313hi31

31

साबुन, अपमार्जक और बहुलक

पिछले मॉड्यूल सात में आपने कार्बनिक यौगिकों के बारे में पढ़ा। इस मॉड्यूल में आप, साबुन और अपमार्जक और बहुलक के बारे में पढ़ेंगे। इस पाठ में हम एक वृहद् विषय यानि बहुलकों का विस्तार से अध्ययन करेंगे। आज बहुलकों ने हमारी जीवनचर्या को इतना प्रभावित किया है कि यह कहना गलत ना होगा कि हम बहुलक युग में रह रहे हैं। आजकल बहुलक विस्तृत क्षेत्रों में प्रयोग हो रहे हैं, साधारण घरेलू बर्तनों, स्वचालित वाहनों, कपड़ों, फर्नीचर आदि से लेकर अन्तरिक्षयान, जैव-चिकित्सा और शल्य चिकित्सा से संघटक तक।

बहुलक पदार्थ हल्के होते हैं परन्तु उनमें उत्तम यांत्रिक गुणधर्म होते हैं और विभिन्न विधियों द्वारा आसानी से उन पर प्रक्रिया की जा सकती है। इस पाठ में आप बहुलकों के विषय में, उनके प्रकार और कुछ मुख्य संश्लेषित व प्राकृतिक बहुलकों के बारे में जानेंगे।

उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद, आप:

- साबुन और अपमार्जक में अन्तर कर सकेंगे,
- अपमार्जकों के प्रकार बता सकेंगे,
- साबुन की अपेक्षा अपमार्जकों के लाभ और हानि बता सकेंगे,
- साबनु और अपमार्जकों की सफाई प्रक्रिया समझ सकेंगे,
- एकलक, बहुलक, समबहुलक, सहबहुलक और बहुलकन या बहुलीकरण को परिभाषित;
- बहुलकों का उनके स्रोत, आण्विक बल और बनाने की विधियों के आधार पर वर्गीकरण;
- पॉलीथीन, पॉलीस्टाइरीन, ब्यूना-S, पी.एम.एम.ए., पी.वी.सी., टेफ्लॉन, पॉलीएस्टर, नायलॉन-66 और नायलॉन-6 जैसे बहुलकों के एकलक सूचीबद्ध करना;
- जैवनिम्नीकृत बहुलकों को परिभाषित; और
- कुछ जैव-बहुलकों के उदाहरण दे सकेंगे।

31.1 साबुन और अपमार्जक

साबुन और अपमार्जक मुख्यत: साफ-सफाई में काम आते हैं। दोनों के रासायनिक रूप में बहुत अन्तर होता है। पानी में घुलने पर दोनों अणु विलयन के पृष्ठ या अन्तरपृष्ठ पर सांद्रित हो जाते हैं। अत: विलयन का पृष्ठ तनाव घट जाता है और विलयन में झाग बन जाता है।

साबुन और अपमार्जक विलयन का पृष्ठ तनाव घटाते हैं। ऐसे पदार्थ पृष्ठ सक्रियक या पृष्ठ सक्रिय कारक कहलाते हैं।

अत: साबुन और अपमार्जकों का उपयोग होता है:

1. धावन कार्य (साफ सफाई) के लिए
2. विलयन में झाग बनाने के लिए
3. पृष्ठ तनाव कम करने के लिए
4. अणु विलयन के पृष्ठ पर सान्द्रित हो जाते हैं
5. पृष्ठ सक्रिय कारक होते हैं
6. ग्रीज़ (चिकनाई) का पायसीकरण करते हैं
7. पृष्ठ-सक्रियक होते हैं
8. मैल (गन्दगी) हटाते हैं, आदि।

जलरागी और वसारागी भाग

साबुन और अपमार्जक, दोनों के अणुओं के दो भाग होते हैं। अणु का एक भाग ध्रुवीय (आयनिक) होता है। यह ध्रुवीय प्रकृति कार्बोक्सलेट ($-Coo^-$) या सल्फोनेट ($-SO_3^-$) की उपस्थिति के कारण होती है। ये ध्रुवीय समूह जलरागी होते हैं। इनके कारण साबुन या अपमार्जक पानी में घुलनशील होता है। अणु का दूसरा भाग अध्रुवीय (नॉनआयनिक) और वसारागी होता है। यह वसारागी भाग (लम्बी श्रृंखला वाले एल्काइल या प्रतिस्थापित एराइल समूह) अणु को तेल में घुलनशील बनाते हैं।

जलरागी (ध्रुवीय) भाग की प्रकृति के आधार पर साबुन और अपमार्जक के अणुओं को धनायनिक, ऋणायनिक और अनायनिक प्रकार में वर्गीकृत किया जाता है। उदाहरण के लिए, साबुन में कार्बोक्सलेट ऋणायन होता है अत: साबुन ऋणायनिक है (सारणी 32.2)। संश्लेषित अपमार्जकों में सल्फोनेट ऋणायन होता है अत: ये भी ऋणायनिक हैं। ऋणायनिक अपमार्जक सबसे अधिक प्रयोग होते हैं, जबकि धनायनिक और अनायनिक अपमार्जक भी जाने जाते हैं।

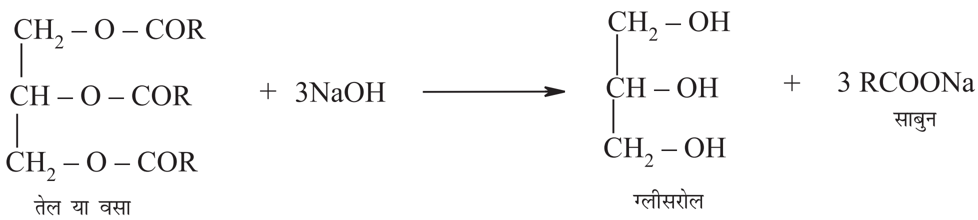
साबुन

साबुन लम्बी श्रृंखला वाले वसीय अम्लों के सोडियम या पोटेशियम लवण होते हैं। ये वसीय अम्ल, तेल या वसा में ग्लीसराइड के रूप में उपस्थित होते हैं। तेल और वसा में

उपस्थित ग्लीसराइड, लम्बी शृंखला वाले कार्बोक्सिलिक अम्ल और ग्लीसरोल का एस्टर होते हैं, उदाहरण के लिए पामिटिक अम्ल और स्टीरिक अम्ल।

साबुनीकरण (सपोनिफिकेशन)

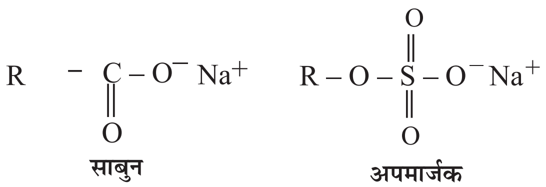
साबुन बनाने के प्रक्रम को साबुनीकरण कहते हैं। साबुनीकरण, सोडियम हाइड्राक्साइड (NaOH) या पोटैशियम हाइड्राक्साइड जैसे क्षारों की मदद से तेल या वसा (वनस्पति या जीवों से प्राप्त) जलापघटन के द्वारा किया जाता है।



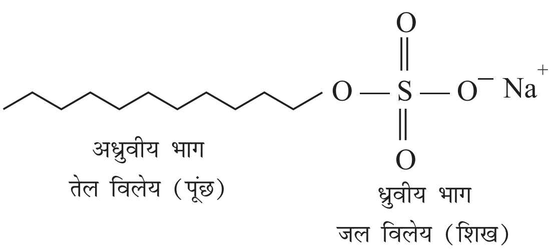
(यहाँ R- 11 से 17 कार्बन परमाणु वाले लम्बी शृंखला के एल्काइल समूह)

संश्लेषित अपमार्जक

साबुन की तरह ही संश्लेषित अपमार्जक भी धावन कारक होते हैं। रासायनिक रूप से अपमार्जक लम्बी शृंखला वाले एल्काइल हाइड्रोजन सल्फेट के सोडियम लवण या लम्बी शृंखला वाले एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनिक अम्ल के सोडियम लवण होते हैं। (ध्यान रखें कि साबुन लम्बी शृंखला वाले वसीय अम्ल के सोडियम या पोटेशियम लवण होते हैं)



अपमार्जक के अणु साबुन के अणुओं के समान ही होते हैं, यानि उनमें तेल-घुलनशील (वसारागी) कार्बन परमाणुओं की लम्बी शृंखला और ध्रुवीय (जलरागी) जल-घुलनशील भाग होते हैं। उदाहरण के लिए, सोडियम लॉरिल सल्फेट ($C_{12}H_{25}–O – SO_3Na$) में 12 कार्बन परमाणु हाइड्रोकार्बन जैसी एल्काइल शृंखला होती है। लम्बी कार्बन शृंखला तेल-घुलनशील भाग है (वसारागी) और सल्फेट ध्रुवीय (जलरागी) भाग है जिसके कारण अणु जल घुलनशील होता है। ध्रुवीय भाग जल विलेय शिख और कार्बन परमाणुओं की लम्बी शृंखला तेल विलेय पूंछ कहलाती है।

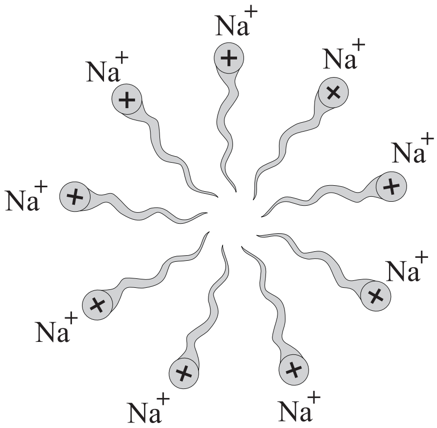


31.1.1 साबुन और अपयार्जकों की सफाई क्रियाविधि

कोलाइडल कणों की अपेक्षा साबुन और अपमार्जकों के अणु छोटे होते हैं। ये अणु संगठित होकर कोलाइड कणों का आकार विस्तार कर लेते हैं। संगठित रूप मिसैल कहलाते हैं। प्रकृति में विद्युत अपघटन होने के कारण साबुन और अपमार्जक पानी में विलेय होकर आपनों में विघटित हो जाते हैं।

$$\underset{\text{साबुन}}{C_{17}H_{35}COONa} \longrightarrow C_{17}H35COO^{-} + Na^{+}$$

लम्बी श्रंखला वाले हाइड्रोकार्बन जो कि प्रकृति में जलरागी (जल में विलेय) केंद्र की तरफ निर्देशित करते हैं जब कि सिर (जलस्नेही, जल विलेय भाग) जल के नियंत्रण में पृष्ठ पर होते हैं।



प्रारम्भिक सांद्रता जिस पर मिसैलीकरण प्रारम्भ होता है वह क्रांतिक मिसैलीकरण सांद्रता (CMC) कहलाती है। एक निश्चित तापमान के ऊपर पर मिसैल का बनना प्रारम्भ हो जाता है वह क्राफ्ट तापमान (TK) कहलाता है।

साबुन की सफाई क्रियाविधि मिसैल के कारण होती है। कपड़े में उपस्थित ग्रीस/गन्द मिसैल को अवशोषित कर लेते हैं। क्योंकि दोनों अध्रुवीय होते हैं। ध्रुवीय सिर जल की तरफ निर्देशित होता है जो कि हाथों से रगड़ने का मशीन से घुमाने पर ग्रीस कणों को छोटे छोटे बिंदुकणों तोड़कर पानी के साथ इम्लसन बनाता है। इसके परिणाम स्वरूप कपड़े धूल तथा ग्रीस से मुक्त हो जाते हैं। वे बिंदुकण पानी से धुलकर हट जाते हैं।

31.1.2 संश्लिष्ट अपमार्जक के लाभ और हानि

संश्लिष्ट अपमार्जक, साबुन की अपेक्षा बेहतर होते हैं। ये कठोर जल के साथ भी कपड़े धोने के लिए प्रयोग किए जा सकते हैं। कठोर जल में उपस्थित कैल्शियम और मैग्निशियम आयन अपमार्जक अणुओं के साथ संगत लवण बनाते हैं। अपमार्जक अणुओं के कैल्शियम और लवण जल में विलेय होते हैं। (साबुन अणुओं के लवण की तरह नहीं)।
शाखित एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट वाले अपमार्जक पूर्णत: जैवनिम्नीकृत नहीं होते (सारणी 31.1) जबकि साबुन पूर्णत: जैवनिम्नीकृत होते हैं। अत: संश्लिष्ट अपमार्जकों का अत्यधिक प्रयोग चिन्ता का विषय है। समस्या का आंशिक समाधन रेखीय एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट

के प्रयोग से किया गया है, शाखित एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट (सारणी 31.1) की अपेक्षा इसका जैवनिम्नीकरण बेहतर होता है।

सारणी 31.1 साबुन और कुछ संश्लिष्ट अपमार्जकों का वर्गीकरण और जैवनिम्नीकरणीयता

अपमार्जक	श्रेणी	ध्रुवी समूह	जैवनिम्नीकरण
साबुन	नॉनआयोनिक	कार्बोसीलेट	100%
शाखित एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट	नॉनआयोनिक	सल्फोनेट	50-60%
रेखीय शाखित एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट	नॉनआयोनिक	सल्फोनेट	90%
लाऊराइल एल्कोहल	नॉनआयोनिक	सल्फेट	100%

पाठगत प्रश्न 31.1

1. साबुन का सक्रिय भाग बताइए।
2. साबुन के उत्पादन में प्रयोग होने वाले प्रारंभिक पदार्थ कौन से हैं?
3. साबुन के अणु का ध्रुवीय भाग कौन सा होता है?
4. संश्लिष्ट अपमार्जक अणु का ध्रुवीय भाग (जलरागी) बताइए।
5. साबुन अणु का तेल विलेय (वसारागी) भाग बताइए।
6. शाखित एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट, रेखीय एल्काइल बेन्ज़ीन सल्फोनेट की अपेक्षा अधिक जैवनिम्नीकृत होते हैं। क्या यह सत्य है?

31.2 बहुलक क्या हैं

बहुलक वे विशाल अणु हैं जोकि समान या भिन्न प्रकार के छोटे अणुओं जिन्हें एकलक कहते हैं के बीच अन्तराण्विक बलों के कारण बनते हैं। यदि एललकों (A) की विशाल संख्या आपस में जुड़ी होती है तो बहुलक का निरूपण $(-A_n-)$ से करते हैं। $-(-A-A-A-A-A)_n$ बहुलक है एकलक (A) का, उदाहरण के लिए पॉलीथीन।

$-(CH_2-CH_2)-_n$ बहुलक है जिसका एकलक एथलीन $(CH_2=CH_2)$ है।

बहुलक उच्च आण्विक संहति वाला अणु होता है जोकि अनेक छोटे अणुओं जिन्हें एकलक कहते हैं, के जुड़ने से बनता है।

एकलक वे छोटे अणु हैं जो आपस में जुड़कर बड़ा अणु बनाते हैं उन्हें बहुलक कहते हैं।

कुछ बहुलकों में एक से अधिक प्रकार के एकलक आपस में जुड़ते हैं, उदाहरणार्थ दो एकलकों (A) और (B) से बना बहुलक,

$$-A-B-A-B- \quad \text{या} \quad -(A-B)_n- \text{ होगा।}$$

31.2.1 बहुलकों के प्रकार

पुनरावृत हो रही संरचनात्मक एकक (एकलक) के प्रकार के आधार पर बहुलक दो वर्गों में विभाजित किया जाता है–समबहुलक और सहबहुलक।

(a) **समबहुलक**

केवल एक प्रकार के एकलक से बना बहुलक, **समबहुलक** कहलाता है। पॉलीथीन $-(CH_2-CH_2)_n-$ समबहुलक का उदाहरण है।

(b) **सहबहुलक**

एक से अधिक प्रकार के एकलकों द्वारा बने बहुलक, **सहबहुलक** या मिश्रित बहुलक कहलाते हैं। उदाहरणार्थ ब्यूना-S रबर जोकि 1, 3-ब्यूटाडीन $(CH_2=CH-CH=CH_2)$ और स्टाइरीन $(C_6H_5CH=CH_2)$ से बनता है।

31.3 बहुलकीकरण या बहुलकन

जिस प्रक्रम द्वारा एकलक जुड़ते हैं वह **बहुलकन** कहलाता है। इसका निरूपण इस प्रकार किया जा सकता है:

$$M+M \longrightarrow \underset{\text{द्विलक}}{M-M} \xrightarrow{+M} \underset{\text{त्रिलक}}{M-M-M} \xrightarrow{+M^*} \underset{\text{बहुलक}}{M-(M)_n-M}$$

यहाँ M एकलक है।

31.3.1 बहुलकन के प्रकार

अभिक्रिया की प्रकृति के आधार पर, बहुलकन का वर्गीकरण इस प्रकार है:

(1) संकलन बहुलकीकरण

(2) संघनन बहुलकीकरण

(1) संकलन बहुलकीकरण: इस प्रक्रम में एकलक एकक आपस में संकलित होकर शृंखला अभिक्रिया क्रियाविधि द्वारा बढ़ती शृंखला बनाते हैं। इसी कारण से इस क्रियाविधि को **शृंखला-वृद्धि बहुलकीकरण** भी कहते हैं।

संकलन बहुलकीकरण उत्प्रेरक उपक्रम की सहायता से किया जाता है, यह कुछ सक्रिय सत्ताएँ जैसे मुक्त मूलक देता है।

उदाहरणार्थ बेन्जोइल परॉक्साइड मुक्त मूलक 'बेन्जिल' देता है जो श्रृंखला बहुलकन अभिक्रिया उपक्रम करता है।

$$H_5C_6-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C_6H_5 \longrightarrow 2\dot{C}_6H_5 + 2CO_2$$

(या $\dot{R}$)

उपक्रमण $$\dot{R} + \underset{\text{(एकलक)}}{CH_2=CH_2} \longrightarrow R-CH_2-\dot{C}H_2$$

यह मुक्त मूलक $(\dot{R})$ फिर असंतृप्त एकलक के साथ क्रिया करके मुक्त मूलक बनाता है, जो आगे एकलकों का संकलन करता जाता है और श्रृंखला बढ़ती जाती है। यह **श्रृंखला संचरण** कहलाता है:

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

या M – MMMMMMMMM•

दो बढ़ती श्रृंखलाओं का अन्तिम समापन, बहुलक बनाता है। यह **श्रृंखला समापन** कहलाता है:

MMMMMMMMM• + •MMMMMMMMMM

↓

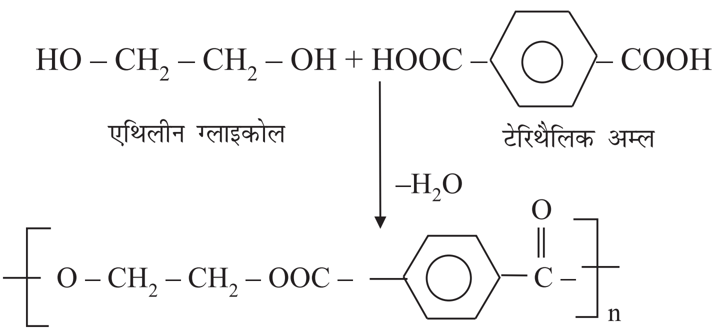
M MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM

बहुलक

(2) संघनन बहुलकीकरण: इस प्रक्रम में, एकलकों के संयुक्त होने पर किसी छोटे अणु जैसे H_2O, ROH या NH_3, का निष्कासन होता है। अभिक्रिया को **संघनन बहुलकीकरण** और उत्पाद को **संघनन बहुलक** कहते हैं।

प्रक्रम में उपोत्पाद अणुओं का निष्कासन होता है, इसलिए, बहुलक का आण्विक द्रव्यमान एकलक एककों का पूर्णगुणांक नहीं होता।

उदाहरणार्थ, पॉलीएस्टर या टेरिलीन, एथिलीन ग्लाइकोल और टेरिथैलिक अम्ल का संघनन बहुलक है।



पॉलीएथिलीन टेरिथैलेट या टेरिलीन

बहुलक बनाने के इन दो प्रक्रमों के कई अभिलक्षण हैं जो उन्हें एक दूसरे से भिन्न बनाते हैं। उन्हें सारणी 33.1 में दिया गया है।

सारणी 31.2: संकलन बहुलक और संघनन बहुलक के बीच कुछ अन्तर

संकलन बहुलक	संघनन बहुलक (बहुसंघनन)
1. असंतृप्त एकलक जैसे एथिलीन, विनाइल क्लोराइड, स्टाइरीन आदि सम्मिलित होते हैं।	1. कम से कम दो अभिलक्षकीय समूह वाले पदार्थ जैसे एथिलीन ग्लाइकोल (2-OH समूह) एडिपिक अम्ल (2-COOH समूह) सम्मिलित होते हैं।
2. एकलकों का शीघ्र संकलन।	2. चरणों में, धीमा संकलन।
3. किसी भी क्षण, केवल एकलक और बहुलक उपस्थित होते हैं।	3. कोई एकलक नहीं। द्विलक, त्रिलक और चतुर्लक आदि का मिश्रण होता है।
4. बहुलक के उत्प्रेरण के लिए उपक्रमक की आवश्यकता होती है।	4. उत्प्रेरक की आवश्यकता नहीं होती।
5. किसी छोटे अणु का निष्कासन नहीं होता।	5. H_2O, HCl, CO_2, CH_3OH जैसे छोटे अणु अक्सर निष्कासित होते हैं।
6. बनने वाले बहुलकों के उदाहरण हैं– पॉलीथीन, पॉलीप्रोपाइलीन, पॉलीब्यूटाडीन पॉलीविनाइल क्लोराइड।	6. बनने वाले बहुलकों के उदाहरण हैं– टेरिलीन, नायलोन, फार्मेल्डिहाइड, रेसिन सिलिकोन आदि।

पाठगत प्रश्न 33.1

1. पदों की परिभाषा दीजिए:

   (i) बहुलक (ii) एकलक

2. प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए:

   (i) संकलन बहुलकन (ii) संघनन बहुलकन

3. समबहुलक और सहबहुलक में अन्तर बताइए।

4. टेरिलीन और नायलॉन-66 के एकलक लिखिए।

31.4 बहुलकों का वर्गीकरण

बहुलकों का कई प्रकार से वर्गीकरण किया जा सकता है। उनके गुणधर्म और उपयोगों सहित उनमें से कुछ की नीचे व्याख्या की जा रही है।

(a) उत्पत्ति के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण

उत्पत्ति के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण इस प्रकार है:

1. प्राकृतिक बहुलक
2. संश्लेषित बहुलक

1. **प्राकृतिक बहुलक:** प्रकृति (पादप और जीवों) से प्राप्त बहुलक प्राकृतिक बहुलक होते हैं उदाहरणार्थ, स्टार्च, सेल्यूलोज़, प्राकृतिक रबर, प्रोटीन आदि।

2. **संश्लेषित बहुलक:** प्रयोगशाला में विरचित किए गए बहुलक संश्लेषित बहुलक कहलाते हैं। यह **मानव-निर्मित बहुलक** भी कहलाते हैं उदाहरणार्थ, पॉलीथीन, पी.वी.सी., नायलॉन, टेफ्लॉन, बेकेलाइट, टेरिलीन, संश्लेषित रबर आदि।

(b) संरचना के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण

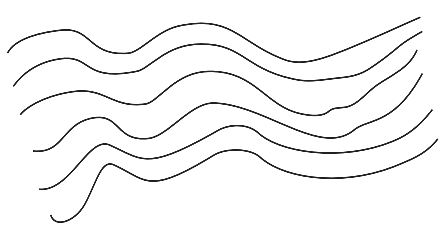
बहुलकों का संरचना के आधार पर वर्गीकरण इस प्रकार किया जाता है:

1. रेखीय बहुलक
2. शाखित श्रृंखला बहुलक
3. क्रॉस लिंक्ड बहुलक

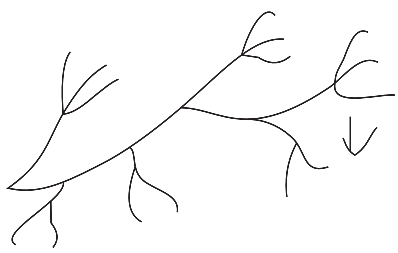
1. **रेखीय बहुलक:** इस बहुलक में एकलक एकक आपस में जुड़कर रेखीय श्रृंखला बनाते हैं। रेखीय बहुलक अच्छे से संकुलित होने के कारण उच्च घनत्व वाले, उच्च लगिष्णु, (खींचने) की शक्ति, और उच्च गलनांक वाले होते हैं। उदाहरणार्थ पॉलीएथिलीन, नायलॉन, और पॉलीएस्टर।

2. **शाखित श्रृंखला बहुलक:** इन बहुलकों में एकलक जुड़कर लम्बी श्रृंखला बनाते हैं जिनमें भिन्न लम्बाई की शाखाएँ होती हैं (चित्र 31.2)। ये शाखित श्रृंखला बहुलक अनियमितता से संकुलित होते हैं, इसलिए इनकी लगिष्णु शक्ति, और गलनांक रेखीय बहुलक से कम होते हैं उदाहरणार्थ, घनत्व वाला पॉलीएथिलीन, ग्लाइकोज़न, स्टार्च आदि।

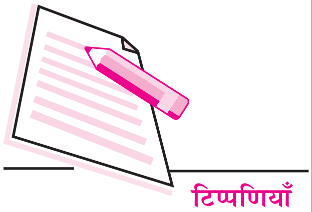
3. **क्रॉस लिंक्ड बहुलक:** इन बहुलकों में लम्बी बहुलक श्रृंखलाएँ आपस में क्रॉस लिंक होकर त्रिविमीय जाल बनाती हैं। जालीय संरचना के कारण ये बहुलक कठोर, दृढ़ और भंगुर होते हैं (चित्र 31.3) बेकेलाइट, मेलामाइन और फार्मेल्डिहाइड इस प्रकार के उदाहरण हैं।

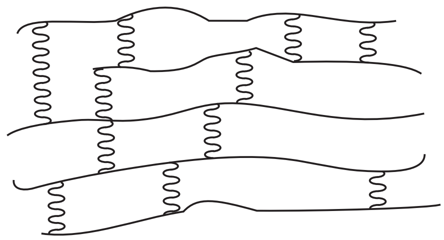


चित्र 31.1: रेखीय बहुलक



चित्र 31.2: शाखितश्रृंखला बहुलक





चित्र 31.3: *क्रॉस लिंक्ड बहुलक*

(c) बहुलकन की विधि के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण

बहुलकन की विधि के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण इस प्रकार है:

1. **संकलन बहुलक:** पुनरावृत्त एकलकों के सीधे संकलन और बिना किसी छोटे अणु के निष्कासन से बने बहुलक, संकलन बहुलक कहलाते हैं। इस प्रकार, एकलक असंतृप्त यौगिक और सामान्यत: एथीन के व्युत्पन्न होते हैं। संकलन बहुलक का मूलानुपाती सूत्र उसके एकलक के समान होता है। इसके उदाहरण हैं–पॉलीथीन, पॉली प्रोपाइलीन, और पॉलीविनाइल क्लोराइड आदि।

2. **संघनन बहुलक:** दो या दो से अधिक एकलकों के संघनन और छोटे अणुओं जैसे H_2O, NH_3, HCl, ROH आदि के निष्कासन से बने बहुलक, संघनन बहुलक कहलाते हैं। इस प्रकार प्रत्येक एकलक में सामान्यत: दो अभिलक्षकीय समूह होते हैं। उदाहरण के लिए, नायलॉन-66, दो एकलकों के संघनन से और जल अणुओं के निष्कासन से बनता है–हेक्सामेथिलिनडाइऐमीन और एडिपिक अम्ल संघनित होने वाले एकलक हैं:

$$n\,H_2N-(CH_2)_6-NH_2 + nHOOC-(CH_2)_4-COOH - \xrightarrow{-n\,H_2O}$$

$$-(NH-(CH_2)_6-NH-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-(CH_2)_4-C-O-)_n$$

नायलॉन-66

इस बहुलकन अभिक्रिया में हेक्सामेथिलीनडाइऐमीन का $-NH_2$ समूह एडिपिक अम्ल के–COOH समूह के साथ क्रिया करके H_2O निष्कासित करता है और –NH–CO–बंध बनाता है।

$$-\underset{}{\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}}-H + HO-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}- \xrightarrow{-H_2O} -\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N}-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$$

बंध

संघनन बहुलक के उदाहरण हैं नायलॉन-66, टेरिलीन, बैकेलाइट, एल्किल-रेसिन आदि।

(d) आण्विक बलों के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण

एकलक अणुओं के बीच अन्तराअणुक बलों के आधार पर बहुलकों को चार प्रकारों में बाँटा जाता है:

1. प्रत्यास्थलक (इलास्टोमर) 2. रेशे (फाइबर) 3. थर्मोप्लास्टिक 4. थर्मोसेटिंग

1. **प्रत्यास्थलक (इलास्टोमर):** इसमें बहुलक श्रृंखलाएँ दुर्बल वानडरवाल्स बलों से जुड़ी होती हैं। दुर्बल बलों के कारण इन बहुलकों को थोड़े से खिंचाव से ही फैलाया जा सकता है, खिंचाव हटाने पर वे अपना मौलिक आकार ले लेते हैं। ऐसा श्रृंखलाओं के बीच कम 'क्रॉस लिंक' के कारण है, जोकि बहुलक को बल हटने पर अपनी मौलिक अवस्था में आने देते हैं, जैसा कि वल्कनीकृत रबर में देखा जाता है।

   प्रत्यास्थलक का सबसे महत्वपूर्ण उदाहरण **प्राकृतिक रबर** है।

2. **रेशे (फाइबर):** इन बहुलकों की श्रृंखलाओं के प्रबल अंतराण्विक बल होते हैं। ये बल या तो हाइड्रोजन आबंध या द्विध्रुव-द्विध्रुव अन्योन्य क्रिया होते हैं। प्रबल बलों के कारण श्रृंखलाएँ बहुत करीब संकुलित होती हैं और बहुलक को उच्च लगिष्णु शक्ति और कम लचीलापन देती हैं। इन बहुलकों को लम्बे, पतले, धागों जैसे रेशों में खींचा जा सकता है और उन्हें बुनकर कपड़ा बनाया जा सकता है। सामान्य उदाहरण हैं–नायलॉन-66, डेक्रॉन, सिल्क आदि।

3. **थर्मोप्लास्टिक:** ये रेखीय बहुलक होते हैं जिनमें बहुत कम क्रॉस लिंक या कोई क्रॉस लिंक नहीं होते। बहुलक श्रृंखलाएँ दुर्बल वानडर वाल्स बलों से जुड़ी होती हैं और एक दूसरे पर फिसल सकती हैं। क्रास लिंकों की कमी के कारण ये बहुलक गर्म करने पर नर्म हो जाते हैं और ठंडा करने पर कठोर या दृढ़ हो जाते हैं। अत: ये किसी भी आकार में ढाले जा सकते हैं। पॉलीथीन, पी.वी.सी., पॉलीस्टाइरीन संकलन थर्मोप्लास्टिक हैं और टेरिलीन, नायलॉन, संघनन थर्मोप्लास्टिक हैं।

   प्लास्टिककारी: कुछ प्लास्टिक गर्म करने पर ज्यादा नर्म नहीं होते। कुछ कार्बनिक यौगिक मिलाने पर इन्हें आसानी से नर्म किया जा सकता है, इन यौगिकों को प्लास्टिककारी कहा जाता है। उदाहरण के लिए पॉलीविनाइल क्लोराइड (पी.वी.सी.) बहुत सख्त और कठोर होता है परन्तु डाई-एन-ब्यूटाइलथैलेट (प्लास्टिककारी) मिलाने पर नर्म हो जाता है। डाइएल्किल थैलेट और क्रिसिल थैलेट कुछ और सामान्य प्लास्टिककारी हैं।

4. **थर्मोसेटिंग बहुलक:** थर्मोसेटिंग बहुलक केवल एक बार गर्म हो सकते हैं, ठंडा करने पर वे जिस आकृति में ढलते हैं सदा उसी में रह जाते हैं उन्हें दुबारा नर्म करके ढाला नहीं जा सकता। थर्मोसेटिंग बहुलक निम्न आण्विक द्रव्यमान वाले अर्ध-द्रव बहुलकों से बनते हैं जोकि गरम करने पर आपस में अत्यधिक क्रॉस लिंक कर जाते हैं या कोई क्रॉस लिंक कारक मिलाने पर असंगलित, अघुलनशील कठोर संहति बन जाते हैं। क्रॉस लिंक अणुओं को अपनी जगह पर बांधे रखते हैं जिससे कि गरम करने पर भी वे यथास्थान रहते हैं। इसलिए थर्मोसेटिंग प्लास्टिक क्रॉस बंधित होते हैं और सदा कठोर रहते हैं। सामान्य उदाहरण, बैकेलाइट, मेलामाइन, फोर्मेल्डिहाइड-रेसिन आदि हैं।

थर्मोसेटिंग और थर्मोप्लास्टिक बहुलकों के गुणधर्मों में कुछ मुख्य अन्तर सारणी 32.2 में दिए गए हैं।

सारणी 31.2: थर्मोप्लास्टिक और थर्मोसेटिंग बहुलकों में अंतर

थर्मोप्लास्टिक	थर्मोसेटिंग बहुलक
1. रेखीय बहुलक।	1. क्रॉस लिंक्ड बहुलक
2. दुर्बल वानडरवाल्स अन्तराण्विक बल अतः गर्म करने पर नर्म/पिघल जाते हैं।	2. रासायनिक क्रास-बंधन के कारण असंगलनीय पदार्थ गर्म करने पर पिघलते नहीं।
3. पिघला हुआ बहुलक इच्छित आकृति में ढाला जा सकता है। दोबारा गर्म करने पर पुनः ढल सकता है।	3. अक्सर ढलने के समय क्रास-बंध विकसित होते हैं इसलिए अनुत्क्रमणीय ढंग से कठोर होता है।
4. उदाहरण हैं–पॉलीस्टाइरीन, पी.वी.सी., एस.बी.आर, टेफलोन, पी.एम.एम.ए., टेरिलीन।	4. उदाहरण हैं–ग्लिपटेल्स, इपोक्सी बहुलक, फोर्मेल्डिहाइड-रेसिन।

पाठगत प्रश्न 31.2

1. प्राकृतिक और संश्लेषित बहुलकों की उदाहरण सहित परिभाषा दीजिए।
2. क्रॉस-लिंक्ड बहुलक क्या होते हैं? इनका एक उदाहरण लिखिए।
3. थर्मोप्लास्टिक, थर्मोसेटिंग बहुलक से किस प्रकार भिन्न होते हैं?
4. निम्नलिखित बहुलकों को उनके बढ़ते अंतराण्विक बलों के क्रम में लिखिए। संकलन और संघनन बहुलकों में भी इनका वर्गीकरण करिए।

   नायलॉन-66, ब्यूना-S, पॉलीएथलीन

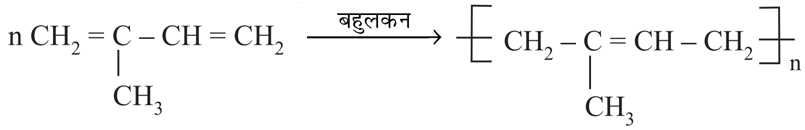
33.5 कुछ व्यवसायिक महत्व के बहुलक

33.5.1 पॉलीडाईन

दो द्विआबंध वाले असंतृप्त हाइड्रोकार्बन या डाईन (2 द्विआबंध वाले यौगिक) जब प्रतिस्थापित एल्कीन बहुलक बनाते हैं तो यह (आप पाठ 32 में पढ़ चुके हैं कि एल्कीन और डाईन पेट्रो-रसायन होते हैं) बहुलक रबर या प्रत्यास्थलक होते हैं। ये प्राकृतिक या संश्लेषित होते हैं। परिणामतः हमारे पास प्राकृतिक रबर और संश्लेषित रबर होते हैं।

(1) प्राकृतिक रबरः यह असंतृप्त हाइड्रोकार्बन, 2-मेथिल-1, 3, ब्यूटाडाईन या आइसोप्रीन का बहुलक है। उष्णकटिबंधी और अर्ध-उष्णकटिबंधी देशों जैसे भारत (दक्षिण में), इण्डोनेशिया, मलेशिया, श्रीलंका, दक्षिण अमरीका आदि में पाए जाने वाले रबर के पेड़ों के लैटेक्स (दूध) से इसे प्राप्त किया जा सकता है। लैटेक्स में लगभग 25-40% रबर के हाइड्रोकार्बन जल में

विसरित होते हैं, साथ में स्थायित्व प्रदान करने वाले प्रोटीन और कुछ वसीय अम्ल भी होते हैं। यह प्राकृतिक बहुलक है और इसमें कमाल का लचीलापन होता है। इस पर थोड़ा सा बल लगाने पर इसमें लम्बे परास के उत्क्रमणीय फैलाव होते हैं। इस लचीलेपन के कारण यह अनेक उपयोगों के लिए बहुमूल्य है।



आइसोप्रीन या 2-मेथिल-1, 3-ब्यूटाडाईन

पॉलीआइसोप्रीन (प्राकृतिक रबर)

प्राकृतिक रबर में 10,000 से 20,000 तक आइसोप्रीन एकक बंधित होते हैं।

कच्चे रबर की कमियाँ

कच्चे प्राकृतिक रबर में कई कमियाँ होती हैं। उदाहरणार्थ:

1. कम तापमान पर रबर भंगुर और उच्च तापमान पर बहुत नरम हो जाता है। अत: इसे बहुत सीमित तापमान परास 10-60ºC में प्रयोग कर सकते हैं।
2. बहुत नरम होने के कारण यह भारी-भरकम कार्यों में प्रयोग नहीं हो सकती। इसकी लगिष्णु शक्ति मात्र 200 kg/cm^2 है।
3. खींचने पर यह सदा के लिए विकृत हो जाती है।
4. खनिज तेलों, कार्बनिक विलायकों और पानी के प्रति भी यह प्रतिरोधी नहीं है। इसमें अत्यधिक जल अवशोषण की क्षमता होती है।
5. वायु से क्रिया करने पर इसका परआक्सीकरण होता है। परिणामत: इसकी स्थिरता बहुत कम हो जाती है।

सुघट्यता (प्लास्टिसिटी), प्रत्यास्थता (लचीलापन), दृढ़ता, कठोरता, कोमलता, प्रतिरोधी शक्ति, अपारगम्यता, अपघर्षण जैसे बांछित मूल्यवान गुणधर्म वल्कनीकरण द्वारा प्राप्त किए जाते हैं।

रबर का वल्कनीकरण

रबर के अनेक अनुप्रयोग उसके लचीलेपन के कारण हैं इसी कारण से उसे **प्रत्यास्थलक** या **प्रत्यास्थप्लास्टिक** कहते हैं। सन् 1893 में चार्ल्स गुडइयर ने संयोगवश यह पाया कि गरम रबर में सल्फर मिलाने पर उसके भौतिक गुणधर्मों में आश्चर्यजनक सुधार होता है। यह प्रक्रम **वल्कनीकरण** कहलाता है। इसके लिए कच्चे रबर को सल्फर के साथ गरम किया जाता है या उसे S_2Cl_2 और CS_2 के विलयन में डुबाया जाता है।

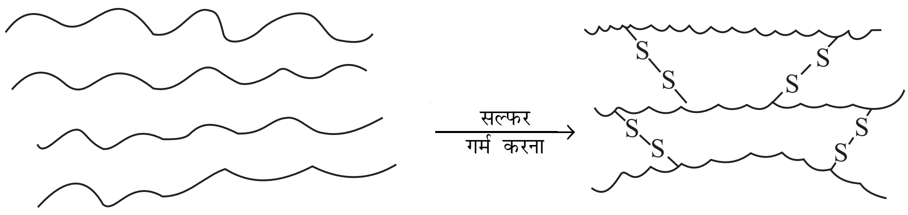
वल्कनीकरण निम्नलिखित पर निर्भर होता है:

(i) प्रयोग की गई सल्फर की मात्रा: सल्फर की मात्रा बढ़ाकर रबर को कठोर किया जा सकता है।

(ii) तापमान पर।

(iii) गर्म करने की अवधि पर।

कच्चे रबर को लगभग 3% पिसी सल्फर, एक त्वरक और सक्रियक के साथ अच्छी तरह मिलाया जाता है फिर लगभग 150ºC (टायरों के लिए 153ºC पर) पर गरम किया जाता है। वल्कनीकरण प्रगतिशील अभिक्रिया है और इसे एक निश्चित अवस्था तक होने दिया जाता है। वल्कनीकरण का विस्तृत प्रक्रम समझना मुश्किल है, परन्तु वल्कनीकृत रबर की संभव संरचना चित्र 33.4 में दिखाई गई है।



प्राकृतिक रबर *वल्कनीकृत रबर*

चित्र 31.4: रबर के वल्कनीकरण का प्रक्रम

सारणी 31.3: प्राकृतिक रबर और वल्कनीकृत रबर के गुणधर्मों की तुलना

प्राकृतिक रबर	वल्कनीकृत रबर
1. यह नरम और चिपकने वाली होती है।	1. यह कठोर होती है और चिपकती नहीं।
2. इसमें कम लगिष्णु शक्ति होती है।	2. इसकी लगिष्णु शक्ति उच्च होती है।
3. प्रत्यास्थता कम होती है।	3. उच्च प्रत्यास्थता होती है।
4. तापमान के बहुत कम परास (10^0–60ºC) में इसे प्रयोग किया जा सकता है।	4. तापमान के बहुत बड़े परास (-40^0–100ºC) में इसे प्रयोग कर सकते हैं।
5. इसमें क्षय के प्रति कम प्रतिरोध होता है।	5. क्षय के प्रति उच्च प्रतिरोध होता है।
6. ईथर, कार्बन टेट्राक्लोराइड, पेट्रोल आदि विलायकों में घुलनशील है।	6. अधिकतर सामान्य विलायकों में यह अघुलनशील है।

(2) संश्लेषित रबर

संश्लेषित रबर उच्च बहुलक, जिनके भौतिक गुणधर्म प्राकृतिक रबर के समान होते हैं, **संश्लेषित रबर** कहलाते हैं। संश्लेषित रबर अक्सर प्राकृतिक रबर से बेहतर होते हैं, खासतौर पर तेल, गैस, विलायकों आदि के लिए प्रतिरोध के सापेक्ष। प्राकृतिक रबर का संश्लेषित विकल्प बहुत पहले से खोजा जाने लगा था। सन् 1862 में, फैराडे ने निष्कर्ष निकाला कि प्राकृतिक रबर एक हाइड्रोकार्बन है (C_5H_8 or $C_{10}H_{16}$) ग्रेविल विलयम (1860) ने रबर से एक द्रव, आइसोप्रीन प्राप्त किया। उसने रबर को आइसोप्रीन का बहुलक माना। फ्रिट्ज हॉफमैन (1909) में सबसे पहले 2,3-डाइमेथिल-ब्यूटाडाईन के बहुलकन से रबर संश्लेषित किया।

संश्लेषित रबर का निर्माण बहुत सारे आइसोप्रीन से मिलते-जुलते संयुग्मित डाईनों के बहुलकन से किया गया है। बूना रबर (ब्यूटाडाईन का बहुलक) जर्मनों द्वारा सोडियम से ब्यूटाडाईनों की क्रिया करा के बनाया गया, इसलिए इस संश्लेषित रबर को ''बूना'' रबर (ब्यूटाडाईन) से 'बू' और सोडियम Na का 'na') कहते हैं। इसी प्रकार अमेरीकियों ने एस.बी.आर. (स्टाइरीन ब्यूटाडाईन रबर), अक्सर जी.आर.एस. के नाम से जानी जाती है, बनाई। तब से प्राकृतिक रबर उत्पादन के साथ संश्लेषित रबर उद्योग भी चल रहा है।

कई संश्लेषित रबर केवल एक एकलक के बहुलकन से बनते हैं, उदाहरणार्थ, नियोप्रीन, क्लोरीप्रीन के बहुलकन से बनता है। जबकि बूना-S, बूना-N और ब्यूटाइल रबर आदि संश्लेषित रबर सहबहुलक होते हैं क्योंकि इनमें एक से अधिक एकलक होते हैं।

नियोप्रीन: यह संश्लेषित रबर गुणधर्मों में प्रकृतिक रबर के समान है। यह क्लोरोप्रीन के बहुलक से प्राप्त होता है।

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

क्लारोप्रीन   नियोप्रीन

विनाइल एसिटेलीन की HCl से अभिक्रिया क्लोरोप्रीन देती है।

$$\underset{\text{विनाइल एसिटेलीन}}{CH_2=CH-C\equiv CH} + HCl \longrightarrow \underset{\text{क्लोरोप्रीन}}{CH_2=CH-\underset{\underset{Cl}{|}}{C}=CH_2}$$

प्राकृतिक रबर की अपेक्षा नियोप्रीन उत्तम है क्योंकि यह वायु आक्सीकरण के प्रति स्थाई है और तेल, गैसोलिन और अन्य विलायकों से प्रभावित नहीं होती।

नियोप्रीन का प्रयोग निम्नलिखित में होता है:

(i) बेल्ट, पाइप, जूतों की हील, स्टापर आदि बनाने में,

(ii) पेट्रोल, तेल और अन्य विलायकों के संग्राहकों के उत्पादन में।

बूना – S

सोडियम धातु की उपस्थिति में ब्यूटाडाईन और स्टाइरीन के बहुलकन से यह प्राप्त होती है।

$$\underset{\text{ब्यूटाडाईन}}{n\,CH_2=CH-CH=CH_2} + \underset{\text{स्टाइरीन}}{n\,\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}=CH_2} \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{Na}$$

$$\underset{\text{बूना – S}}{-\!\!\left(CH_2-CH=CH-CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}-CH_2\right)}$$

बूना-S में 'बू' ब्यूटाडाईन को, 'ना' सोडियम को और 'S' स्टाइरीन को निरूपित करता है। यह एस.बी.आर. (स्टाइरीन ब्यूटाडीन रबर) भी कहलाता है। प्राकृतिक रबर की अपेक्षा इसमें लगिष्णुता कम होती है।

बूना-S प्रयोग होती है:

(i) स्वचालित वाहनों के टायर बनाने के लिए,

(ii) रबर सोल, बेल्ट और पाइप बनाने के लिए।

बूना – N : सोडियम धातु की उपस्थिति में दो भाग ब्यूटाडाईन और एक भाग एक्राइलोनाइट्राइल के सहबहुलकन से यह प्राप्त होता है।

बूना – N कठोर, ऊष्मारोधी और तेल (पेट्रोल) व विलायकों से फुलाव का अत्यन्त प्रतिरोधी होता है।

प्रयोग:

(i) विलायकों के लिए संग्राहक टैंकों का निर्माण और

(ii) तेलों की सील बनाने के लिए।

ब्यूटाइल रबर: यह ब्यूटाडाईन और आइसोब्यूटाइलीन के सह-बहुलकन से प्राप्त होता है। सामान्यत: इसे आइसोप्रीन की थोड़ी मात्रा की उपस्थिति में किया जाता है। आइसोप्रीन का सही रोल ज्ञात नहीं है।

$$\underset{\text{ब्यूटाडाईन}}{nCH_2=CH-CH=CH_2} + \underset{\text{आइसोब्यूटाइलीन}}{(CH_3)_2-C=CH_2} \longrightarrow$$

$$\underset{\text{ब्यूटाइल रबर}}{\left(CH_2-CH=CH-CH_2-\underset{\displaystyle (CH_3)_2}{\underset{|}{C}}-CH_2\right)_n}$$

ब्यूटाइल रबर अम्लों और क्षारों के प्रति निष्क्रिय होता है, परन्तु पेट्रोलियम पदार्थों के प्रति बहुत कम प्रतिरोध होता है।

प्रयोग :

(i) टायरों के अन्दर की ट्यूब बनाने के लिए,

(ii) वाहक पट्टा (Conveyor belt), टैंकों की लाइनिंग और उच्च वोल्टेज वाली तारों और केबल की कुचालकता या अवरोधन आदि के लिए।

पाठगत प्रश्न 31.4

1. निम्नलिखित बहुलकों के एकलक के आइ.यू.पी.ए.सी. नाम और संरचना बताइए।

   (i) प्राकृतिक रबर (ii) नियोप्रीन

2. रबर के वल्कनीकरण में सल्फर का क्या कार्य है?
3. बूना -S क्या है? यह किस प्रकार संश्लेषित होती है?
4. प्राकृतिक रबर और वल्कनीकृत रबर के गुणधर्मो (कम से कम तीन) की तुलना कीजिए।

रबर के विस्तृत वर्णन के बाद हम अन्य व्यावसायिक महत्त्व वाले बहुलकों के विषय में जानेंगे।

31.5.2 पॉलीऑलिफिंस

पॉलीऑलिफिंस संश्लेषित बहुलकों का एक प्रमुख वर्ग है जो कि ऑलिफिन (एल्कीन) या उसके उपयुक्त व्युत्पन्न के बहुलकन से बनाया जाता है। इनमें से अधिकतर पेट्रोरसायन उद्योग से प्राप्त होते हैं। पॉलीएथिलीन, पॉलीप्रोपाइलीन, पी.वी.सी., टेफ्लान, आदि पॉलीऑलिफिंस वर्ग में आते हैं। इस वर्ग के कुछ प्रमुख सदस्यों का यहाँ विवरण दिया जा रहा है।

(1) पॉलीएथिलीन या पॉलीएथीन एथिलीन ($CH_2 = CH_2$) के बहुलकन से बनता है। यह सबसे अधिक मात्रा में उत्पादित किया जाता है और सबसे सामान्य और सब जगह मिलने वाला है।

यह दो प्रकार का होता है: कम घनत्व वाला पॉलीएथीन (LDPE) और उच्च घनत्व वाला पॉलीएथीन (HDPE)। यह बहुलक श्रृंखला की शाखित प्रकृति पर निर्भर करता है। LDPE में बहुलक श्रृंखलाएं शाखित होती हैं और उनका संकुलन घन (सटा हुआ) नहीं होता। जबकि HDPE में अणुओं की रेखीय श्रृंखला होती है जो कि घन रूप में संकलित होती है (चित्र 33. 1 और 33.2)।

$$n\,CH_2 = CH_2 \longrightarrow -(CH_2 - CH_2)_{\overline{n}}$$

एथिलीन **पालीएथिलीन**

पालीएथिलीन पाइप, कुचालक पदार्थ, पैकिंग फिल्म और थैले आदि बनाने के काम आती है।

(2) पॉलीप्रोपाइलीन: इसके एकलक प्रोपाइलीन अणु होते हैं। इसे प्रोपाइलीन को *n*-हेक्सेन (निष्क्रिय विलायक) जिसमें जिग्लर–नाट उत्प्रेरक (ट्राइएथिल एलुमिनियम और टाइटेनियम क्लोराइड का मिश्रण) मिला होता है, में से गुजारकर बनाया जाता है।

$$\underset{\text{प्रोपाइलीन}}{n\,\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H = CH_2} \xrightarrow[TiCl_2]{Al(C_2H_5)_3} \underset{\text{पॉलीप्रोपाइलीन}}{-(\!-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H_2 - CH_2-)\!-_n}$$

पॉलीप्रोपाइलीन, पॉलीएथीन से अधिक कठोर, शक्तिशाली और हल्का होता है। यह खाद्य और वस्त्र उद्योग में पैकिंग के लिए, बैगों की लाइनिंग, ग्रामाफोन रिकार्ड, रस्सी, कालीन के रेशे आदि बनाने के काम आता है।

(3) टेफलॉन या पॉलीटेट्राफ्लोरोएथिलीन (PTFE): इसका एकलक टेट्राफ्लोरोएथिलीन अणु होता है। टेट्राफ्लोरोएथिलीन को अमोनियम परऑक्सोसल्फेट $[(NH_4)_2S_2O_8]$ की उपस्थिति में गर्म करने पर टेफलॉन प्राप्त होता है।

$$\underset{\textbf{टेट्राफ्लोरोएथिलीन}}{n\,CF_2=CF_2} \xrightarrow[\text{ताप, दाब}]{(NH_4)_2S_2O_8} \underset{\textbf{टेफलॉन}}{-\!\!(CF_2-CF_2)\!\!-_n}$$

टेफलॉन बहुत दृढ़ पदार्थ है जोकि अम्ल, क्षार और ताप रोधी होता है। यह विद्युत का कुचालक है। टेफलॉन, बर्तनों पर ना चिपकने वाली परत चढ़ाने के लिए, उच्च दाब सह सकने वाली गास्केट और सील बनाने के लिए और उच्च आवृत्ति वाली विद्युतीय स्थापत्यों को कुचालक बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

(4) पॉलीविनाइल क्लोराइड (PVC) : विनाइल क्लोराइड अणु इसके एकलक होते हैं। विनाइल क्लोराइड को डाईबैन्ज़ोइल परॉक्साइड की उपस्थिति में निष्क्रिय विलायकों में गर्म किया जाए तो PVC बनता है।

$$\underset{\text{विनाइल क्लोराइड}}{n\,CH(Cl)=CH_2} \xrightarrow[\text{परॉक्साइड}]{\text{डाइबैन्ज़ोइल}} \underset{\text{पी.वी.सी.}}{-(CH_2-CH(Cl))_n}$$

पी.वी.सी. सींग जैसा कठोर पदार्थ होता है। लेकिन प्लास्टिसाइज़र या सुघट्य मिलाकर इसे किसी भी सीमा तक लचीला बनाया जा सकता है। यह रसायन और ऊष्मारोधी होता है। यह बरसाती (वर्षा में पहनने वाला कोट), हैन्ड बैग, खिलौने, होज़पाइप, ग्रामोफोन रेकार्ड, विद्युतीय अवरोधक या कुचालक और फर्श आदि बनाने के काम आता है।

(5) पॉलीमेथिल मेथाक्राइलेट (PMMA): मेथिल मेथाक्राइलेट इसका एकलक एकक है।

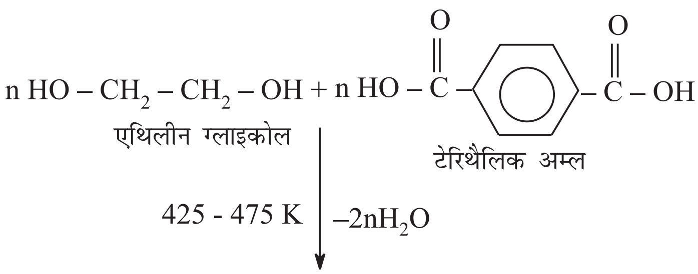
$$\underset{\textbf{मेथिल मेथाक्राइलेट}}{n\,CH_2=C(CH_3)-COO\,CH_3} \xrightarrow{\text{बहुलकन}} \underset{\substack{\text{पॉलीमेथिल मेथाक्राइलेट}\\(PMMA)}}{\left[-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-\right]_n}$$

PMMA कठोर और पारदर्शी बहुलक होता है और ऊष्मा, प्रकाश व काल प्रभावन के प्रतिरोधी होता है। इसकी उच्च प्रकाशिक स्वच्छता होती है। यह लेंस, पारदर्शी गुम्बद और आकाशीय प्रकाश, डेन्चर, वायुयान की खिड़कियां और सुरक्षात्मक परतें बनाने के काम आता है। इसका व्यावसायिक नाम लूसाइट, एक्रीलाइट प्लेक्सिग्लास और पर्सपेक्स है।

33.5.3 पॉलीएस्टर

कुछ संश्लेषित बहुलकों में एस्टर समूह $(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-)$ होता है। ये संघनन बहुलक होते हैं। इस वर्ग के प्रमुख सदस्य हैं–पॉलीएस्टर और ग्लिपटल रेसिन।

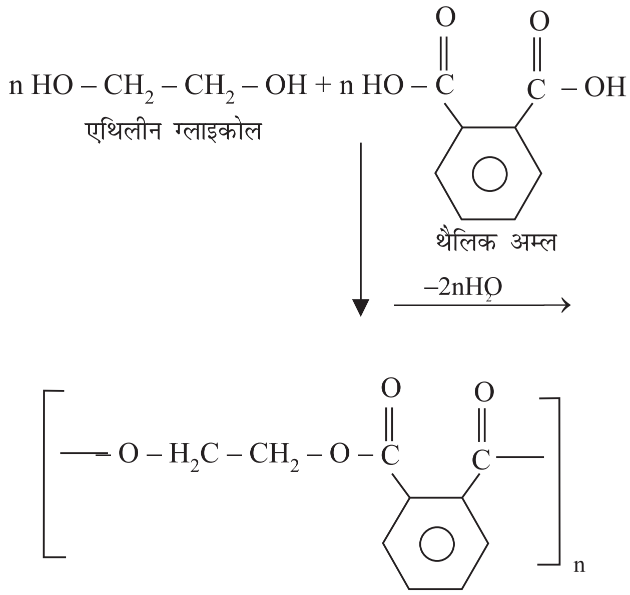
टेरिलीन: एथिलीन ग्लाइकोल और टेरिथैलिक अम्ल के बीच संघनन अभिक्रिया द्वारा यह बहुलक प्राप्त होता है।



पॉलीएस्टर या टेरिलीन

टेरिलीन अधिकतर सामान्य रसायनों और जैवीय पदार्थों से प्रभावित नहीं होता, इस पर जल्दी खरोंच भी नहीं आती। इसकी नमी अवशोषण क्षमता कम होती है। यह अधिकतर धोओ और पहनो (वाश एंड वियर) वाला कपड़ा बनाने में प्रयोग होता है। **व्यवसायिक क्षेत्र में पॉलीएस्टर कपड़े का रेशा टेरिलीन या डेक्रान नाम से भी जाना जाता है।** कपड़े में यह कपास या ऊन के साथ भी मिश्रित किया जाता है। यह सीट बेल्ट और नावों के पाल बनाने के काम आता है। यह बहुलक फिल्में, चुंबकीय रिकार्डिंग टेप बनाने और खाद्य पदार्थों को पैक करने के काम आता है। डेक्रान की ट्यूबें बाइपास आपरेशन में मानव रुधिर नलिकाओं को प्रतिस्थापित करने के लिए उत्तम होती हैं।

ग्लिप्टल या एल्किल रेसिन: द्विक्षारीय अम्ल और पॉलीहाइड्राक्सी एल्कोहॉल के संघटन से प्राप्त सभी बहुलक ग्लिप्टल के नाम से जाने जाते हैं। एथिलीन ग्लाइकोल और आर्थोथैलिक अम्ल के संघटन से सबसे सादा ग्लिप्टल (पॉलीएथिलीन ग्लाइकोल थैलेट) प्राप्त होता है।



पॉलीएथिलीन ग्लाइकोल थैलेट

ग्लिप्टल रेसिन त्रिविमीय क्रास बंधित बहुलक होते हैं। (पॉलीएथिलीन ग्लाइकोल थैलेट) उपयुक्त विलायकों में घुलनशील होता है और विलयन के वाष्पन पर एक दृढ़ और कठोर फिल्म शेष रह जाती है। अत: इसे आसंज पेन्ट और लैकर में प्रयोग किया जाता है।

33.4.4 पॉलीएमाइड

पॉलीएमाइड बहुलकों में एमाइड समूह $(-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-)$ होता है। नायलॉन-66 महत्वपूर्ण पॉलीएमाइड है जो एक संश्लेषित बहुलक है। प्रकृति के बहुलक अणुओं में भी एमाइड बंध होते हैं।

नायलॉन-66: यह एडिपिक अम्ल (टेट्रामेथिलीन डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल) और हेक्सामेथिलीन डाइअमीन का बहुलक है

$$n\,H_2N-(CH_2)_6\,NH_2 + n\,HOOC\,(CH_2)_4-COOH \xrightarrow[\approx 525K]{\Delta}$$

हेक्सामेथिलीन डाइअमीन   **टेट्रामेथिलीन डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल**

$$\left[\sim \overset{\overset{H}{|}}{N}-(CH_2)_6-\overset{\overset{H}{|}}{N}-C-(CH_2)_4-\overset{\overset{O}{\|}}{C}\sim\right]_n + 2n\,H_2O$$

नायलॉन-66

नायलॉन-66 (नायलॉन-छ:छ: पढ़ा जाता है) को चादर के रूप में ढाला और रेशे के रूप में काटा जा सकता है। नायलॉन रेशे में उच्च लगिष्णु शक्ति होती है। ये दृढ़ और खरोंच रोधी होते हैं। ये कुछ-कुछ प्रत्यास्थ भी होते हैं।

नायलॉन ब्रश और उसके रेशे, कालीन और कपड़ा उद्योग में वस्त्र, प्रत्यास्थ हौजरी, सिकुड़ी नायलॉन के रूप में, बनाने के काम आते हैं।

पाठगत प्रश्न 31.5

1. PMMA क्या निरूपित करता है?
2. टेरिलीन के एकलकों के नाम लिखिए।
3. नायलॉन-66 किस प्रकार संश्लेषित किया जाता है?
4. निम्नलिखित बहुलकों के बनाने के समीकरण लिखिए।

   (i) ग्लिप्टल (ii) टेफलॉन

इस भाग में हम जैवबहुलकों (प्राकृतिक बहुलक) के बारे में जानेंगे।

31.5.5 जैवबहुलक

पौधों और जीवों में उपस्थित अनेक बहुलक जैसे कि पॉलीसैक्राइड (स्टार्च, सेल्युलोस), प्रोटीन, और न्यूक्लिक अम्ल आदि, जोकि पौधों और जीवों में अनेक जीवन प्रक्रम नियन्त्रित करते हैं **जैव बहुलक** कहलाते हैं।

(i) **स्टार्च:** यह ग्लूकोज का बहुलक है। यह पौधों का मुख्य खाद्य भंडार होता है।

(ii) **सेल्युलोस:** यह भी ग्लूकोज का बहुलक है। यह पौधों का मुख्य संरचनात्मक पदार्थ होता है। दोनों स्टार्च और सेल्युलोस पौधों द्वारा ग्लूकोज से बनाए जाते हैं जो प्रकाशसंश्लेषण के दौरान बनता है।

(iii) **प्रोटीन:** ये **अमीनों अम्ल** के बहुलक होते हैं। इनमें 20 से 1000 अमीनों अम्ल तक बहुत नियमित व्यवस्था से जुड़े होते हैं। ये जीवों के निर्माण सामग्री होते हैं और हमारे भोजन का आवश्यक भाग होते हैं।

(iv) **न्यूक्लिक अम्ल:** ये विभिन्न न्यूक्लिओटाइडों के बहुलक होते हैं। उदाहरण के लिए, RNA और DNA सामान्य न्यूक्लिओटाइड हैं। ये जैवबहुलक हमारे जीवन के लिए अति आवश्यक हैं।

31.6 पर्यावरणीय समस्याएँ और जैवनिम्नीकृत बहुलक

इस भाग में हम उन बहुलकों के विषय में जानेंगे जो पर्यावरण को प्रदूषित नहीं करते। बहुलकों के बढ़ते उपयोग के कारण, उनके अवांछित उत्पादों को नष्ट करना एक विकराल

समस्या का रूप धारण कर रहा है। चूंकि अधिकतम संश्लेषित बहुलक प्लास्टिक के रूप में होते हैं, ये पैकिंग पदार्थों और प्रयोग करो-फेंको वाले थैलों के रूप में अत्यधिक प्रयोग किए जाते हैं। चूंकि साधारण बहुलक प्राकृतिक तत्वों जैसे प्रकाश, आक्सीजन, जल या जीवाणुओं द्वारा निम्नीकृत नहीं होते, अत: इन्हें नष्ट करना एक बड़ी समस्या है। अ-जैवनिम्नीकृत बहुलकों के असावधानी से प्रयोग के कारण होने वाली पर्यावरणीय समस्याओं को इन पदार्थों का उचित विनाश और इनके पुन: प्रयोग तथा अन्य कार्यों के लिए पुनर्निर्माण, द्वारा कम किया जा सकता है। इन्हें एकत्रित करके इन्हें इनके एकलकों में निबहुलकित करना दूसरा उपाय है, हालांकि इनका सीमित अनुप्रयोग है।

एक अन्य उपाय है जैवनिम्नीकृत बहुलक बनाना, जोकि एंजाइम-उत्प्रेरित अभिक्रियाओं द्वारा छोटे टुकड़ों में विघटित किया जा सकता है। आवश्यक एन्जाइम जीवाणुओं द्वारा निर्मित किए जाते हैं। यह एक ज्ञात तथ्य है कि बढ़ती श्रृंखला बहुलकों के कार्बन-कार्बन आबंध एन्जाइम-उत्प्रेरित अभिक्रियाओं के प्रति निष्क्रिय होते हैं, अत: ये अ-जैवनिम्नीकृत होते हैं। ऐसे बहुलकों को जैवनिम्नीकृत बनाने के लिए इनकी श्रृंखला में ऐसे आबंध डाले जाएं जो कि एन्जाइमों द्वारा आसानी से टूट जाएं। जब ऐसे बहुलकों को कूड़े के रूप में गाढ़ा जाता है तो मिट्टी में उपस्थित जीवाणु बहुलकों का निम्नीकरण करते हैं, जिससे कि वे पर्यावरण को नुकसान न पहुचाएं।

बहुलकों को जैवनिम्नीकृत बनाने की सबसे अच्छी विधि है, इनमें जलयोजित होने वाले एस्टर समूह का प्रवेश।

33.6.1 कुछ जैवनिम्नीकृत बहुलक

जैवनिम्नीकृत बहुलकों की एक बड़ी संख्या उपलब्ध है और इस सूची में और नाम जुड़ रहे हैं। परन्तु ये महंगे होने के कारण कुछ खास स्थितियों में ही प्रयोग किए जाते हैं, जहाँ कीमत को अनदेखा किया जा सके। भविष्य में, जैसे-जैसे इनकी कीमत कम होगी ये दैनिक जीवन में अधिक प्रयोग होंगे और अ-जैवनिम्नीकृत बहुलकों की जगह ले सकेंगे।

कुछ मुख्य जैवनिम्नीकृत बहुलक हैं– PHBV, PGA, PLA और PCL आदि।

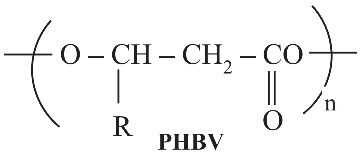
(PHBV) पॉलीड्रॉक्सीब्यूटाइरेट – को – β - हाइड्रोक्सीवेल्रेट

PHBV हाइड्रॉक्सी ब्यूटानोइक अम्ल और (3-हाइड्रॉक्सीपेन्टानोइक अम्ल) का सहबहुलक है जिसमें एकलक एकक एस्टर बंधों से जुड़े होते हैं।

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

हाइड्रॉक्सीब्यूटानोइक अम्ल + 3-हाइड्रॉक्सीपेन्टानोइक अम्ल

टिप्पणियाँ



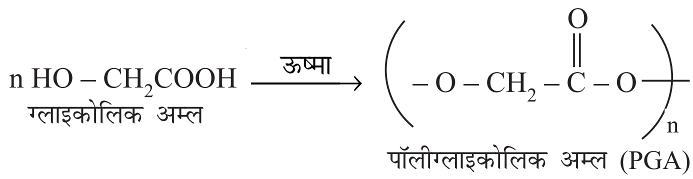
$R = -CH_3$ या $-CH_2-CH_3$

दोनों अम्लों के अनुपात के साथ PHBV के गुणधर्म भी बदल जाते हैं। 3-हाइड्रॉक्सीब्यूटानोइक अम्ल कठोर बनाता है और 3-हाइड्रॉक्सीपेन्टानोइक अम्ल सहबहुलक को लचीलापन देता है।

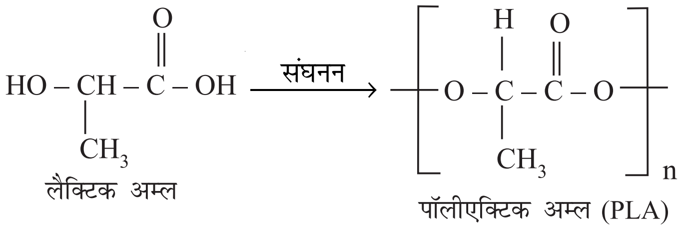
(i) PHBV हड्डियों के इलाज (आर्थोपेडिक) के संयंत्रों में प्रयोग होता है।

(ii) नियन्त्रित ड्रग मुक्ति। PHBV कैप्सूल में रखी हुई ड्रग इसके एन्जाइम द्वारा निम्नीकरण के बाद मुक्त होती है। यह बैक्टीरिया द्वारा भी निम्नीकृत है।

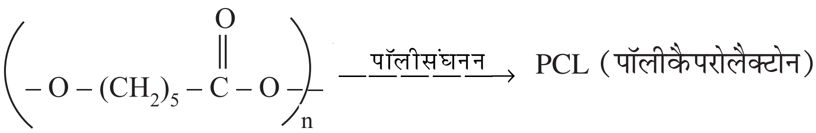
PGA पॉलीग्लाइकोलिक अम्ल, ग्लाइकोलिक अम्ल के द्विलक के शृंखला बहुलकन से प्राप्त होता है। $HO-CH_2COOH$.



PLA पॉलीएक्टिक अम्ल, लैक्टिक अम्ल ($HO{-}CH(CH_3)\,COOH$) के द्विलक के बहुलक से प्राप्त होता है या लैक्टिक अम्ल के सूक्ष्म जैवीय संश्लेषण, फिर पॉलीसंघनन और अन्त में वाष्प द्वारा जल के निष्कासन से बनता है।



PCL पॉलीकैपरोलैक्टोन, 6-हाइड्रॉक्सी हेक्सानोइक अम्ल के लैक्टोन के शृंखला संघनन से प्राप्त होता है।



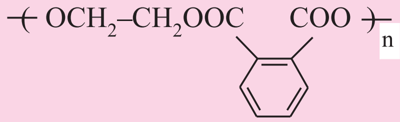
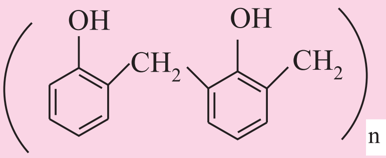
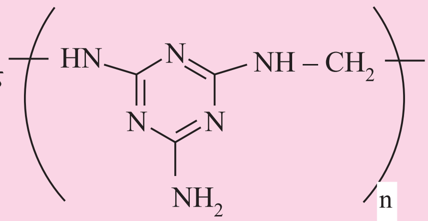
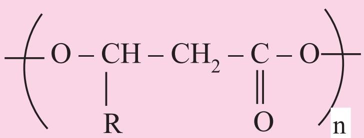
अधिकतर जैवनिम्नीकृत बहुलकों का उपयोग घावों और चोटों की सिलाई में होता है।

1. चिकित्सा के समान जैसे सर्जिकल टांके (शल्यचिकित्सा में टांके),
2. कृषि पदार्थों जैसे फिल्म और बीजों पर आवरण,
3. खाना पैक करने और निज के स्वच्छता उत्पादों में आदि।

अब हम सारणी 31.4 में विभिन्न महत्वपूर्ण व्यावसायिक बहुलकों की संरचनाएँ और उपयोगों का संक्षिप्त विवरण देंगे।

सारणी 31.4

क्र. सं.	बहुलक का नाम	संरचना	प्रयोग
1.	पॉलीथीन	$-\!(CH_2-CH_2)\!-_n$	कुचालक, प्रतिसंरक्षारक, पैकिंग पदार्थ, घर और प्रयोगशालाओं के पात्रों के लिए।
2.	पालीस्टाइरीन	$-\!(CH(C_6H_5)-CH_2)\!-_n$	कुचालक, लपेटने वाला पदार्थ, के खिलौनों और घर के सामान निर्माण के लिए।
3.	पॉलीविनाइल क्लोराइड (PVC)	$-\!(CH_2-CH(Cl))\!-_n$	बरसाती, थैले, विनाइल फर्श और चर्म वस्त्रों के लिए।
4.	पॉलीटेट्राफ्लोरो एथिलीन क्र. (PTFE) या टेफलॉन	$-\!(CF_2-CF_2)\!-_n$	स्नेहक कुचालक और खाना पकाने के पात्र के लिए
5.	पॉलीमेथिल मेथाक्राइलेट (PMMA) या प्लेक्सी काँच	$-\!(CH_2-C(CH_3)(COOCH_3))\!-_n$	काँच का स्थानापन्न और सजावट का सामान बनाने के लिए।
6.	पॉलीएक्राइलोनाइट्राइल (ओर्लोन)	$-\!(CH_2-CH(CN))\!-_n$	संश्लेषित तन्तु और संश्लेषित ऊन बनाने के लिए।
7.	स्टाइरीन ब्यूटाडाईन रबर (SBR या बूना-S)	$-\!(CH_2-CH=CH-CH_2-CH(C_6H_5)-CH_2)\!-_n$	स्वचालित वाहनों के टायर और जूते चप्पल बनाने के लिए।
8.	नाइट्राइल रबर (बूना-N)	$-\!(CH_2-CH=CH-CH_2-CH(CN)-CH_2)\!-_n$	तेल सील और टैंकों की लाइनिंग होज़ पाइप बनाने के लिए।
9.	नियोप्रीन	$-\!(CH_2-C(Cl)=CH-CH_2)\!-_n$	कुचालक, वाहक बेल्ट (कन्वेअर बेल्ट) और प्रिंटिंग रोलर बनाने के लिए।
10.	पॉलीएथिल अक्राइलेट	$-\!(CH_2-CH(COOC_2H_5))\!-_n$	फिल्म, होज़ पाइप और फर्नीचर के फेब्रिक बनाने के लिए।
11.	टेरिलीन (डेक्रॉन)		रेशे, सुरक्षा बेल्ट, टायर डोरी और टेन्ट बनाने के लिए।

11.	टेरिलीन (डेक्रॉन)		रेशे, सुरक्षा बेल्ट, टायर डोरी और टेन्ट बनाने के लिए।
12.	ग्लिप्टल		मिश्रित प्लास्टिक और पेंट निर्माण में आसंधक की तरह।
13.	नायलॉन-6	$\left(NH-(CH_2)_5-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C} \right)_n$	रेशे, प्लास्टिक, टायर डोरी और रस्सी बनाने के लिए।
14.	नायलॉन-66	$\left(NH-(CH_2)_6-NHCO\,(CH_2)_4\,CO \right)_n$	ब्रशों के संश्लेषित रेशे, रस्सी, पैरासूट और कालीन बनाने में।
15.	बेकेलाइट		गीयर, सुरक्षात्मक आवरण और विद्युतीय फिटिंग बनाने में।
16.	यूरिया फार्मेल्डिहाइड रेसिन	$\left(NH-CO-NH-CH_2 \right)_n$	ना टूटने वाले कप और लेमिनेटिड चादर बनाने में।
17.	मेलामाइन फार्मेलडिहाइड रेसिन		प्लास्टिक क्राकरी, ना टूटने वाले कप और प्लेट बनाने में।
18.	पॉली β-हाइड्रॉक्सी ब्यूटाइरेट–co–β-हाइड्रॉक्सी वैलेरेट (PHBV)	 $R = CH_3, -C_2H_5$	पैकिंग पदार्थ, हड्डियों के इलाज के संयंत्र, नियन्त्रित ड्रग मुक्ति के लिए।

पाठगत प्रश्न 31.6

1. PHBV क्या है?
2. जैवबहुलकों के दो उदाहरण दीजिए।
3. जैवनिम्नीकृत बहुलकों की परिभाषा और तीन उदाहरण लिखिए।
4. शल्य चिकित्सा के टांके में प्रयोग होनेवाले बहुलक का नाम बताइए।

आपने क्या सीखा

- बहुलक, उच्च आण्विक, द्रव्यमान वाले दीर्घमापी अणु होते हैं जो कि एकलक एककों की पुनरावृत्ति से बनते हैं और प्राकृतिक या संश्लेषित हो सकते हैं।
- संश्लेषित बहुलक, संघटन, बहुलकन की विधि और आण्विक बलों की प्रकृति के सापेक्ष वर्गीकृत किए जाते हैं।
- बहुलकन दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है (i) संकलन बहुलकन (ii) संघनन बहुलकन।
- संकलन बहुलक, बिना किन्हीं छोटे अणुओं के निष्कासन के बड़ी संख्या में एकलकों के संकलन से बनते हैं।
- संघनन बहुलक छोटे अणुओं जैसे H_2O, NH_3 आदि के निष्कासन से बनते हैं।
- प्राकृतिक रबर आइसोप्रीन का रेखीय बहुलक है, और सल्फर के साथ गर्म करने पर यह वल्कनीकृत होता है, जिससे विभिन्न श्रृंखलाओं के बीच क्रास आबंध बनते हैं।
- वल्कनीकृत रबर के भौतिक गुणधर्म बहुत बेहतर होते हैं।
- संश्लेषित रबर अक्सर किसी एल्कीन और 1, 3–ब्यूटाडाईन व्युत्पन्नों के सहबहुलक से प्राप्त होते हैं।
- निम्नीकरण के प्रति स्थिरता के कारण संश्लेषित बहुलक पर्यावरण को नुकसान पहुंचाते हैं।
- चूंकि जैवबहुलक एन्जाइमों द्वारा निम्नीकृत होते हैं, संश्लेषित जैवनिम्नीकृत बहुलक जिनमें एस्टर, एमाइड जैसे अभिलाक्षणिक समूह होते हैं, टांकों, इम्पलान्टस, ड्रग मुक्ति पदार्थ आदि में प्रयोग होते हैं, वे विकल्प के रूप में विकसित किए जाते हैं। उदाहरणार्थ, PHBV, PLA, आदि जैसे पदार्थ।

पाठान्त प्रश्न

1. साबुन एवं अपमार्जक में अंतर बताए।
2. साबुन एवं अपमार्जक के साफ करने की क्रिया विधि बताए।
3. दो प्रति ऑक्सीकारक का नाम बताए।
4. किस प्रकासर क साबुन एवं अपमार्जक जैव निम्नीकारक होती है।
5. साबुनीकरण क्या है?

6. शृंखला वृद्धि और चरण वृद्धि बहुलकन में अंतर बताइए।
7. थर्मोसेटिंग और थर्मोप्लास्टिक पदों की परिभाषा दीजिए। प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।
8. सहबहुलक क्या है? एक उदाहरण दीजिए।
9. प्रत्येक के एक उदाहरण की सहायता से संकलन बहुलक और संघनन बहुलक के अंतर बताइए।
10. प्रत्यास्थलक (इलास्टोमर) क्या होते हैं? बूना-S के विरचन की रासायनिक अभिक्रिया दीजिए।
11. निम्नलिखित बहुलकों के बारे में बताएं:

    (i) नियोप्रीन : विरचन के लिए आवश्यक पदार्थ

    (ii) PVC : एकलक एकक

    (iii) संश्लेषित रबर : एकलक एकक
12. रबर का वल्कनीकरण क्या होता है? वल्कनीकृत रबर के क्या लाभ हैं?
13. दो प्लास्टिककारियों के उदाहरण दीजिए।
14. अन्तराण्विक बलों के आधार पर बहुलक विभिन्न श्रेणियों में किस प्रकार वर्गीकृत किए जाते हैं? प्रत्येक श्रेणी के बहुलक का एक उदाहरण दीजिए।
15. जैवनिम्नीकृत बहुलक क्या होते हैं? तीन उदाहरण दीजिए।
16. निम्नलिखित बहुलकों के एकलकों का नाम एवं संरचनाएं लिखिए:

    a. पॉलीस्टाइरीन b. टेफलॉन c. PMMA

    d. PVC e. PHBV f. पॉलीप्रोपाइलीन
17. आप निम्नलिखित का विरचन कैसे करेंगे? केवल रासायनिक समीकरण दीजिए:

    a. PVC b. नायलॉन-66 c. PMMA

पाठगत प्रश्नों के उत्तर

31.1

1. (i) समान या भिन्न प्रकार के छोटे अणुओं के अन्तराण्विक संयोगों से प्राप्त विशाल शृंखला जैसे अणु बहुलक होते हैं।

   (ii) निम्न आण्विक द्रव्यमान वाले सादे अणु जोकि अन्तराण्विक बंधों द्वारा बहुलक कहलाने वाले विशाल अणु देते हैं, एकलक कहलाते हैं।

2. (i) पॉलीएथीन (ii) टेरिलीन
3. (i) समान एकलक एककों से बने बहुलक समबहुलक कहलाते हैं, उदाहरणार्थ, पॉलीथीन, पॉलीस्टाइरीन या पॉलीब्यूटाडाईन
   (ii) दो एकलकों के सह-बहुलकन से एक सहबहुलक बनता है, उदाहरणार्थ, बूना (या SBR स्टाइरीन, ब्यूटाडाईन रबर)
4. (i) एथिलीन ग्लाइकोल और टैरिथैलिक अम्ल,
   (ii) हेक्सामेथिलीन डाइअमीन और एडिपिक अम्ल।

31.2

1. (i) प्राकृतिक बहुलक प्रकृति में मिलते हैं (पौधों और जीवों में) उदाहरण: प्रोटीन और न्यूक्लिक अम्ल।
   (ii) संश्लेषित बहुलक मानव निर्मित होते हैं, उदाहरण, नायलॉन, पॉलीएस्टर और रबर।
2. जिन बहुलकों में रेखीय बहुलक शृंखला क्रास बंधित होकर त्रिविमीय जालक संरचना बनाती है वे क्रास-बंधित बहुलक कहलाते हैं। इसका सामान्य उदाहरण है बेकेलाइट।
3. बंधों के प्रकार और अंतराण्विक बलों के आधार पर थर्मोप्लास्टिक और थर्मोसेटिंग में अंतर होता है। थर्मोप्लास्टिक को इच्छित आकृति में ढाला जा सकता है परन्तु थर्मोसेटिंग प्लास्टिक की आकृति गर्म करने पर जम जाती है और ढाली नहीं जा सकती।
4. पॉलीएथीन < बूना-S< नायलॉन-66
   नायलॉन 66 : संघनन बहुलक
   बूना-S : संकलन बहुलक
   पॉलीएथीन : संकलन बहुलक

31.3

1. (i) प्राकृतिक रबर का एकलक है

$$CH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{}{C}} - CH = CH_2$$

(जहाँ CH_3 समूह C पर ऊपर जुड़ा है)

आइसोप्रीन

2-मेथिल ब्यूटा-1,3-डाईन

   (ii) नियोप्रीन का एकलक है

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

क्लोरोप्रीन

2-क्लोरो ब्यूटा – 1,3-डाईन

2. सल्फर रबर को अधिक प्रत्यास्थ, तन्य और कम सुघट्य तथा न चिपकने वाला बनाता है।

3. बूना-S ब्यूटाडाईन और स्टाइरीन की सोडियम धातु की उपस्थिति में सहबहुलक से प्राप्त होता है। बू–ब्यूटाडाईन को, ना–सोडियम को और S-स्टाइरीन को निरूपित करता है, यह एस. बी. आर. भी कहलाता है।

4. 1. प्राकृतिक रबर गर्म और चिपकने वाला होता है जबकि वल्कनीकृत रबर सख्त एवं ना चिपकने वाली होती है।
   2. प्राकृतिक रबर की लगिष्णु शक्ति कम होती है जबकि वल्कनीकृत रबर की अधिक।
   3. प्राकृतिक रबर, ईथर, कार्बन टेट्राक्लोराइड, पेट्रोल आदि विलायकों में घुलनशील होता है परन्तु वल्कनीकृत रबर सभी सामान्य विलायकों में घुलनशील नहीं होता।

31.4

1. पॉलीमेथिल मेटाक्राइलेट (PMMA)

2. एथिलीन ग्लाइकोल और टैरिथैलिक अम्ल

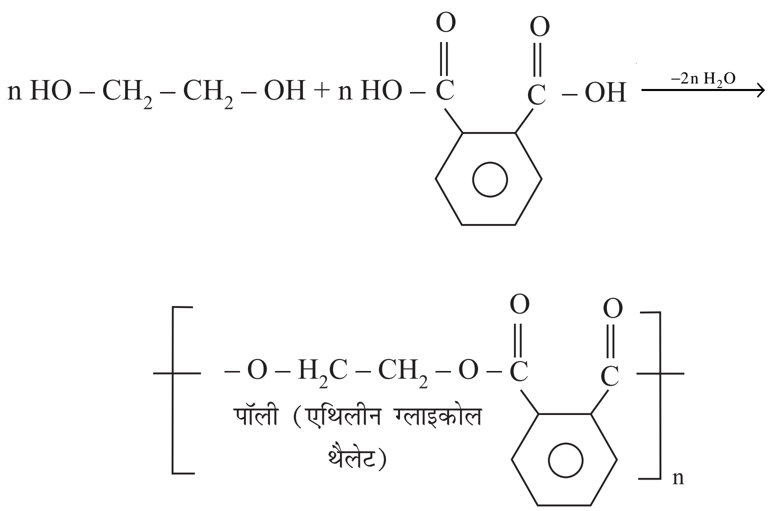
3. नायलॉन–66 दो एकलकों एडिपिक अम्ल और हेक्सामेथिलीन डाइअमीन के बहुलकन से संश्लेषित होता है।

$$n\, H_2N\!\left(CH_2\right)_6 NH_2 + n\, HOOC\!\left(CH_2\right)_4 COOH \xrightarrow[525K]{\Delta}$$

$$\left[-N\!\left(CH_2\right)_6 NH - CO\!\left(CH_2\right)_4 CO \right]_n + 2n\, H_2O$$

नायलॉन – 66

4. (i) ग्लिप्टल



(ii) टेफलॉन

$$n\,CF_2 = CF_2 \xrightarrow[\Delta,\ \text{दाब}]{(NH_4)_2S_2O_8} \longrightarrow \left(- CF_2 - CF_2 - \right)_n$$

33.5

1. PHBV 3-हाइड्रॉक्सी ब्यूटानोइक अम्ल और 3-हाइड्रॉक्सी पेन्टानोइक अम्ल का सहबहुलक है। यह कैप्सूल बनाने के काम आता है। यह प्रकृति में जैवनिम्नीकृत है।
2. न्यूक्लिक अम्ल, प्रोटीन
3. जीवाणुओं द्वारा निम्नीकृत होने वाले बहुलक जैवनिम्नीकृत बहुलक कहलाते हैं, उदाहरणार्थ, PHBV, पॉलीग्लाइकोलिक अम्ल, पॉलीलैक्टिक अम्ल आदि।
4. पॉलीग्लाइकोलिक अम्ल (PGA) और पॉलीलैक्टिक अम्ल (PLA).