

एकक

15

बहुलक

उद्देश्य

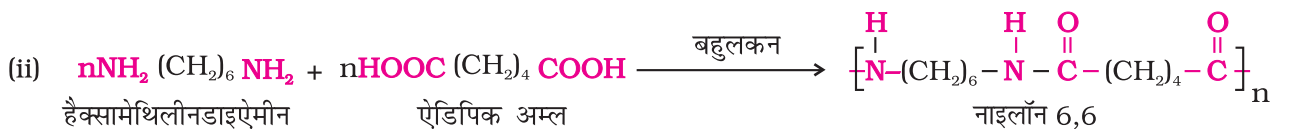
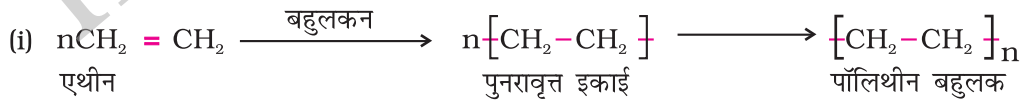
इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप—

- पारिभाषिक शब्दों—एकलक, बहुलक और बहुलकन को समझा सकेंगे तथा उनके महत्त्व को समझेंगे;
- बहुलकों की विभिन्न श्रेणियों के बीच विभेद कर सकेंगे तथा विभिन्न प्रकार के बहुलकन प्रक्रमों में अंतर समझेंगे;
- एकल तथा द्विक्रियात्मक एकलक अणुओं से बहुलक के बनने का महत्त्व समझेंगे;
- कुछ संश्लिष्ट बहुलकों के विरचन और गुणों का वर्णन कर सकेंगे।
- दैनिक जीवन में बहुलकों के महत्त्व को समझ सकेंगे।

पॉलिपेटाइड बनाने में प्रकृति द्वारा सहबहुलकन का उपयोग होता है, जिसमें विभिन्न प्रकार के 20 तक ऐमीनो अम्ल पाए जाते हैं। रसायनज्ञ अब भी इसमें काफ़ी पीछे हैं।

बहुलकों की खोज और उनके विभिन्न अनुप्रयोगों के बिना क्या आप सोच सकते हैं कि दैनिक जीवन आसान और रंगीन हो पाता? बहुलकों का उपयोग प्लास्टिक की बाल्टियों, कपों, तश्तरियों, बच्चों के खिलौनों, पैकेज में प्रयुक्त होने वाले थैलों, संश्लेषित (सिंथेटिक) वस्त्र सामग्रियों, स्वचालित वाहनों के टायरों, गियरों और सीलों, विद्युतरधी पदार्थों और मशीन के कलपुर्जों के औद्योगिक निर्माण ने दैनिक जीवन और साथ ही औद्योगिक जगत में संपूर्ण क्रांति ला दी है। वस्तुतः बहुलक चार मुख्य उद्योगों; जैसे—प्लास्टिक, प्रत्यास्थ बहुलकों, रेशों और प्रलेपों (पेंट्स) व वार्निशों के लिए मुख्य आधार हैं।

‘बहुलक’ (पॉलिमर) शब्द की उत्पत्ति दो ग्रीक शब्दों ‘पॉली’ अर्थात् अनेक और ‘मर’ अर्थात् इकाई अथवा भाग से हुई है। बहुलकों के बहुत बृहत् अणु की तरह परिभाषित किया जा सकता है जिनका द्रव्यमान अतिउच्च (10^3-10^7u) होता है। इन्हें बृहदणु भी कहा जाता है, जो कि पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाइयों के बृहत् पैमाने पर जुड़ने से बनते हैं। पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाइयाँ कुछ सरल और क्रियाशील अणुओं से प्राप्त होती हैं जो एकलक कहलाती हैं। यह इकाइयाँ एक-दूसरे के साथ सहसंयोजक बंधों द्वारा जुड़ी होती हैं। बहुलकों के संबंधित एकलकों से विरचन के प्रक्रम को बहुलकन कहते हैं। एथीन का पॉलिथीन में रूपांतरण और हैक्सामेथिलीनडाइऐमीन तथा ऐडिपिक अम्ल की अन्योन्यक्रिया से नाइलॉन 6,6 का विरचन दो विभिन्न प्रकार की बहुलकन अभिक्रियाओं के उदाहरण हैं।



15.1 बहुलकों का वर्गीकरण

विशिष्ट महत्त्वों के आधार पर बहुलकों को कई प्रकार से वर्गीकृत कर सकते हैं। बहुलकों के कुछ सामान्य वर्गीकरण निम्नलिखित हैं—

15.1.1 स्रोत पर आधारित वर्गीकरण

इस प्रकार के वर्गीकरण में तीन उपसंवर्ग हैं।

1. प्राकृतिक बहुलक

यह बहुलक पादपों तथा जंतुओं में पाए जाते हैं। उदाहरण के लिए प्रोटीन, सेलुलोस, स्टार्च, रेज़िन और रबर।

2. अर्ध-संश्लेषित बहुलक

सेलुलोस व्युत्पन्न जैसे सेलुलोस ऐसीटेट (रेयॉन) और सेलुलोस नाइट्रेट आदि इस उपसंवर्ग के साधारण उदाहरण हैं।

3. संश्लेषित बहुलक

विभिन्न प्रकार के संश्लेषित बहुलक जैसे प्लास्टिक (पॉलिथीन), संश्लेषित रेश (नाइलॉन 6,6) और संश्लेषित रबर (ब्यूना-S) मानवनिर्मित बहुलकों के उदाहरण हैं, जो विस्तृत रूप से दैनिक जीवन एवं उद्योगों में प्रयुक्त होते हैं।

15.1.2 संरचना पर आधारित बहुलकों का वर्गीकरण

संरचना के आधार पर बहुलक तीन विभिन्न प्रकार के होते हैं।

1. रैखिक बहुलक

इन बहुलकों में लंबी और रेखीय शृंखलाएं होती हैं। उच्च घनत्व पॉलिथीन, पॉलीवाइनिल क्लोराइड आदि इसके उदाहरण हैं। इन्हें निम्नानुसार निरूपित करते हैं—



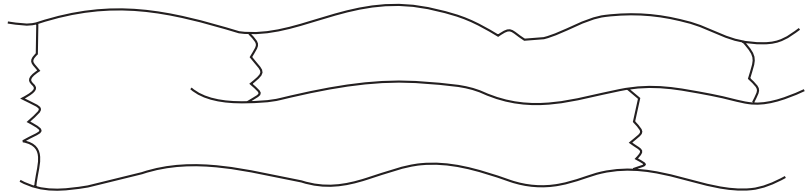
2. शाखित शृंखला बहुलक

इन बहुलकों में रेखीय शृंखलाओं में कुछ शाखाएं होती हैं। उदाहरण – निम्न घनत्व पॉलिथीन। इन्हें निम्न प्रकार से चित्रित करते हैं—



3. तिर्यकबंधित अथवा जालक्रम बहुलक

यह साधारणतः द्विक्रियात्मक और त्रिक्रियात्मक समूहों वाले एकलकों से बनते हैं तथा विभिन्न रेखीय बहुलक शृंखलाओं के बीच प्रबल सहसंयोजक बंध होते हैं। उदाहरणार्थ— बैकालाइट, मेलैमीन आदि। इन बहुलकों को व्यवस्थात्मक रूप में निम्न प्रकार से प्रदर्शित करते हैं—

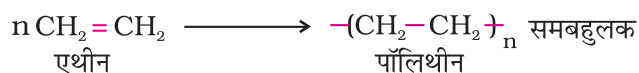


15.1.3 बहुलकन के प्रकार के अनुसार वर्गीकरण

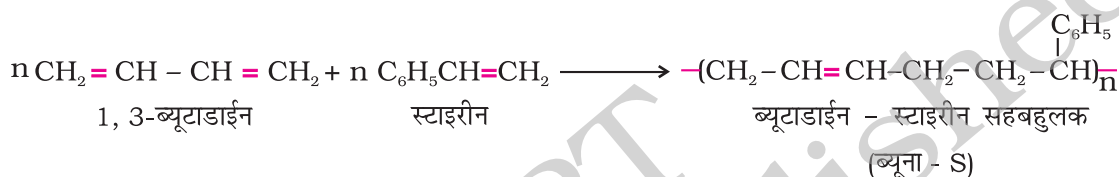
बहुलकों को बहुलकन की विधि के आधार पर भी दो उपसमूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

1. योगज बहुलक

योगज बहुलक द्वि अथवा त्रि-आबंध युक्त एकलक अणुओं के पुनरावृत्त योग से बनते हैं, उदाहरणार्थ—एथीन से पॉलिथीन और प्रोपीन से पॉलिप्रोपीन का विरचन। एक ही प्रकार की एकलक स्पीशीज के बहुलकन से बनने वाले योगज बहुलकों को **समबहुलक** कहा जाता है, उदाहरण—पॉलिथीन;

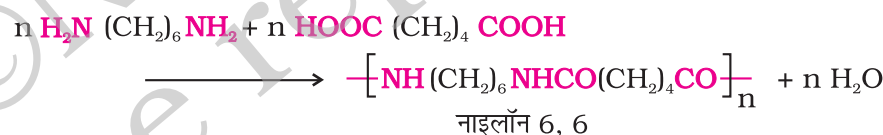


और दो भिन्न प्रकार के एकलकों के योगात्मक बहुलकन से बनने वाले बहुलकों को **सहबहुलक** कहा जाता है, उदाहरण - ब्यूना-S, ब्यूना-N आदि



2. संघनन बहुलक

संघनन बहुलक दो भिन्न द्विक्रियात्मक अथवा त्रिक्रियात्मक एकलक इकाइयों के बीच पुनरावृत्त संघनन अभिक्रिया द्वारा बनते हैं। इन बहुलकन अभिक्रियाओं में लघु अणुओं जैसे जल, ऐल्कोहॉल, हाइड्रोजन क्लोराइड आदि का निराकरण होता है। इसके उदाहरण हैं—टैरिलीन (डेक्रॉन), नाइलॉन-6,6, नाइलॉन 6 आदि। उदाहरण के लिए हैक्सामेथिलीन-डाइऐमीन और ऐडिपिक अम्ल के एक साथ संघनन द्वारा नाइलॉन-6,6 का विरचन होता है।



उदाहरण 15.1

$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5) -$ एक समबहुलक है या सहबहुलक?

हल

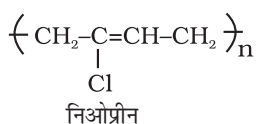
यह एक समबहुलक है और जिससे यह प्राप्त होता है वह एकलक स्टाइरीन, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$ है।

15.1.4 आप्णिक बलों के आधार पर वर्गीकरण

विभिन्न क्षेत्रों में बहुलकों के अनेक अनुप्रयोग उनके यांत्रिक गुणों जैसे तनन सामर्थ्य, प्रत्यास्थता, चर्मलता आदि पर निर्भर करते हैं। यह यांत्रिक गुण अंतराआण्विक बलों द्वारा नियंत्रित होते हैं, उदाहरणार्थ— बहुलक में उपस्थित वान्डरवाल्स बल और हाइड्रोजन बंध। यह बल बहुलक शृंखलाओं को भी बंधित करते हैं। इस संवर्ग के बहुलकों को उनमें उपस्थित अंतराआण्विक बलों के परिमाण के आधार पर निम्न चार उपसमूहों में वर्गीकृत किया जाता है—

1. प्रत्यास्थ बहुलक

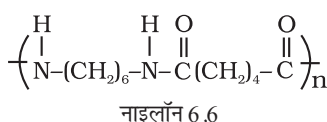
यह प्रत्यास्थ गुण युक्त रबर के समान ठोस होते हैं। इन प्रत्यास्थ बहुलकों में बहुलक



की शृंखलाएं आपस में दुर्बल अंतराआण्विक बलों द्वारा जुड़ी रहती हैं। यह दुर्बल बंधन बल बहुलक को तानित होने देते हैं। शृंखलाओं के बीच कुछ 'तिर्यकबंध' भी होते हैं जो इस बल के निर्मुक्त होने के बाद बहुलक को संकर्षण कर प्रारंभिक स्थान पर लाने में सहायक होते हैं जैसा वल्कनीकृत रबर में होता है। ब्यूना-S, ब्यूना-N और निओप्रिन आदि इसके उदाहरण हैं।

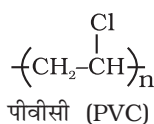
2. रेशे

रेशे एक प्रकार से धागे बनाने वाले ठोस हैं जिनकी तनन सामर्थ्य और मापांक उच्च होते हैं। इन अभिलक्षणों का संबंध प्रबल अंतराआण्विक बलों जैसे हाइड्रोजन बंध से है। इन प्रबल बलों के कारण शृंखलाएं निविड संकुलित हो जाती हैं और इस प्रकार से क्रिस्टलीय प्रकृति प्रदान करती हैं। पॉलीएमाइड (नाइलॉन 6,6), पॉलीएस्टर (टैरीलीन) आदि इनके उदाहरण हैं।



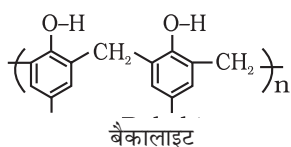
3. तापसुघट्य बहुलक

यह रेखीय अथवा किंचित शाखित लंबी शृंखला के अणु होते हैं जो बार-बार गरम करने से मृदुल और ठंडा करने से कठोर हो सकने में समर्थ हैं। इन बहुलकों के अंतराआण्विक आकर्षण बल प्रत्यास्थ बहुलकों और रेशों के मध्यवर्ती होते हैं। पॉलिथिन, पॉलिस्टाइरीन, पॉलिवाइनिल आदि कुछ सामान्य तापसुघट्य हैं।



4. तापवृद्ध बहुलक

यह बहुलक तिर्यक बद्ध अथवा अत्यधिक शाखित अणु होते हैं जो साँचों में तापन से विस्तीर्ण तिर्यकबंध हो जाते हैं और दोबारा दुर्गलनीय बन जाते हैं। इनका दोबारा उपयोग नहीं किया जा सकता। कुछ सामान्य उदाहरण, बैकालाइट, यूरिया-फॉर्मल्डीहाइड रेजिन आदि हैं।



15.1.5 वृद्धि बहुलकन के आधार पर वर्गीकरण

आजकल योगज और संघनन बहुलकों को उनके विरचन में बहुलकन क्रियाविधि के प्रकार के आधार पर शृंखला वृद्धि बहुलक और पद वृद्धि बहुलक भी कहा जाता है।

पाठ्यनिहित प्रश्न

15.1 बहुलक क्या होते हैं?

15.2 संरचना के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण कैसे किया जाता है?

15.2 बहुलकन के प्रकार

दो प्रमुख प्रकार की बहुलकन अभिक्रियाएं हैं यानी कि योगज अथवा शृंखला वृद्धि बहुलकन और संघनन अथवा पदशः वृद्धि बहुलकन।

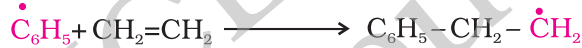
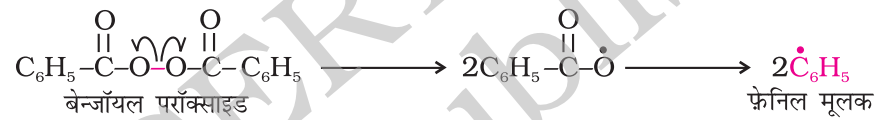
15.2.1 योगात्मक बहुलकन अथवा शृंखला वृद्धि बहुलकन

इस प्रकार के बहुलकन में बहुलक एक ही प्रकार के एकलक अथवा भिन्न एकलकों के अणुओं के परस्पर योग से मिलकर बनते हैं। प्रयुक्त होने वाले एकलक असंतृप्त यौगिक होते हैं, जैसे— ऐल्कीन, ऐल्केडाइईन और उनके व्युत्पन्न। बहुलकन की इस विधि में शृंखला की लंबाई बढ़ना अथवा शृंखला वृद्धि किसी मुक्त मूलक अथवा आयनिक स्पीशीज के बनने से होती है। तथापि, मुक्त मूलक नियंत्रित योगज अथवा शृंखला वृद्धि बहुलकन सबसे सामान्य विधि है।

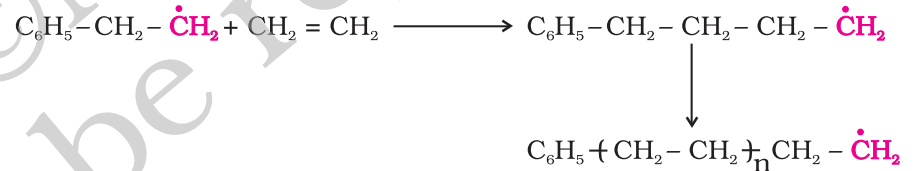
1. मुक्त मूलक क्रियाविधि

विभिन्न प्रकार की ऐल्कीन अथवा डाइईन और उनके व्युत्पन्नों का बहुलकन मुक्त मूलक जनक जैसे बेन्ज़ॉयल परॉक्साइड, ऐसीटिल परॉक्साइड, तृतीयक-ब्यूटिल परॉक्साइड आदि प्रारंभक (उत्प्रेरक) की उपस्थिति में होते हैं। उदाहरण के लिए, एथीन का पॉलिथीन में बहुलकन, तापन अथवा बेन्ज़ॉयल परॉक्साइड प्रारंभक की अल्प मात्रा के साथ मिश्रण को प्रकाश में खुला छोड़ने पर होता है। प्रक्रिया परॉक्साइड द्वारा बनने वाले फ्रेनिल मुक्त मूलक के एथीन द्विक-आबंध पर योग से प्रारंभ होती है एवं इस प्रकार एक नया और अधिक बड़ा मुक्त मूलक जनित होता है। इस चरण को **शृंखला प्रारंभन पद** कहते हैं। जब यह मूलक एथीन के दूसरे अणु के साथ अभिक्रिया करता है तब दूसरा और अधिक बड़े आकार का मूलक बनता है। नए और अधिक बड़े मूलकों द्वारा इस अनुक्रम की पुनरावृत्ति अभिक्रिया को अग्र दिशा में ले जाती हैं और इस चरण को **शृंखला संचरण पद** कहते हैं। अंतिम रूप से किसी अवस्था पर इस प्रकार बनने वाला उत्पाद मूलक किसी अन्य मूलक के साथ अभिक्रिया द्वारा बहुलकित उत्पाद बनाता है। इस चरण को **शृंखला समापन पद** कहते हैं। चरणों के अनुक्रम को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है—

शृंखला प्रारंभक पद

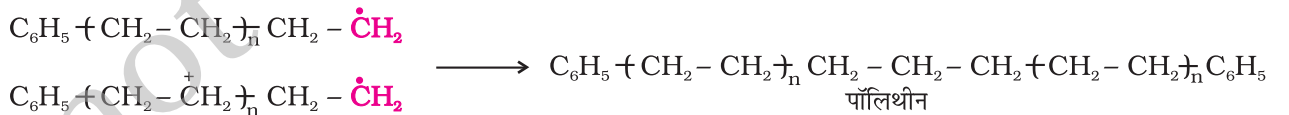


शृंखला संचरण पद



शृंखला समापन पद

दीर्घ शृंखला के समापन के लिए ये मुक्त मूलक विभिन्न प्रकार से संयोजित होकर पॉलिथीन बनाते हैं। शृंखला समापन की एक विधि नीचे दिखाई गई है—



2. कुछ महत्वपूर्ण योगज बहुलकों का विरचन

(क) पॉलिथीन

पॉलिथीन दो प्रकार की होती है जैसा कि नीचे दिया गया है।

- (i) **अल्प घनत्व पॉलिथीन** - इसे 1000 से 2000 तक उच्च वायुमंडलीय दाब और 350 से 570 K ताप पर डाइऑक्सीजन अथवा परॉक्साइड प्रारंभक (उत्प्रेरक) की लेशमात्र उपस्थिति में एथीन के बहुलकन द्वारा प्राप्त किया

जाता है। मुक्त मूलक योगज और H-परमाणु अपाहरण से प्राप्त अल्प घनत्व पॉलिथीन (LDP) की संरचना अत्यधिक शाखित होती है।

अल्प घनत्व पॉलिथीन रसायनतः अक्रिय और कठोर परंतु लचीली और विद्युत की अल्प चालक होती है। अतः इसका उपयोग विद्युत वाहक तारों के विद्युतरोधन और निष्पीडन बोतलों, खिलौनों और लचीले पाइपों के निर्माण के लिए किया जाता है।

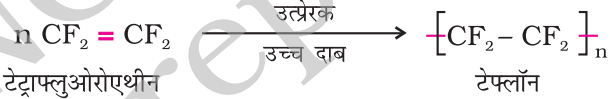
- (ii) **उच्च घनत्व पॉलिथीन** - यह एथीन के किसी हाइड्रोकार्बन विलायक में ट्राईएथिलएलुमिनियम और टाइटेनियम टेट्राक्लोराइड (त्सीग्लर-नट्टा उत्प्रेरक) जैसे उत्प्रेरकों की उपस्थिति में, 333 K से 343 K ताप और 6-7 वायुमंडलीय दाब पर बहुलकन करने से प्राप्त होती है। इस प्रकार निर्मित उच्च घनत्व पॉलिथीन (HDP) में रेखीय अणु होते हैं तथा इसका घनत्व निविडसंकुलन के कारण उच्च होता है। यह भी रासायनिक रूप से अक्रिय अधिक कठोर और दृढ़ होती है। यह बाल्टियों, कूड़ादानों, बोतलों, पाइपों आदि के निर्माण में प्रयुक्त होती है।

इम्पेरिया के जी. नट्टा और जर्मनी के कार्ल त्सीग्लर ने 1963 में त्सीग्लर-नट्टा उत्प्रेरक विकसित करने के लिए नोबेल पुरस्कार प्राप्त किया

(ख) पॉलिटेट्राफ्लुओरोएथीन (टेफलॉन)

टेफलॉन, टेट्राफ्लुओरोएथीन को मुक्त मूलक अथवा परसल्फेट उत्प्रेरक के साथ उच्च दाब पर गर्म करके उत्पादित की जाती है। यह रासायनिक रूप से अक्रिय और संक्षारक अभिकर्मकों द्वारा आक्रमण के प्रति प्रतिरोधी है। इसको तेल सीलों और गैस्केटों को बनाने में और न चिपकने वाली (नॉन-स्टिक) सतह से लेपित बरतनों में उपयोग किया जाता है।

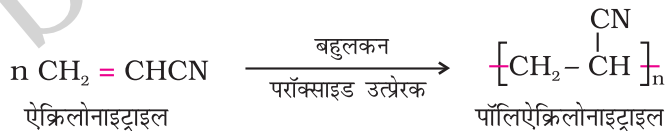
टेफलॉन आवरण का 300 C या अधिक ताप पर क्षरण हो जाता है।



(ग) पॉलिएक्रिलोनाइट्राइल

एक्रिलोनाइट्राइल के परॉक्साइड उत्प्रेरक की उपस्थिति में योगज बहुलकन से पॉलिएक्रिलोनाइट्राइल बनता है।

एक्रिलिक रेशे धब्बों, रसायनों, कीटों एवं कवक के प्रति अच्छी प्रतिरोधक हैं।



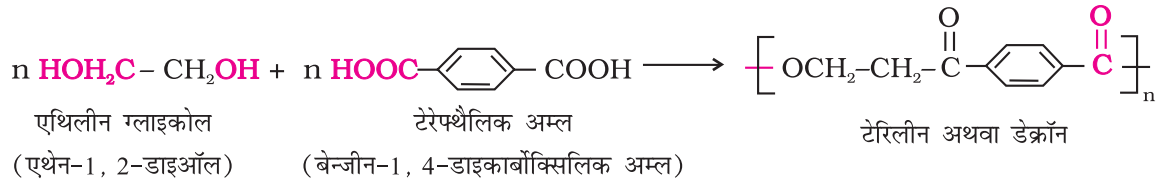
पॉलिएक्रिलोनाइट्राइल का उपयोग ऊन के प्रतिस्थापी के रूप में औद्योगिक रेशे जैसे ऑरलॉन अथवा ऐक्रिलन बनाने में किया जाता है।

15.2.2 संघनन बहुलकन अथवा पदशः वृद्धि बहुलकन

इस प्रकार के बहुलकन में सामान्यतः दो द्विक्रियात्मक एकलकों की पुनरावृत्त संघनन अभिक्रिया होती है। इन बहुसंघनन अभिक्रियाओं के परिणामस्वरूप सरल अणुओं— जैसे जल, ऐल्कोहॉल आदि जैसे सरल अणुओं का हास हो सकता है और उच्च आप्णिक द्रव्यमान वाले संघनन बहुलक बनते हैं।

इन अभिक्रियाओं में प्रत्येक पद का उत्पाद भी एक द्विक्रियात्मक स्पीशीज़ होती है और संघनन का अनुक्रम चलता रहता है। चूँकि, प्रत्येक पद में एक भिन्न प्रकार्यात्मक समूह युक्त स्पीशीज़ निर्मित होती है और यह एक दूसरे पर निर्भर नहीं करते अतः इस प्रक्रिया को पदशः वृद्धि बहुलकन भी कहा जाता है।

एथिलीन ग्लाइकोल और टेरैफ्थैलिक अम्ल की अन्योन्यक्रिया से टेरिलीन अथवा डेक्रॉन का बनना इस प्रकार के बहुलकन का एक उदाहरण है।



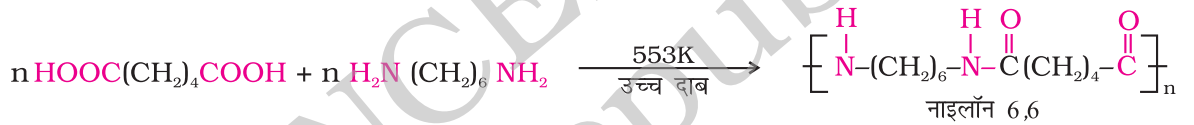
कुछ महत्वपूर्ण संघनन बहुलकन अभिक्रियाओं का वर्णन नीचे दिया गया है, जो उपस्थित बंधक इकाइयों द्वारा अभिलक्षणीत होती हैं—

1. पॉलिएमाइड

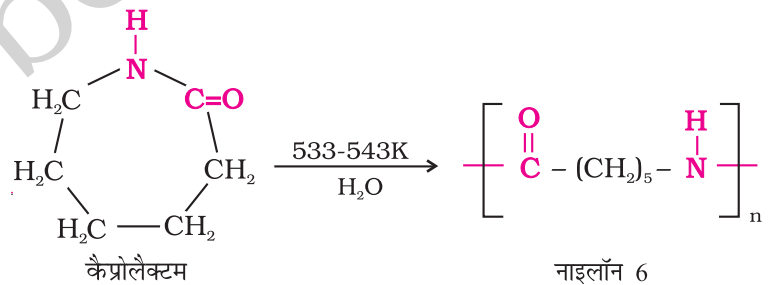
एमाइड बंध युक्त बहुलक संश्लिष्ट रेशो के महत्वपूर्ण उदाहरण हैं, इन्हें नाइलॉन कहा जाता है। इनके विरचन की सामान्य विधि में डाइऐमीनों का डाइकार्बोक्सिलिक अम्लों के साथ तथा ऐमीनो अम्लों और उनके लैक्टमों का भी संघनन बहुलकन होता है।

नाइलॉनों का विरचन

(i) **नाइलॉन 6,6** - इसका विरचन हैक्सामेथिलीनडाइऐमीन एवं ऐडिपिक अम्ल के उच्च दाब और उच्च ताप पर संघनन द्वारा किया जाता है। नाइलॉन 6,6 का उपयोग शीटों, ब्रशों के शूकों (bristles) और वस्त्र उद्योग में किया जाता है।



(ii) **नाइलॉन 6** - यह कैप्रोलैक्टम को जल के साथ उच्च ताप पर गरम करके प्राप्त किया जाता है। नाइलॉन 6 का उपयोग टायर की डोरियों, वस्त्रों और रस्सियों के निर्माण में किया जाता है।



2. पॉलिएस्टर

यह द्विकारबोक्सिलिक अम्लों और डाइऑल के बहुसंघनन उत्पाद हैं। पॉलिएस्टर का सर्वज्ञात उदाहरण डेक्रॉन अथवा टेरिलीन हैं। यह एथिलीन ग्लाइकोल और टेरैफ्थैलिक अम्ल के मिश्रण को 420 K से 460 K ताप तक जिंक ऐसीटेट-एन्टिमनी ट्राइऑक्साइड उत्प्रेरक की उपस्थिति में गरम करने पर, पहले दी गई अभिक्रिया की तरह ही निर्मित होता है।

