15. बहुलक [POLYMER]

❖ **बहुलक या पॉलिमर :** पॉलि : बहु/अनेक मर : लक(अणु) या इकाईयां

❖ **बहुलक :** समान या भिन्न प्रकार की छोटी इकाईयॉ के सहसंयोजक बंधों द्वारा संयाजित होने से बने वृहदाणु, बहुलक है

- **एकलक :** किसी बहुलक की सरल व सबसे छोटी संरचनात्मक इकाई को एकलक कहते है जैसे : पॉलिथीन–ऐथीन
- **बहुलकन :** सरल व कम अणुभार वाली एकलक इकाईयों के संयुक्त होकर बहुलक बनाने की प्रक्रिया, बहुलकन है। उदाहरण : एथीन से पॉलिथीन का बनना , विनाइल क्लोराइड से पॉलिविनाइल क्लोराइड (पीवीसी) का निर्माण

❖ **बहुलकों का वर्गीकरण : (स्त्रोतों के आधार पर)**

1) **प्राकृतिक बहुलक :** प्रकृति में पौधो व जंतुओं से प्राप्त बहुलक जैसे : कपास, सिल्क, उन, रबर, सेल्यूलोज आदि।
2) **अर्द्ध–संश्लेषित बहुलक :** प्राकृतिक बहुलक, जिन्हें रासायनिक क्रिया द्वारा रूपान्तरित कर उपयागी बनाया जाता है। गन कॉटन(सेल्यूलोज नाइट्रेट), वल्कनीकृत रबर, सेल्यूलोज डाई ऐसीटेट, सेलोफेन आदि।
3) **संश्लेषित या कृत्रिम बहुलक :** कृत्रिम एवं मानव निर्मित जैसे : पॉलीथीन, नायलॉन 6,6 पीवीसी, संश्लेषित रबर

❖ **बहुलकन के प्रकार : (1) योगात्मक बहुलकन (2) संघनन बहुलकन**

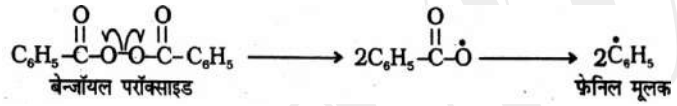
(1) योगात्मक/श्रृंखला वृद्धि बहुलकन :

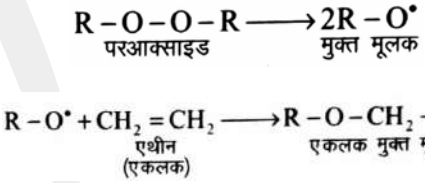
- असंतृप्त एकलक अणु परस्पर योगात्मक अभि0 द्वारा बहुलक बनाते है, इसे योगात्मक बहुलकन कहते है।
- असंतृप्त एकलक अणु जैसे : एल्कीन व इसके व्यूत्पन्न(वाइनील क्लोराइड, एक्रिलोनाइट्राइल, स्टाइरीन)
- योगात्मक बहुलकन क्रियाविधि : 1. मुक्त मूलक नियंत्रित योगज 2. आयनिक योगज

✓ **मुक्त मूलक नियंत्रित योगज :** क्रियाविधि तीन चरणों या पदों में संपन्न होती है

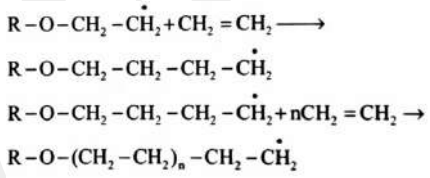
अ) श्रृंखला प्रारंभन पद :

ताप/विकिरण की उपस्थिति में परॉक्साइड या परऑक्सी अम्ल द्वारा अभि0 प्रारंभ होती है एवं मुक्त मूलक बनते है। उदाहरण : एथीन के योगज बहुलकन द्वारा पॉलिथीन का निर्माण





ब) श्रृंखला संचरण पद :



स) श्रृंखला समापन पद :

- युग्मन द्वारा : दो मुक्त मूलकों के परस्पर मिलने से समापन तथा उदासीन अणु बनना।
- असमानुपातन द्वारा : हाइड्रोजन के स्थानान्तरण द्वारा उदासीन अणु बनना ।
- श्रृंखला स्थानान्तरण द्वारा :
- निरोधक द्वारा : जैसे हाइड्रोक्विनोन, नाइट्रोबेंजीन, डाईनाइट्रोबेंजीन आदि निरोधक का उपयोग होता है।

key Note : **समबहुलक** : एक ही प्रकार के एकलकों के योगज बहुलकन से प्राप्त बहुलक जैसे : पॉलिथीन
सहबहुलक : दो भिन्न प्रकार के एकलकों के योगज बहुलकन से प्राप्त बहुलक जैसे : ब्यूना-S

❖ **पॉलीथीन :** एकलक – एथीन, बहुलकन – योगज, बहुलक प्रकार – समबहुलक व ताप सुदृढ
पॉलिथीन के प्रकार : निम्न घनत्व पॉलिथीन तथा उच्च घनत्व पॉलिथीन

निम्न घनत्व पॉलिथीन [LDP]	उच्च घनत्व पॉलिथीन [HDP]
▪ मुक्त मूलक योगात्मक क्रियाविधि द्वारा प्राप्त	▪ जिगलर–नट्टा उत्प्रेरक [$(C_2H_5)_3Al + TiCl_4$] द्वारा प्राप्त
▪ अत्यधिक शाखित संरचना, अक्रिय, अल्प चालकता	▪ रेखिय संरचना, अक्रिय
▪ गलनांक : 110 -125^{0}C	▪ गलनांक : 140 -150^{0}C
▪ अल्प क्रिस्टलीय ठोस	▪ उच्च क्रिस्टलीय ठोस
▪ निम्न तनन सामार्थ्य तथा कठोर परंतु लचिली	▪ उच्च तनन सामार्थ्य तथा अधिक कठोर व दृढ
▪ उपयोग : धातु तार का विद्युतरोधन, पैकिंग थैलियां, पाइप	▪ उपयोग : खिलौने व घरेलू सामान बनाने में ।

PREPARED & EDITED BY BR JANGID LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

❖ **टेफलॉन (पॉलिटेट्राफ्लोरोएथीन)** [PTFE]

$$n\,CF_2=CF_2 \xrightarrow[\text{उच्च दाब}]{\text{उत्प्रेरक}} \left[CF_2-CF_2\right]_n$$

टेट्राफ्लुओरोएथीन — टेफ्लॉन

- एकलक : टेट्राफ्लोरोएथीन
- बहुलक का प्रकार : समबहुलक , बहुलकन : मुक्त मूलक नियंत्रित योगज
- गुण : रेखीय व अति क्रिस्टलीय अक्रिय बहुलक है, जो अम्ल व क्षारों में अविलय, उच्च ताप स्थायी एवं जंगरोधी
- उपयोग : विद्युतरोधी एवं (न चिपकने वाल Non stick cookware) खाना पकाने के उपकरण एवं स्नेहक के रूप में

नोट : 300^0C या अधिक ताप पर टेफलॉन आवरण का क्षरण हो जाता है।

❖ **पॉलिऐक्रिलोनाइट्राइल :** [PAN]

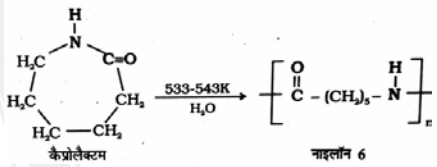
- एकलक : **ऐक्रिलोनाइट्राइल** $n\,CH_2=CH\text{-}CN \xrightarrow{\text{PEROXIDE}} -[-CH_2\text{-}CH\text{-}(CN)\text{-}]-$
- बहुलक का प्रकार : समबहुलक , बहुलकन : मुक्त मूलक नियंत्रित योगज
- गुण : रसायनों, कीटो एवं कवक आदि के प्रति उच्च प्रतिरोधक क्षमता होती है।
- उपयोग : उन के प्रतिस्थापी औद्योगिक रेशे जैसे : ऑरलॉन / ऐक्रिलन का निर्माण

(2) संघनन / पदशः वृद्वि बहुलकन : क्रियात्मक समूह युक्त एक से अधिक एकलकों का संघनन, संघनन बहुलकन है। क्रियात्मक समुहों के संघनन से बने विशिष्ट क्रियात्मक पद की अनेक इकाईयों की वृद्वि, पदशः वृद्वि बहुलकन है।

(क) पॉलीएमाइड : एमीनो अम्लों के संघनन द्वारा ऐमाइड बंध युक्त संश्लेषित बहुलक, नाइलोन कहलाते है।

डाईएमीनों + डाईकार्बोक्सिलिक अम्लों के संघनन द्वारा पॉलीएमाइड(नाइलॉन) का निर्माण

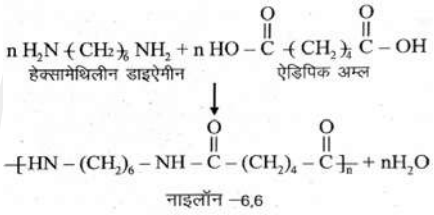
1. नाइलॉन–6



कैप्रोलैक्टम — नाइलॉन 6

- पॉलीएमाइड बहुलक है।
- एकलक : केप्रोलेक्टम
- बहुलकन : ऋणात्मक योगज
- उपयोग : उच्च तनन रेशे, वाहनों के गियर बॉक्स, वाद्यों जैसे गिटार, सितार के तार ,तन्तु आदि

2. नाइलॉन–6,6

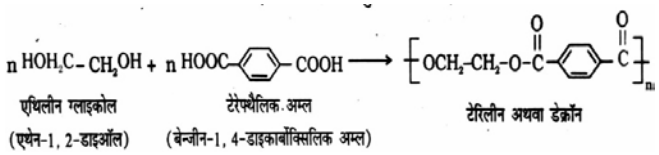


- पॉलीएमाइड बहुलक है।
- एकलक : हेक्सामेथिलीन डाईएमीन तथा ऐडिपीक अम्ल
- उपयोग : उच्च तनन एवं घर्षण रोधी रेशे,टायर,वस्त्र,पैराशूट,रोप

नोट : डाइएमीन तथा द्विकार्बोक्सिलिक अम्ल दोनों में 6, 6 कार्बन होते है अतः इसे नाइलॉन–6,6 कहते है

(ख) पॉलीएस्टर : डाईएल्कोहॉल + डाई कार्बोक्सिलिक अम्लों के संघनन द्वारा पॉलिएस्टर का निर्माण

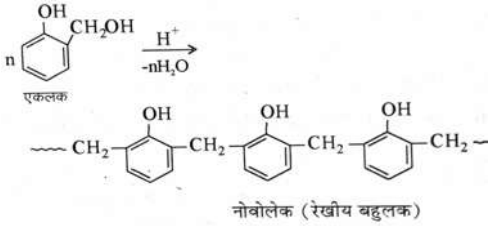
टेरिलिन या पॉलीएथिलीन टरथैलेट [PET]



- ➢ एकलक : टरथैलिक अम्ल तथा एथिलीन ग्लाइकॉल
- ➢ व्यापारिक नाम : टेरिलीन या डेक्रॉन
- ➢ संतृप्त पॉलीएस्टर बहुलक है
- ➢ बहुलक का प्रकार : सहबहुलक
- ➢ उपयोग : वस्त्र उद्योग, बेल्ट, नावों की पाल, रस्सीयां, कृत्रिम रेशे, सुरक्षा शिरस्त्राणों(हेलमेट) बनाने में

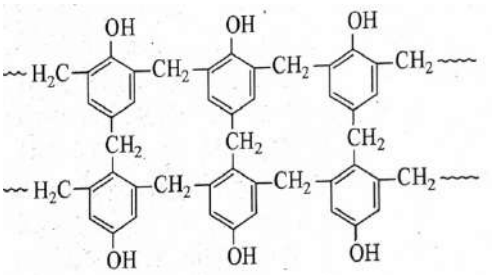
(ग) फिनॉल–फॉर्मेल्डिहाइड बहुलक : बैकेलाइट

- **एकलक** : फीनॉल तथा फार्मेल्डिहाइड के संघनन से बने ऑर्थो व पैरा हाइड्रॉक्सी बेंजील एल्कोहॉल कहलाते है।
- तनु अम्ल की उपस्थिति में ताप सुघट्य रेखीय प्रारंभिक बहुलक प्राप्त होता है इसे नोवोलक कहते है।
- नोवोलक में फॉर्मेल्डिहाइड व फीनॉल का अनुपात एक से न्यून होता है नोवोलेक प्रलेप बनाने में उपयोगी।



PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

- फॉर्मेल्डिहाइड के साथ गर्म करने पर नोवोलेक बहुलक की लंबी श्रृंखलाएं आपस में तिर्यक बंधन से जुडकर त्रिविम जालकनुमा, तापदृढ, तथा दुर्गलनीय ठोस बनाती है इसे बैकेलाइट बहुलक कहते है।
  - o **उपयोग** : ताप व उष्मारोधी उपकरण, विद्युत स्विच, बर्तनों के हत्थे, फोनोग्राफ अभिलेख, रेडियो, कम्प्युटर के केसींग
- क्षार की उपस्थिति में फीनॉल तथा फॉर्मेल्डिहाइड का अनुपात एक से अधिक लेने पर प्राप्त तापदृढ बहुलक रिसॉल **बैकेलाइट** कहलाता है।



बेकेलाइट (तिर्यक बन्ध युक्त बहुलक)

- मेलैमिन–फॉर्मेल्डिहाइड बहुलक : संघनन द्वारा प्राप्त, उपयोग : अभंजनीय बर्तन/क्रोकरी बनाने मे।

❖ **सहबहुलकन :** एक से अधिक प्रकार के एकलकों के मिश्रण का बहुलकन, सहबहुलकन कहलाता है।

$nA + nB \rightarrow -[A\text{-}A\text{-}B\text{-}B\text{-}B\text{-}A\text{-}B\text{-}]_n$ उदाहरण : स्टाइरीन–ब्यूटाडाइईन रबर का बनना योगात्मक सहबहुलीकरण है

ब्यूटा–1,3–डाईईन + स्टाइरीन → ब्यूटाडाईन–स्टाइरीन/ब्यूना-S (सहबहुलक)

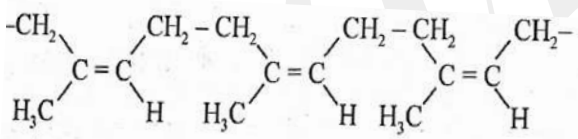
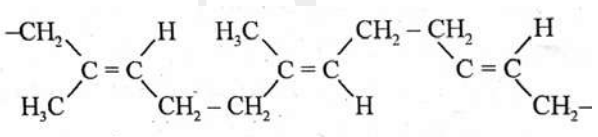
नाइलॉन–6,6 का बनना संघनन सहबहुलकन है जैसे : Hexa methylene diamine + adipic acid → NYLON-6,6

$nHOOC\text{-}(CH_2)_4 - COOH + nH_2N - (CH_2)_6 - NH_2 \rightarrow HO\text{-}[\text{-}CO\text{-}(CH_2)_4 - CONH - (CH_2)_6 - NH\text{-}]_n\text{-}H$

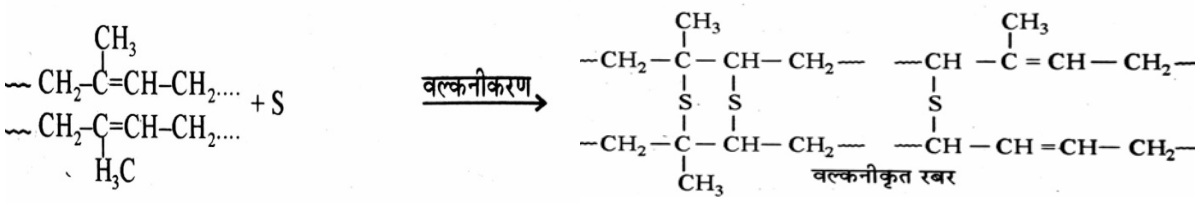
❖ **रबर : प्राकृतिक तथा संश्लेषित रबर**

(अ) प्राकृतिक रबर :

- रबर एक प्राकृतिक बहुलक है इसे प्रत्यास्थ रबर भी कहते है यह रबर वृक्ष(हेविया ब्रेसिलियेन्सिस) से प्राप्त होता है।
- रबर के वृक्ष से प्राप्त दुधिया पदार्थ रबर क्षीर या लेटेक्स कहलाता है।
- प्राकृतिक रबर प्राप्त करना : रबर वृक्ष → लेटेक्स → जल से तनुकरण + ऐसीटिक अम्ल → रबर का स्कदंन/अवक्षेपण → छानकर पृथक्करण → **क्रेप रबर**
- क्रेप रबर : निम्न प्रत्यास्थ, उच्च ताप पर नरम व निम्न ताप पर भंगूर, अध्रुवीय विलायकों में विलेय, इत्यादि।
- **प्राकृतिक रबर का संघटन व संरचना :**
  प्राकृतिक रबर समपक्ष आइसोप्रीन का रैखिक बहुलक है , आइसोप्रीन (2–मेथिल–1,3–ब्यूटाडाइईन)
  आइसोप्रीन एकलकों के 1, 4 योग से दो समावयवी : समपक्ष व विपक्ष रूप प्राप्त होते है।

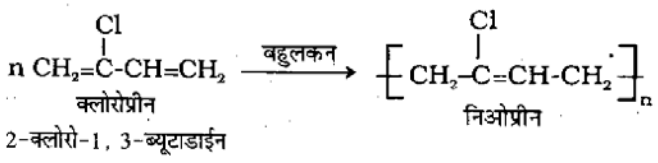
समपक्ष समावयवी : प्राकृतिक रबर	विपक्ष समावयवी : गट्टा पार्चा
 समपक्ष–पॉलीआइसोप्रीन (प्राकृतिक रबर)	 विपक्ष–पॉलीआइसोप्रीन (गट्टापार्चा)

- **रबर का वल्कनीकरण** : प्राकृतिक रबर को गंधक के गर्म कर अधिक उपयोगी बनाना, वल्कनीकरण कहलाता है।



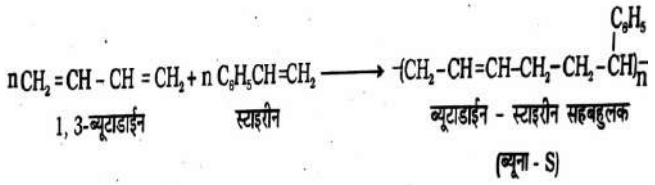
(ब) संश्लेषित रबर : यह मानव निर्मित तथा 1,3–ब्यूटाडाइईन के व्यूत्पन्न होते है।

1. **पॉलि क्लोरोप्रीन या निओप्रीन :**
   - एकलक : क्लोरोप्रीन
   - बहुलकन : मुक्त मूलक योगज बहुलकन
   - उपयोग : वाहनों के बैल्ट, गैसकेट आदि।



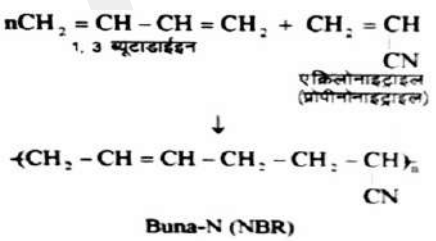
PREPARED & EDITED BY BR JANGID LECTURER [CHEMISTRY] jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690

2. **ब्यूना- S : स्टाइरिन ब्यूटाडाइईन रबर** [SBR]



- एकलक : 1,3–ब्यूटाडाइईन + स्टाइरिन
- बहुलकन : सहबहुलकन
- उपयोग : वाहनों के टायर, जूते आदि।

3. **ब्यूना- N : नाइट्राइल ब्यूटाडाइईन रबर** [NBR]



- एकलक : 1,3–ब्यूटाडाइईन + एक्रिलोनाइट्राइल
- बहुलकन : सहबहुलकन
- गुण : ओजोन अपक्षय, तेलों के प्रति प्रतिरोधी, न्यून घर्षण
- उपयोग : ईंधन संग्राहक टैंक, ऑयल सील, गैसकेट आदि।

4. **एक्रिलोनाइट्राइल–ब्यूटाडाईइन–स्टाइरीन रबर [ABS Rubber]**
   - एकलक : एक्रिलोनाइट्राइल(30%) + ब्यूटाडाईइन(20%) + स्टाइरीन(50%)
   - बहुलकन : सहबहुलकन

❖ **बहुलकों का आण्विक द्रव्यमान : बहुलकन कोटि :** बहुलक में उपस्थित एकलक अणुओं की संख्या, बहुलकन कोटि है।

❖ **जैव निम्नीकृत बहुलक :** ऐसे प्राकृतिक व संश्लेषित बहुलक जो सुक्ष्मजीवों द्वारा अपघटित या निम्नीकृत हो जाते है।

1. **पॉलि हाइड्रॉक्सी ब्यूटिरेट–को β हाइड्रॉक्सी वैलरेट** [PHBV] : यह जीवाण्विक निम्नीकृत, पॉलीएस्टर सहबहुलक है।
   - एकलक : 3–हाइड्रॉक्सी ब्यूटेनॉइक अम्ल तथा 3–हाइड्रॉक्सी पेन्टेनॉइक अम्ल के सहबहुलनक द्वारा
   - उपयोग : विशिष्ट पेकेजिंग, अस्थियों में प्रयुक्त युक्तियों व औषध के नियंत्रित मोचन में उपयोगी
2. **नाइलॉन–2–नाइलॉन–6 :** यह जीवाण्विक निम्नीकृत, एकान्तरित पॉलीएमाइड सहबहुलक है
   - एकलक : ग्लाइसीन तथा ऐमीनो केप्रोइक अम्ल

❖ **औद्योगिक महत्व के बहुलक :**

बहुलक	एकलक	उपयोग
पॉलीप्रोपीलीन[PP]	प्रोपीलीन	रस्सिया,पाइप,खिलौने,रेशे
पॉलीस्टाइरीन[PS]	स्टाइरीन	विद्युतरोधी, खिलौने, टीवी
पॉलीवाइनिल क्लोराइड (पीवीसी)	वाइनिल क्लोराइड	वर्षा उपयोगी वस्त्र, पाइप,
यूरिया–फॉर्मेल्डिहाइड रेजिन	यूरिया तथा फॉर्मेल्डिहाइड	
ग्लिप्टल	एथिलीन ग्लाइकॉल तथा थैलिक अम्ल	
बैकेलाइट	फीनॉल तथा फॉर्मेल्डिहाइड(o & p - हाइड्रॉक्सी बेंजिल एल्कोहॉल)	
ब्यूना - S	1,3 ब्यूटाडाइईन व स्टाइरीन	
ब्यूना - N	1,3 ब्यूटाडाइईन व एक्रिलोनाइट्राइल	
स्टाइरीन ब्यूटाडाइईन(ABS रबर)	एक्रिलोनाइट्राइल + 1,3 ब्यूटाडाइईन + स्टाइरीन	
PHBV	3–हाइड्रॉक्सी ब्यूटेनॉइक अम्ल + 3–हाइड्रॉक्सी पेन्टेनॉइक अम्ल	
निओप्रीन या पॉलीक्लोरोप्रीन	क्लोरोप्रीन (2–क्लोरो–1,3–ब्यूटाडाइईन)	
नाइलॉन–6	केप्रोलेक्टम	
नाइलॉन–6,6	हेक्सामेथिलीन डाईएमीन तथा ऐडिपिक अम्ल	
नाइलॉन–2–नाइलॉन–6	ग्लाइसीन तथा एमीनो केप्रोइक अम्ल	
टेप्लोन	टेट्राप्लोरोएथीन	
पॉलीथीन[PE]	एथीन	
प्राकृतिक रबर	सिस आइसोप्रीन (2–मेथिल–1,3–ब्यूटाडाइईन)	
टेरिलीन या डेक्रॉन	एथीलीन ग्लाइकॉल तथा टरथैलिक अम्ल	
पॉलीऐक्रिलोनाइट्राइल[PAN]	ऐक्रिलोनाइट्राइल	

अतिरिक्त :

नोट : बहुपरिक्षेपण घातांक : [PDI] बहुलक के भार औसत अणुभार तथा संख्या औसत अणुभार का अनुपात, प्रोटीन एक प्राकृतिक बहुलक है यह एकलपरिक्षेपी है अर्थात इसके लिए **PDI** का मान एक (1) होता है। संश्लेषित बहुलक बहुपरिक्षेपी होते है अतः इनके **PDI > 1**

PREPARED & EDITED **BY BR JANGID** LECTURER [CHEMISTRY] ✉ jangid2005@gmail.com ☎ 97850-86690