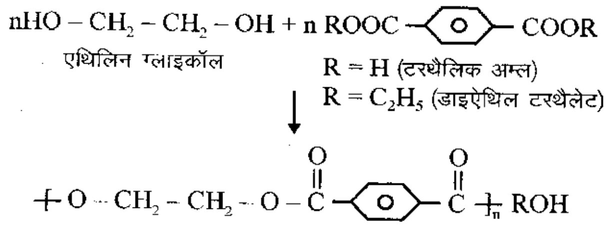
ऐरोमेटिक, पॉलीएस्टर की तुलना में एलिफेटिक पॉलीएस्टर का व्यावसायिक उपयोग काफी कम है।

4. टेरिलिन (Terelene) अथवा पॉलीएथिलीन टरथैलेट-PET (Polyethylene terphthalate)

यह एक संतृप्त पॉलिएस्टर है। इसे डेक्रॉन (decron) भी कहते है।

एकलक : टरथैलिक अम्ल अथवा इसके एस्टर (terephthalic acid) तथा एथिलीन ग्लाइकॉल (ethylene Glycol)

बहुलीकरण की विधि : टरथैलिक अम्ल अथवा इसके एस्टर तथा एथिलीन ग्लाइकोल के संघनन बहुलीकरण से पॉलीएथिलीन टरथैलेट का बहुलक बनता है, जिसका व्यापारिक नाम **टेरिलिन** अथवा **डेक्रान** है।

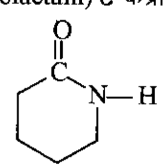


उपयोग : इन बहुलकों का मुख्य उपयोग वस्त्र उद्योग में होता क्योंकि ये अत्यधिक मजबूत रेशे होते है। इसके अलावा बेल्ट, रस्सी, नावों की पाल आदि बनाने में भी इसका उपयोग होता है।

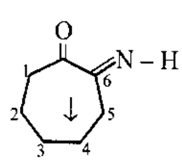
5. नायलॉन–6

यह एक पॉलीएमाइड है। इनकी बहुलक श्रृंखला में एमाइड समूह $\left[-NH-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\right]$ उपस्थित होते है।

एकलक : (ε-Caprolactam) ε-केप्रोलेक्टम



बहुलीकरण की विधि : ε-केप्रोलेक्टम एक वलय युक्त एकलक है। ऋणात्मक योगात्मक अभिक्रिया द्वारा केप्रोलेक्टम से नायलॉन–6 का संश्लेषण होता है। यहां एकलक में छः कार्बन परमाणु है, इसलिए इसे नॉयलॉन–6 कहते है।



$$\left[CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH\right]_n$$

उपयोग : नायलॉन 6 उच्च तनन सामर्थ्य वाले संश्लेषित रेशे है। यह सामान्यतः सफेद रंग के होते है तथा अम्ल और क्षार के प्रतिरोधक होते है। मुख्यतः इसका उपयोग वाहनों में गियर आदि में होता है। इसके अलावा इन केशों का उपयोग टूथब्रश, संगीत वाद्यों जैसे गिटार, सितार, वायोलिन आदि के तारो आदि बनाने में होता है। इसके अलावा धागे, रस्सियां, तन्तु (Filaments), जाल (Nets) आदि बनाने में भी ये उपयोगी है।

(6) नाइलॉन 66 :

यह भी एक पॉलीएमाइड है।

एकलक: हेक्सामेथिलीन डाइऐमीन तथा ऐडिपिक अम्ल

बहुलीकरण की विधि : नाइलॉन 66 का निर्माण हेक्सामेथिलीन डाइऐमिन तथा ऐडिपिक अम्ल के संघनन बहुलीकरण द्वारा होता है।

$$\underset{\text{हेक्सामेथिलीन डाइऐमीन}}{n\,H_2N\!\left(CH_2\right)_6NH_2} + \underset{\text{ऐडिपिक अम्ल}}{n\,HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\!\left(CH_2\right)_4\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH}$$

$$\downarrow$$

$$\left[HN-(CH_2)_6-NH-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right]_n + nH_2O$$

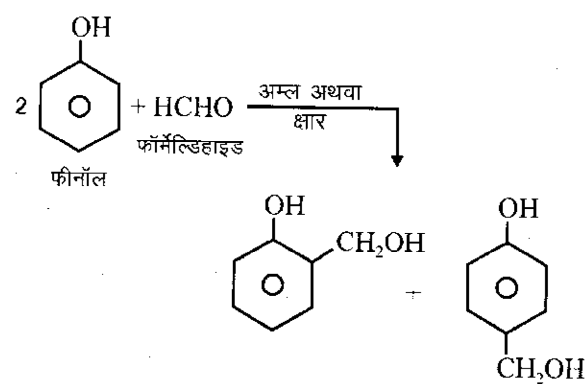
यहाँ डाइऐमीन तथ द्विकार्बोक्सिलिक अम्ल दोनों में छः छः कार्बन परमाणु होते है इसलिए इसे नाइलॉन 66 कहते है। पहला छः डाइऐमीन के कार्बन परमाणु तथा दूसरा द्विकार्बोक्सिलिक अम्ल के कार्बन परमाणुओं को इंगित करता है।

उपयोग : यह उच्च तनन सामर्थ्य तथा घर्षण प्रतिरोध (Abrosion resistance) वाला बहुलक है। यह प्लास्टिक तथा रेशे दोनों रूपों में उपयोग आता है। सबसे ज्यादा नाइलॉन 66 का उपयोग टायर के धागे (Tyre Cord) बनाने में होता है। इसके अलावा इसका उपयोग वस्त्रो, पैराशूट, रोप, वस्त्रों आदि में भी होता है।

(7) बेकेलाइट (Bakalite)–

यह फीनॉल तथा फार्मेल्डिहाइड के संघनन द्वारा प्राप्त तापदृढ़ (Thermosetting) रेजिन है।

एकलक : फीनॉल तथा फार्मेल्डिहाइड की क्रिया अम्ल अथवा क्षार की उपस्थिति में करवाने पर मध्यवर्ती o- तथा p- हाइड्राक्सी बेन्जिन ऐल्कोहल बनते है। यह ही एकलक के रूप में आगे क्रिया कर बहुलक/बेकेलाइट बनाते है।



o- तथा p- हाइड्रॉक्सी बेन्जिल एल्कोहॉल

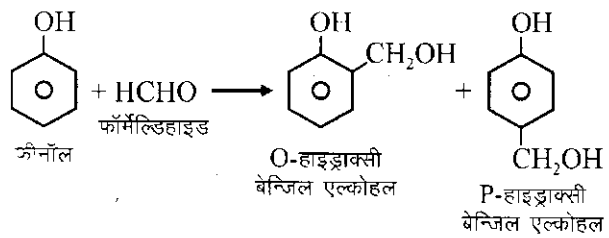
बहुलीकरण की विधि– फिनॉल तथा फॉमेल्डिहाइड की संघनन अभिक्रिया दो प्रकार से संभव है।

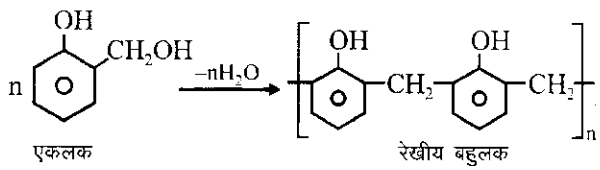
(i) तनु अम्ल की उपस्थिति में क्रिया करने पर रेखीय बहुलक प्राप्त होता है। यह तापसुघट्य (Thermoplastic) पदार्थ होता है। इसे

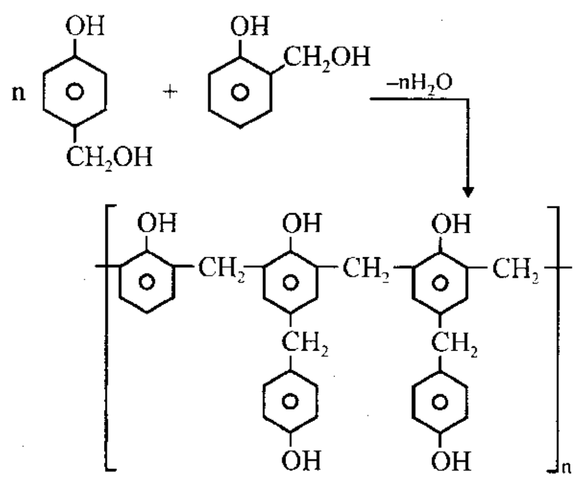
नोवोलक (Novolac) कहते है। नोवोलक बनाते समय फॉमेल्डिहाइड और फिनॉल अनुपात एक से कम होता है।

नोवोलक (Novolac) में कई मुक्त $-CH_2OH$ समूह होते है। फार्मेल्डिहाइड का अनुपात अधिक लेकर, जब उचित ताप व दाब पर इन्हें गर्म करते है तो श्रृंखलाओं के मध्य क्रॉस बंध बनते है ओर त्रिविमीय जालक संरचना बनती है जिन्हें **"बेकेलाइट"** कहते है। यानि फिनॉल तथा फार्मेल्डिहाइड को उच्च ताप तथा दाब पर क्रिया करवाने पर प्राप्त तापदृढ़ पदार्थ "बेकेलाइट" है।

(ii) फार्मेल्डिहाइड तथा फिनॉल का अनुपात एक से अधिक लेकर क्षार की उपस्थिति में संघनन क्रिया करवाने पर तापदृढ़ पदार्थ प्राप्त होता है। जिसे रिसॉल (Resol) कहते है।







क्रॉस बन्ध बहुलक (बेकेलाइट)

उपयोग : बेकेलाइट फिनॉल तथा फार्मेल्डिहाइड से बना एक तापदृढ़ रेजिन है। यह ताप तथा ऊष्मा रोधी होता है। इसका उपयोग मुख्यतः स्विच, बर्तनों के हेडल, बिजली के रोधी उपकरण, रेडियो, टेलीविजन तथा कम्प्यूटर के केस (Casings) आदि बनाने में होता है। इसके अलावा रसोई के बर्तन, खिलौने आदि में भी बेकेलाइट का उपयोग होता है।

8. टेफ्लॉन (Teflon) :

पॉलीटेट्राफ्लोरो एथिलीनी (PTFE) (Poly tetrafluro ethylene) :

एकलक : टेट्राफ्लोरोएथिलीन ($CF_2 = CF_2$)

बहुलीकरण की विधि : टेफ्लॉन टेट्राफ्लोरोएथिलीन का समबहुलक (homopolymer) है।

$$n\,CF_2 = CF_2 \longrightarrow -\!\!(CF_2 - CF_2)\!\!-_n$$

उपयोग : यह एक रेखीय तथा अत्यधिक क्रिस्टलीय बहुलक है। यह प्रबल अम्ल (उदाहरण–नाइट्रिक अम्ल) में भी विलेय नहीं होता है तथा अत्यधिक तापमान पर भी स्थायी (Thermal Stable) है। इसके अलावा जंगरोधी क्षारों (Corrosive alkali) तथा कार्बनिक विलायकों से भी क्रिया नहीं करता। इसलिए इसका उपयोग विद्युत रोधी, खाना बनाने के उपकरण (Non Stick Cookware) तथा स्नेहक के रूप में होता है।

15.8 जैव निम्नीकृत एवं अजैव निम्नीकृत बहुलक (Biodegradable and non-biodegradebic Polymers)

परिभाषाएं–

(i) **जैव बहुलक (Bio polymer)-** ये प्राकृतिक बहुलक होते है जो जीव–जन्तुओं तथा वनस्पतियों में पाये जाते है। ये बहुलक वृद्धि तथा विकास के लिए आवश्यक होते है। उदाहरण– प्रोटीन, पॉलीसेकेराइड, न्यूक्लिक अम्ल, लिपिड आदि।

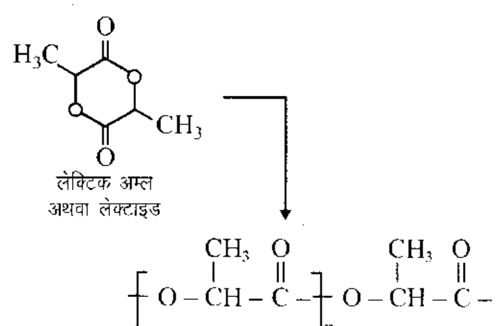
(ii) **जैवनिम्नीकृत बहुलक (Biodegradeable polymers)-** ये प्राकृतिक अथवा संश्लेषित दोनों प्रकार के हो सकते है। इनका जीवाणुओं आदि के द्वारा छोटे अणुओं में विघटन हो जाता है। उदाहरण– पॉली हाइड्राक्सीब्यूटाइरेट–को–β हाइड्राक्सीवैलेरेट (PHBV), नायलॉन 2–नाइलॉन आदि।

(iii) **अजैवनिम्नीकृत बहुलक (Non biodegradable Polymers)-** ये संश्लेषित बहुलक है तथा इन बहुलकों का जैवनिम्नीकरण नहीं होता है। उदाहरण– पॉलीथीन, बेकेलाइट, टेफलॉन, पी.वी.सी., टेरीलीन आदि।

अजैवनिम्नीकृत बहुलकों का दैनिक जीवन में बहुत उपयोग होता है पर चूंकि इनका जैव निम्नीकरण नहीं होता है, इस कारण बहुलक अपशिष्ट (Polymer waste) का प्रबन्धन एक विकट समस्या है। इसलिए ऐसे बहुलकों का संश्लेषण किया गया है जिनका जीवाणुओं आदि के द्वारा निम्नीकरण (Degradation) हो सकता है। कुछ महत्वपूर्ण जैव निम्नीकृत बहुलक निम्न है :–

(i) **पॉलीलेक्टिक अम्ल (PLA) Polylactic acid-** यह एक तापसुघट्य ऐलिफेटिक पॉलीएस्टर है। इसे लेक्टिक अम्ल (लेक्टाइड) के बहुलीकरण द्वारा बनाया जाता है।

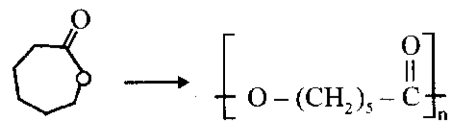
उपयोग : मुख्य रूप से इसका उपयोग चिकित्सा क्षेत्र में टॉका लगाने (Stitches), डायलिसिस आदि में होता है। इसके अलावा बायोप्लास्टिक बनाने में भी इसका उपयोग होता है।



पॉलीलेक्टिक अम्ल

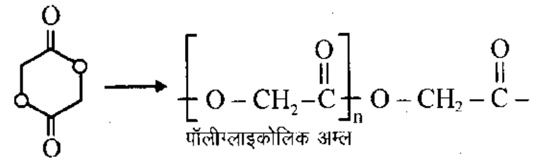
(ii) **पॉली केप्रोलेक्टोन (Polycaprolactone (PCL)-** यह कम गलनांक (low melting point) वाला पॉलीएस्टर है। जो केप्रोलेक्टोन के बहुलीकरण द्वारा बनाया जाता है।

उपयोग: PCL का मुख्य उपयोग नियंत्रित ड्रग रिलिज (Controlled drug release) में केप्सूल बनाने में होता है। इन केप्सूल द्वारा दवाईयाँ जब मानव शरीर में जाती है तो PCL की एस्टर श्रृंखला का विघटन होता रहता है तथा धीरे–धीरे दवाई का निष्कासन होता है।



केप्रोलेक्टोन पॉलीकेप्रोलेक्टोन

(iii) पॉलीग्लाइकोलिक अम्ल (Polyglycolic acid (PGA)- यह एक रेखीय ऐलिफेटिक पॉलीएस्टर है जो ग्लाइकोलिक अम्ल (ग्लाइकोलाइड) के बहुलीकरण द्वारा बनता है।



पॉलीग्लाइकोलिक अम्ल

ग्लाइकोलिक अम्ल या ग्लाइकोलाइड

उपयोग : PGA मजबूत रेशे होते है तथा पानी में घुल जाते है मुख्यतः इनका उपयोग टांका लगाने में होता है। ये टांके अपने आप गल जाते है।

(iv) पॉली हाइड्राक्सी ब्यूटाइरेट को–β हाइड्राक्सीवैलेटेट Poly Hydroxy butyrate-co-β-hydroxy valerate)- PHBV– यह जैव निम्नीकृत पॉलीएस्टर है। इस बहुलक का निर्माण 3–हाइड्राक्सी ब्यूटेनोइक अम्ल तथा 3–हाइड्राक्सी पेन्टेनोइक अम्ल का सहबहुलक है।

$$CH_3-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-CH_2-COOH+$$

$$CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-CH_2-COOH$$

या

$$HO-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-COOH-HO-\underset{CH_2CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-COOH$$

3–हाइड्राक्सी ब्यूटेनोइक अम्ल 3–हाइड्राक्सी पेन्टेनोइक अम्ल

$$\downarrow$$

$$\left[-O-\underset{R}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{O}{\underset{||}{C}}-O-\right]_n$$

$R-CH_3, -CH_2CH_3$

(v) नाइलॉन 2–नाइलॉन 6 (Nylon-2-Nylon-6)- यह ग्लाइसीन तथा ऐमीनो केप्रोइक अम्ल का एकान्तरित सहबहुलक (Alternating Copolymer) है। यह एक पॉलीऐमाइड है तथा जैवनिम्नीकृत है।

15.9 पाठ्यपुस्तक के प्रश्न-उत्तर

बहुचयनात्मक प्रश्न

1. बहुलकों के बारे में क्या सत्य नहीं है–
   (अ) बहुलक कम अणुभार वाले होते है।
   (ब) बहुलक कोई आवेश नहीं रखते है।
   (स) बहुलक की श्यानता उच्च होती है।
   (द) बहुलक प्रकाश फैलाते है। (अ)
2. बहुलीकरण की विधि के आधार पर, बहुलकों को वर्गीकृत किया गया है–
   (अ) केवल योगज बहुलकों के रूप में
   (ब) केवल संघनन बहुलकों के रूप में
   (स) योगज व संघनन दोनों बहुलकों के रूप में
   (द) सहबहुलकों के रूप में। (स)
3. टेफ्लॉन, पॉली स्टाइरीन व नियोप्रीन सभी बहुलक है–
   (अ) सहबहुलक (ब) समबहुलक
   (स) एकलक (द) संघनन बहुलक (ब)
4. निम्न में से संघनन बहुलक है–
   (अ) डेक्रान (ब) टेफ्लान
   (स) PVC (द) पॉलीथीन (अ)
5. निम्न में कौन बहुलक नहीं बनाता।
   (अ) एथीन (ब) टेफ्लान
   (स) C_2H_5OH (द) ब्यूटाडाइईन (स)
6. निम्न में से किसमें एस्टर बंध मिलता है–
   (अ) नाइलॉन (ब) बैकेलाइट
   (स) टेरिलिन (द) रबर (स)
7. टेरिलिन संघनन बहुलक है– एथिलीन ग्लाइकॉल व–
   (अ) टेरेफ्थैलिक अम्ल (ब) थैलिक अम्ल
   (स) बेन्जोइक अम्ल (द) ऐसिटिक अम्ल (अ)
8. नाइलॉन–6 का एकलक है–
   (अ) एडीपिक अम्ल (ब) केप्रोलैक्टम
   (स) 1, 3 ब्यूटाडाईइन (द) क्लोरोप्रीन (ब)
9. टेफ्लॉन बहुलक है–
   (अ) टेट्राफ्लोरोएथीलिन (ब) टेट्राआयोडोएथीलिन
   (स) टेट्राक्लोरोएथीलिन (द) टेट्राब्रोमोएथीलिन (अ)
10. निम्न में से कौनसा बहुलक जैव निम्नीकृत बहुलक है–
   (अ) PVC (ब) सेलुलोस
   (स) पॉलीथीन (द) नाइलॉन–6 (ब)

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

प्र.11. बहुलक को परिभाषित कीजिए।

उत्तर- जब दो या दो से अधिक समान या असमान यौगिक उच्च ताप व दाब पर क्रिया कर एक बड़ा अणु बनाते हैं। जिसे बहुलक कहते हैं।

$$nCH_2=CH_2 \rightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$$

प्र.12. प्राकृतिक तथा कृत्रिम बहुलक का एक–एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर- प्राकृतिक- रबर, प्रोटीन
कृत्रिम बहुलक- P.V.C. टैफलॉन।

प्र.13. समबहुलक तथा सहबहुलक में एक अंतर बताइए।

उत्तर- समबहुलक में एक ही प्रकार के एकलक अणु भाग लेते हैं जबकि सहबहुलक में एक से अधिक प्रकार के एकलक भाग लेते हैं।

प्र.14. धनायनी बहुलीकरण द्वारा किन एकलकों का बहुलीकरण होता है।

उत्तर- जब Alkene से इलेक्ट्रॉन मुक्त करने वाले समूह CH_3, C_2H_5 जुड़े हो, इनमें धनात्मक बहुलीकरण पाया जाता है। जैसे- Propene.

प्र.15. संख्या औसत अणुभार (Mn) का सूत्र लिखिए।

उत्तर- $$\bar{M}n=\frac{\Sigma nimi}{\Sigma ni}$$

प्र.16. रबर के वल्कनीकरण में प्रयुक्त पदार्थ का नाम बताइए।

उत्तर- सल्फर का प्रयोग करते हैं।

प्र.17. निओप्रीन के एकलक का नाम लिखिए।

उत्तर- Chloroprene

$$CH_2 = \underset{\underset{Cl}{|}}{C} - CH = CH_2$$

प्र.18. नाइलॉन 66 का रासायनिक सूत्र लिखिये।

उत्तर- $$\left[-O-\overset{\overset{O}{||}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{||}}{C}-NH-(CH_2)_6NH- \right]_n$$

प्र.19. संश्लेषित जैव बहुलकों के दो उदाहरण दीजिए।

उत्तर- प्रोटीन, न्यूक्लिक अम्ल।

लघुत्तरात्मक प्रश्न

प्र.20. स्त्रोतों के आधार पर बहुलकों को कितने भागों में विभक्त किया गया है? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर- स्त्रोतों के आधार पर बहुलकों को तीन भागों में विभक्त करते हैं।

(i) प्राकृतिक बहुलक-न्यूक्लिक अम्ल।

(ii) संश्लेषित बहुलक-टेफलॉन।

(iii) अर्ध-संश्लेषित बहुलक-सेलुलोस नाइट्रेट।

प्र.21. तापसुघट्य तथा तापदृढ़ बहुलकों में अंतर बताइए।

उत्तर- बिन्दु 15.2.4 का अन्तिम भाग देखें।

प्र.22. हाइड्रोक्विनोन मुक्त मूलक बहुलीकरण अभिक्रिया में कहाँ काम आता है, बताइए।

उत्तर- हाइड्रोक्विनान की थोड़ी मात्रा मुक्त बहुलवकन को घटाता है।

प्र.23. बहुपरिक्षेपण घातांक किसे कहते है? बताइए।

उत्तर- किसी बहुलक के भार औसत अणुभार $\bar{M}\omega$ तथा संख्या औसत अणुभार $[\bar{M}n]$ का अनुपात बहु परिक्षेपण घातांक कहते है।

प्र.24. रबर का वल्कनीकरण क्यों किया जाता है? समझाइए।

उत्तर- प्राकृतिक रबर के भौतिक गुणों को सुधारने के लिये रबर का वल्कनीकरण किया जाता है।

प्र.25. डेक्रान के एकलकों के नाम बताइए तथा बनने की विधि लिखिए।

उत्तर- Ethylene glycol + terephthalic acid

$HOCH_2-CH_2-OH + HOOC-C_6H_4-COOH$

प्र.26. **LDPE** तथा **HDPE** क्या सूचित करते है? ये कैसे बनते है?

उत्तर- **LDPE**- कम घनत्व पॉली ऐथीन एवं HDPE उच्च घनत्व पॉलीऐथीन से है।

$$nCH_2 = CH_2 \xrightarrow[\text{परॉक्साइड}]{R-O-O-R'} [-CH_2-CH_2-]_n$$

कम घनत्व पॉलीथिन

$$nCH_2 = CH_2 \xrightarrow[\text{परॉक्साइड}]{\text{जिगलर नाटा}} [-CH_2-CH_2-]_n$$

[HDPE]

प्र.27. निम्न के एकलकों के नाम तथा संरचना लिखिए।

(I) टेफ्लॉन **(II)** टेरिलिन **(III)** नाइलॉन 66 **(IV)** बैकेलाइट

उत्तर- (i) टेफलॉन- $CF_2 = CF_2$ tetraflouro etheone (एकलक)

$[-CF_2-CF_2-]_n$. Teflon

(ii) टेरिलीन

$HO-CH_2-CH_2-OH$ Ethylene glucol (एकलक)

$HOOC-C_6H_4-COOH$ terephthalic acid (एकलक)

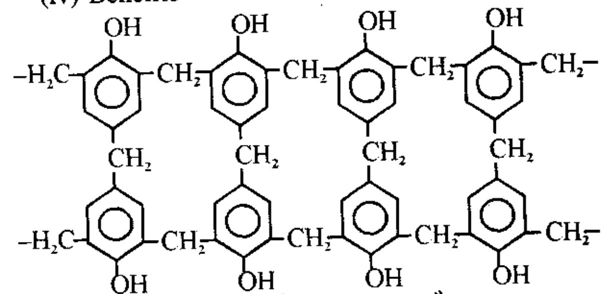
(iii) Nylon 66

Hexamethylenediamine $NH_2-(CH_2)_6NH_2$

& Addipic acid $HOOC-(CH_2)_4-COOH$

$$\left[-NH-(CH_2)_6-NH-\overset{\overset{O}{||}}{C}-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{||}}{C}- \right]_n$$

(iv) Bekelite



प्र.28. **PHBV** क्या है, यह कौनसा बहुलक है।

उत्तर- PHBV का पूरा नाम Poly hydroxybutyrate co-β hydroxy valerate.

यह एक जैव निम्नीकृत बहुलक है।

प्र.29. प्रोटीन के **PDI** का मान एक क्यों होता है?

उत्तर- प्रोटीन के Mw व Mn का मान समान होने के कारण इनके PDI (बहुपरिक्षेपण घातांक) का मान 1 है।

निबन्धात्मक प्रश्न

प्र.30. बहुलकों का वर्गीकरण निम्न आधार पर कीजिए-

(I) एकलकों के आधार पर

(II) बहुलीकरण के आधार पर

(III) आणविक बलों के आधार पर

उत्तर- (i) **एकलकों के आधार पर**-बहुलक दो प्रकार के होते हैं।

(i) **सम बहुलक**- इनमें एकलक एक ही प्रकार के होते हैं।

(ii) **सह बहुलक**-इनमें एकलक एक से अधिक प्रकार के होते हैं। Nylon 66

(II) बहुलीकारक के आधार पर-

बिन्दु 15.2.3 (a) भाग देखें।

(III) आण्विक बलों के आधार पर-

बिन्दु 15.2.4

प्र.31. योगात्मक बहुलीकरण क्या है? एक उदाहरण द्वारा मुक्त मूलक योगात्मक बहुलीकरण क्रियाविधि समझाइए।

उत्तर- बिन्दु 15.3 (I) देखें।

प्र.32. प्राकृतिक रबर कैसे प्राप्त करते है? इसका संघटन तथा संरचना लिखिए।

उत्तर- बिन्दु 15.6.1 देखें।

प्र.33. बहुलकों का अणुभार औसत अणुभार क्यों होता है? समझाइए। बहुलकों के औसत अणुभार को कितने प्रकार से व्यक्त करते है? प्रत्येक प्रकार को समझाइए।

उत्तर- बिन्दु 15.5 देखें।

प्र.34. जैवबहुलक तथा जैवनिम्नीकृत बहुलक पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर- बिन्दु 15.8 देखें।

प्र.35. निम्न बहुलकों के बनने की विधि तथा उपयोग लिखिए–

(I) बैकेलाइट **(II)** पी.वी.सी. **(PVC)**

(III) पॉलीऐस्टर **(IV)** नायलॉग 66

उत्तर- **(I)** बैकेलाइट- बिन्दु 15.7 का (7) देखें।

(II) पी.वी.सी. **(PVC)**- बिन्दु 15.7 का (2) देखें।

(III) पॉलीऐस्टर- बिन्दु 15.7 का (3) देखें।

(IV) नायलॉग 66- बिन्दु 15.7 का (6) देखें।

15.10 प्रमुख प्रश्न उत्तर

प्र.1. इलास्टोमर का एक उदाहरण दीजिए।

उ. प्राकृतिक रबर, नियोप्रीन रबर

प्र.2. तन्तु का एक उदाहरण दीजिये।

उ. नाइलॉन 66. डेक्रॉन

प्र.3. थर्मोप्लास्टिक का एक उदाहरण दीजिये।

उ पॉलिथीन, PVC

प्र.4. थर्मोसेटिंग का एक उदाहरण दीजिये।

उ. बैकेलाइट, मैलेमिन

प्र.5. एक संश्लेषित बहुलक का नाम लिखिये जो एक ऐमाइड हो।

उ. नायलॉन 66. नायलॉन 6

प्र.6. एक संश्लेषित बहुलक का नाम लिखिये जो एक एस्टर है।

उ. टेरीलीन

प्र.7. एक बहुलक का उदाहरण दीजिये जिसका प्रयोग नॉनस्टिक बर्तन बनाने में होता है।

उ. टेफ्लॉन

प्र.8. प्राकृतिक रबर के एकलक का नाम तथा संरचना दीजिये।

उ. Isoprene $CH_2=\underset{|}{\overset{}{C}}-CH=CH_2$ आइसोप्रीन
CH_3 (on C)

प्र.9. टेरीलीन के एकलक का नाम तथा संरचना दीजिये।

उ. Ethylene glycol - CH_2OH-CH_2OH

टैरेफ्थैलिक अम्ल HOOC– –COOH

प्र.10. टेफ्लॉन के एकलक का नाम तथा संरचना दीजिये।

उ. टेट्राफ्लुओरोएथिलीन $CF_2=CF_2$

प्र.11. सेलुलोज के एकलक का नाम व संरचना दीजिये।

उ. β-ग्लुकोज $CH_2OH\,(CHOH)_4-CHO$

प्र.12. नियोप्रीन के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. क्लोरोप्रीन $CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2$

प्र.13. PVC के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. विनाइल क्लोराइड $CH_2=CH-Cl$

प्र.14. प्राकृतिक बहुलक के दो उदाहरण दीजिये।

उ. स्टॉर्च एवं सेलुलोस

प्र.15. संश्लेषित बहुलक के दो उदाहरण दीजिये।

उ. टेफ्लॉन, PVC

प्र.16. प्रोटीन के एकलक का नाम बताइये।

उ. α-ऐमीनो अम्ल

प्र.17. स्टार्च के एकलक का नाम दीजिये।

उ. ग्लूकोज

प्र.18. अर्ध–संश्लेषित बहुलक के दो उदाहरण दीजिये।

उ. सेलुलोज डाईऐसीटेट, सेलुलोज नाइट्रेट

प्र.19. रेखीय बहुलक का एक उदाहरण दीजिये।

उ. PVC Nylon

प्र.20. शाखित बहुलक का एक उदाहरण दीजिये।

उ. ग्लाइकोजन

प्र.21. तिर्यकबद्ध बहुलक का एक उदाहरण दीजिये।

उ. बैकेलाइट, मेलेनॉइल

प्र.22. नायलॉन–2 के एकलक का नाम एवं संरचना लिखिये।

उ. ग्लाइसीन $H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$

प्र.23. नायलॉन–6 के एकलक का नाम एवं संरचना लिखिये।

उ. कैप्रोलैक्टस

प्र.24. PCTFE के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. PCTFE Polymonochlorotrifluoro ethylene
मोनोक्लोरोट्राइफ्लुओरोएथिलीन $ClFC=CF_2$

प्र.25. PAN के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. PAN-Polyacrylanitrile
Vinylcyanide $CH=CH-CN$

प्र.26. PMMA के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. PMMA–Polymethyl methacrylate

मेथिल मेथाक्रपलेट $CH_2=\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-COOCH_3$

प्र.27. ऑरलान के एकलक का नाम एवं संरचना दीजिये।

उ. Acrylanitrile $CH_2=CH-CN$

प्र.28. नायलॉन –66 के एकलकों के नाम एवं संरचनायें दीजिये।

उ. (i) हैक्सामेथिलीन डाइऐमीन $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$
(ii) ऐडिपिक अम्ल $HOOC.(CH_2)_4-COOH$

प्र.29. नायलॉन–610 के एकलकों के नाम एवं संरचनायें दीजिये।

उ. (i) हैक्सामेथिलीन डाइऐमीन $H_2N\text{-}(CH_2)_6\,NH_2$
(ii) सिबेसिक अम्ल $HOOC\,(CH_2)_8-COOH$

प्र.30. ग्लिपटल के एकलकों के नाम एवं संरचनायें दीजिये।

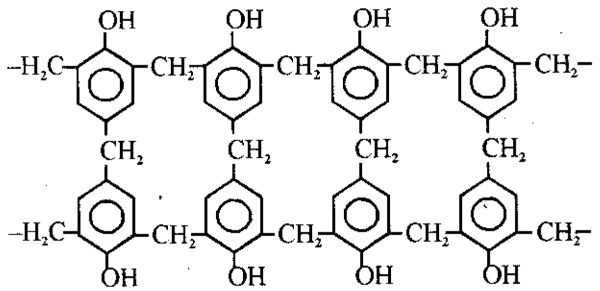
उ. (i) एथिलीन ग्लाइकॉल $HO-CH_2-CH_2-OH$
(ii) थैलिक अम्ल HOOC– –COOH

प्र.31. बैकेलाइट के एकलकों के नाम एवं संरचनायें दीजिये।

उ. (i) फीनॉल –OH
(ii) फॉर्मेल्डिहाइड HCHO

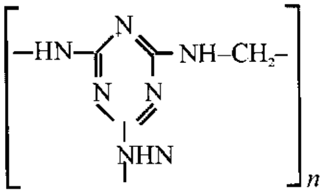
प्र.32. बैकेलाइट की संरचना दीजिये।

उ.



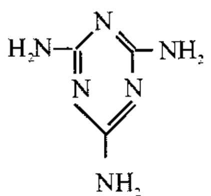
प्र.33. मेलामिन फार्मेल्डिहाइड रेजिन की संरचना बनाइये।

उ.



प्र.34. मेलामिन फार्मेल्डिहाइड रेजिन में प्रयुक्त होने वाले एकलक के नाम व संरचनायें दीजिये।

उ. (i) Malamine



(ii) Formal dehyde
HCHO

प्र.35. बहुलक एवं एकलक पदों की व्याख्या कीजिए।

उत्तर– बहुलक एवं उच्च द्रव्यमान वाला वृहद/ अणु है जिसमें एकलक संरचना इकाइयों की पुनरावृत्ति होती है, जबकि एकलक एक सामान्य अणु होता है जो बहुलीकरण के अन्तर्गत जाकर बहुलक बनाते हैं।

प्र.36. प्राकृतिक एवं संश्लिष्ट बहुलक क्या है? प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिए।

उत्तर– प्राकृतिक बहुलक एक उच्च द्रव्यमान वाला वृहद् अणु है जो पेड़–पौधों एवं जन्तुओं में पाया जाता है। उदाहरण–प्रोटीन्स एवं न्यूक्लिक अम्ल।

संश्लिष्ट बहुलक मानव निर्मित उच्च द्रव्यमान वाले बृहद् अणु होते हैं। ये संश्लेषित प्लास्टिक, रेशे एवं रबर होते हैं। उदाहरण–पॉलीथीन एवं डेक्रोन।

प्र.37. समबहुलक और सहबहुलक पदों में विभेद कर प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर– जब बहुलक एक प्रकार के एकलक से प्राप्त होते हैं तो उन्हें समबहुलक कहते हैं, जैसे–पॉलीथीन।

$$n\,CH_2 = CH_2 \longrightarrow [-CH_2 - CH_2-]_n$$

जब बहुलक एक से अधिक प्रकार के एकलक से प्राप्त होते हैं तो उन्हें सहबहुलक कहते हैं। nylon-66 इसमें $NH_2(CH_2)_6NH_2$ व $HOOC(CH_2)_4COOH$ अलग अलग एकलक के संयोग से बनता है।

प्र.38. एकलक की प्रकार्यात्मकता (क्रियात्मक) को आप कैसे समझायेंगे?

उत्तर– एकलक में स्थित आबन्धन स्थलों (Bonding sites) की संख्या को क्रियात्मकता कहते हैं।

प्र.39. बहुलकन पद को परिभाषित कीजिए।

उत्तर– एक या अधिक बहुलकों की सहसंयोजक बन्धों द्वारा पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाइयों के एक साथ श्रृंखलित होने से बनने वाले उच्च आण्विक द्रव्यमान वाले बहुलक बनने की प्रक्रिया को बहुलकन कहते हैं।

प्र.40. $-NH-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-CO-]_n$ एक समबहुलक है या सहबहुलक?

उत्तर– यह एक समबहुलक है क्योंकि इसमें एक प्रकार की एकलक की पुनरावृत्ति होती है।

प्र.41. आण्विक बलों के आधार पर बहुलक किन संवर्गों में वर्गीकृत किये गये हैं?

उत्तर– आण्विक बलों के आधार पर बहुलकों को निम्न चर भागों में विभक्त करते हैं–

1. प्रत्यास्थ बल
2. रेशे
3. ताप सुघट्य बहुलक
4. तापदृढ़ बहुलक

प्र.42. संकलन और संघनन बहुलकन में आप कैसे विभेद करेंगे?

उत्तर– संकलन/योगज बहुलकन में समान अथवा भिन्न एकलक अणु एक साथ जुड़कर एक बृहद् बहुलक अणु बनाते हैं। इसमें अन्य सहउत्पाद प्राप्त नहीं होते।

जबकि संघनन बहुलकन में दो या अधिक प्रकार के द्विक्रियात्मक अणु संघनन अभिक्रियाओं की श्रृंखला द्वारा कुछ सरल अणुओं के विलोपन से बहुलक प्राप्त होते हैं।

प्र.43. सहबहुलकन पद की व्याख्या कीजिए और दो उदाहरण दीजिए।

उत्तर– सहबहुलकन एक प्रक्रिया है जिसमें एक से अधिक प्रकार की एकलक इकाइयाँ आपस में क्रिया कर एक वृहद् अणु बनाते हैं। 1, 3-Butadiene तथा स्टाइरीन से Buta-S बनता है जो सहबहुलक का उदाहरण है। 1, 3, Butadiene व Acrylnitrile का बना हुआ बहुलक।

प्र.44. तापदृढ़ और तापसुघट्य बहुलकों को प्रत्येक के दो उदाहरणों के साथ परिभाषित कीजिए।

उत्तर– **तापदृढ़ बहुलक** स्थायी रूप से दृढ़ रहने वाला बहुलक है। यह सांचें में ढालने पर कठोर हो जाता है; इसे पुनः मृदुलित नहीं किया जा सकता। बेकेलाइट व मेलेमीन फार्मल्डिहाइड बहुलक इसके उदाहरण हैं।

ताप सुघट्य बहुलक को बार–बार ताप द्वारा मृदुलित और शीतलन द्वारा कठोर बनाया जा सकता है। अतः इसे बार–बार में उपयोग में लिया जा सकता है। पॉलिथीन एवं प्रोपिलीन इसके

उदाहरण हैं।

प्र.45. निम्न बहुलकों को प्राप्त करने के लिए प्रयुक्त एकलक लिखिए- 1. पॉलिवाइनिल क्लोराइड 2. टेफ्लॉन 3. बैकेलाइट

उत्तर– **1.** पॉलिवाइनिल क्लोराइड बहुलक का एकलक $CH_2 = CH - Cl$ (वाइनिल क्लोराइड) है।

2. टेफ्लॉन बहुलक का एकलक $CF_2 = CF_2$ (टेट्रफ्लुओरो एथिलीन) है।

3. बैकेलाइट बहुलक के एकलक HCHO व फीनॉल है।

प्र.46. मुक्त मूलक योगज बहुलकन में प्रयुक्त एक सामान्य प्रारंभ का नाम और संरचना लिखिए।

उत्तर– tert butylperoxide $(CH_3)_3C - O - O - C(CH_3)_3$

प्र.47. नाइलोन-6 और नाइलॉन-6 6 में पुनरावृत्त एकलक इकाइयाँ क्या हैं?

उत्तर– नाइलॉन–6 की एकलक इकाई $NH_2(CH_2)_5$–COOH है। नाइलॉन 6, 6 की एकलक इकाइयाँ $H_2N\ (CH_2)_6\ NH_2$ (Hexamethylene diene) व HOOC–$(CH_2)_4$–COOH (Addipic acid) है।

प्र.48. निम्नलिखित बहुलकों के एकलकों का नाम और संरचना दीजिए।
(i) ब्यूना–S (ii) ब्यूना–N (iii) डेक्रॉन (iv) नियोप्रीन

उत्तर– (1) **ब्यूना-S–**

Buta-1, 3-diene $CH_2 = CH - CH = CH_2$

व

Styrene C_6H_5–$CH = CH_2$

(2) Buna-N

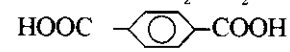
Buta-1, 3-Diene $CH_2 = CH$-$CH = CH_2$

Acrylonitrile $CH_2 = CH - CN$

(3) **डेक्रॉन**

Ethylene glycol HO–CH_2–CH_2OH

Terephthalic acid



(4) Neoprene

Chloroprene

$$CH_2 = \overset{\overset{\displaystyle Cl}{|}}{C} - CH = CH_2$$