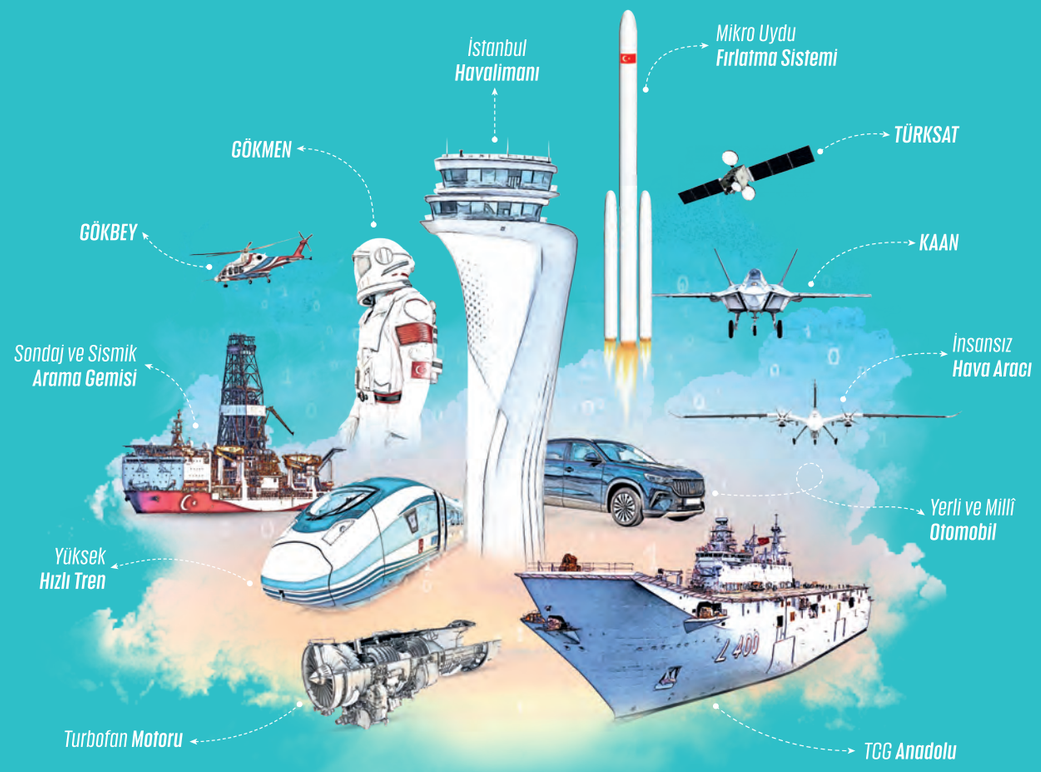
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6939-6

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

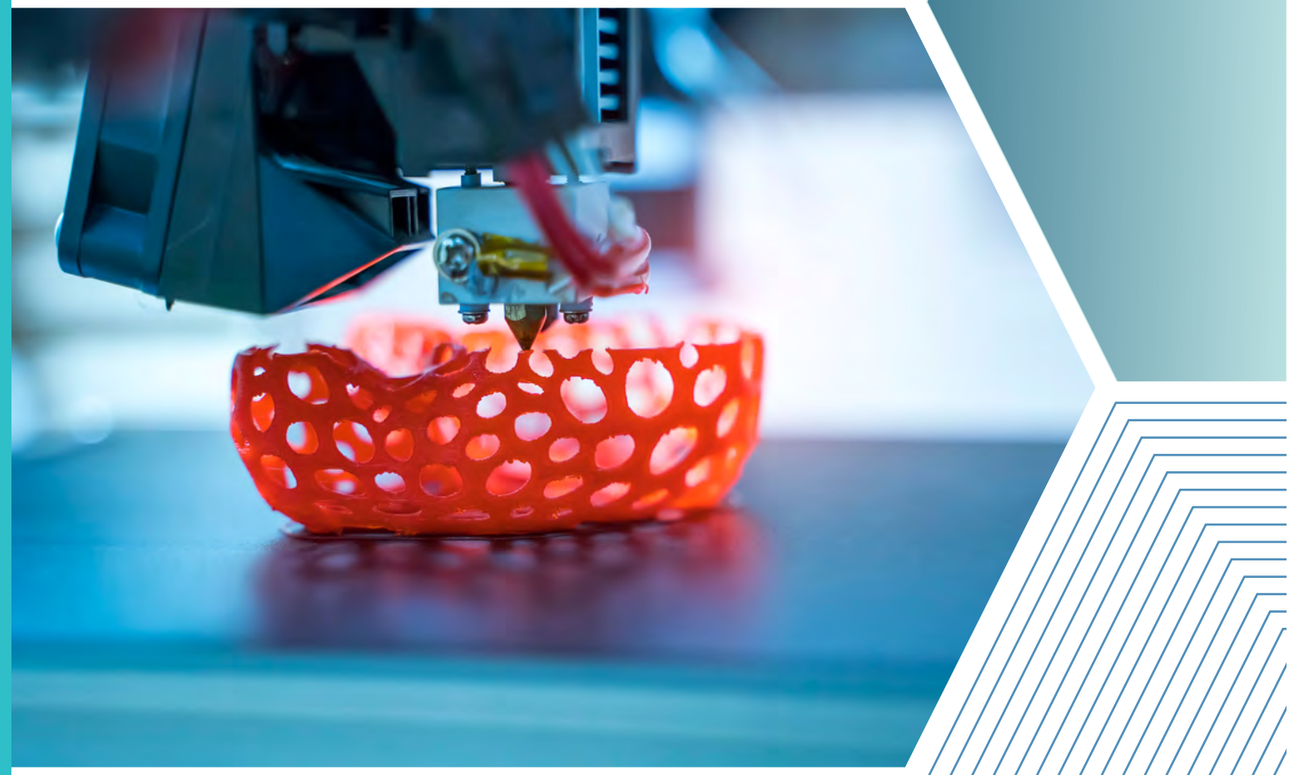
MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

POLİMER KİMYA

11-12

DERS MATERYALİ



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

POLİMER KİMYA

11-12

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Emral EVREN
Hakan ÖZDEMİR
Levent GÜZEL
Mehmet İlhami ATAMAN

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 8635
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 2527

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Editör
Prof. Dr. Memduh Sami TANER

Dil Uzmanı
Hüseyin KAPSON

Program Geliştirme Uzmanı
Erkan AKGÜN

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Fatma YILMAZ

Rehberlik Uzmanı
Cemal KOÇ

Görsel Tasarım Uzmanı
Asiye Canan KELEŞ
Burcu ÖZTÜRK

ISBN: 978-975-11-6939-6

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

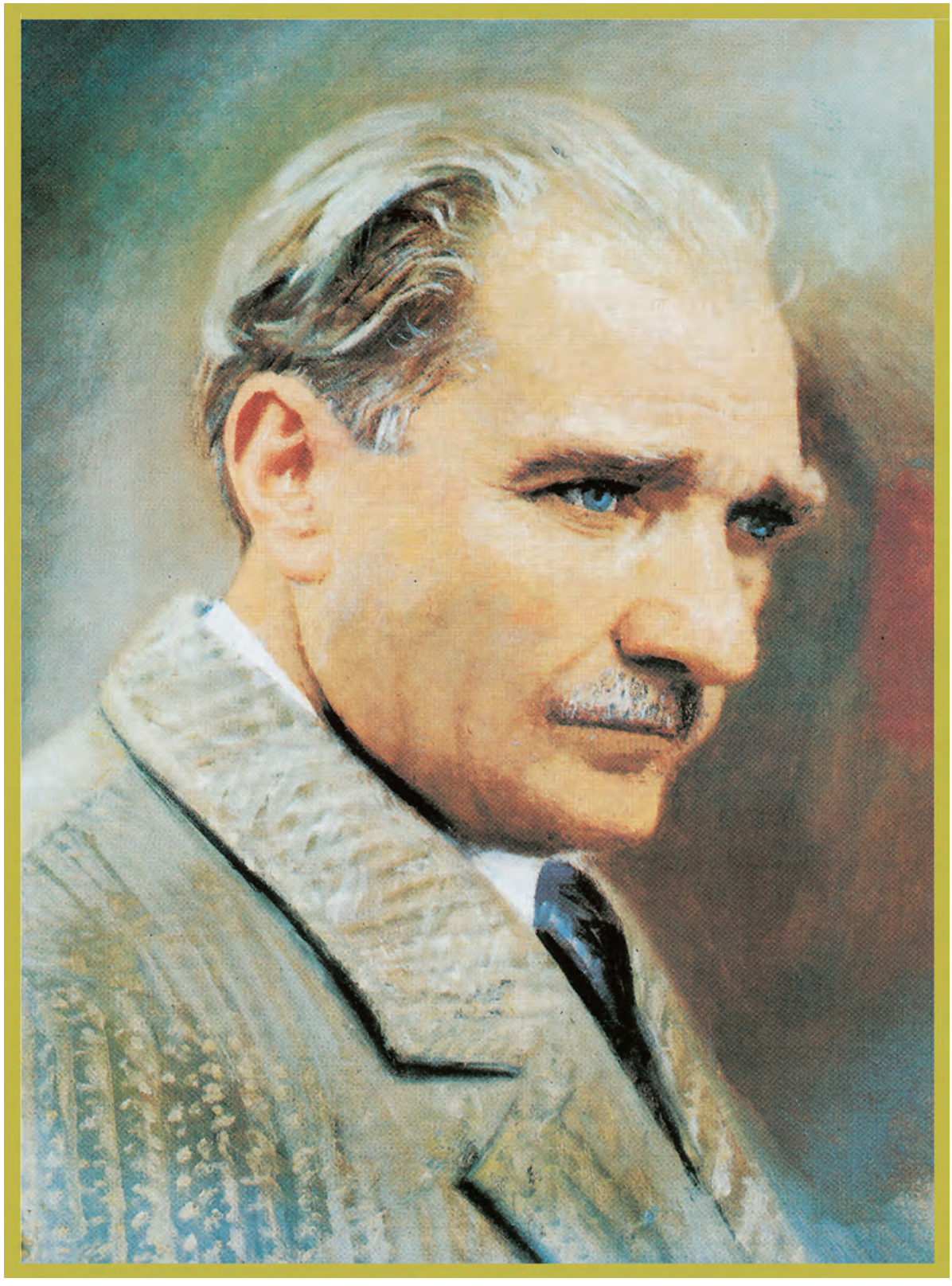
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

DERS MATERYALİNİN TANITIMI....10

1

1. ÖĞRENME BİRİMİ: POLİMER VE ÖZELLİKLERİ....12
1.1. POLİMERLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ....14
1.1.1. Polimerlerde Molekül Ağırlığı....16
1.1.2. Polimer Ham Maddeleri....17
1.1.3. Polimerlerin Adlandırılması....17
1.2. POLİMERLERİN TERMAL ÖZELLİKLERİ....20
1.2.1. Polimerlerde Camsı Geçiş Sıcaklığını Belirleme Yöntemleri....21
1.2.2. Camsı Geçiş Sıcaklığını Etkileyen Faktörler....22
1.3. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ....23
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....28
1. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....30

2

2. ÖĞRENME BİRİMİ: POLİMERLERİN SINIFLANDIRILMASI....32
2.1. POLİMERLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI....34
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....36
2.2. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI....39
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....42
2. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....44

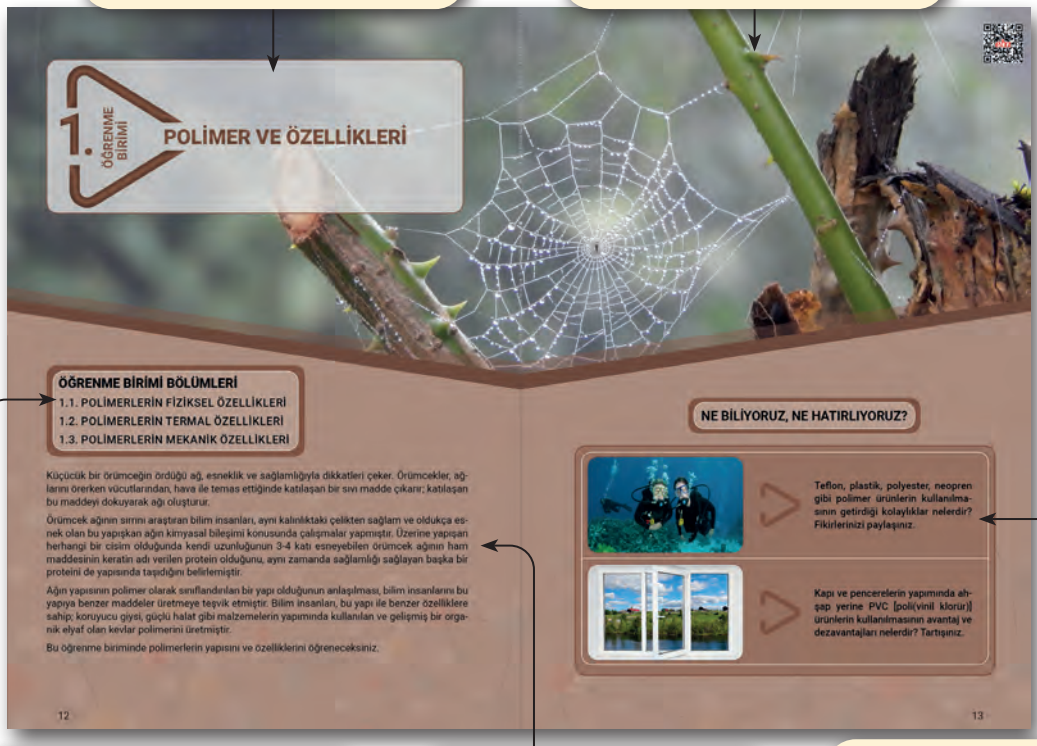
3

3. POLİMER ELDESİ....46
3.1. KATILMA POLİMERİZASYONU....48
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....52
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....53
3.2. KONDENZASYON POLİMERİZASYONU....54
3.2.1. Katılma ve Kondenzasyon Polimerizasyonlarının Kıyaslanması....57
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....58
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....59
3.2.2. Polimerizasyon Yöntemleri....61
3. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....66

KAYNAKÇA....68
CEVAP ANAHTARLARI....68

Öğrenme biriminin adını ve numarasını gösterir.

Öğrenme birimine giriş görselini gösterir.



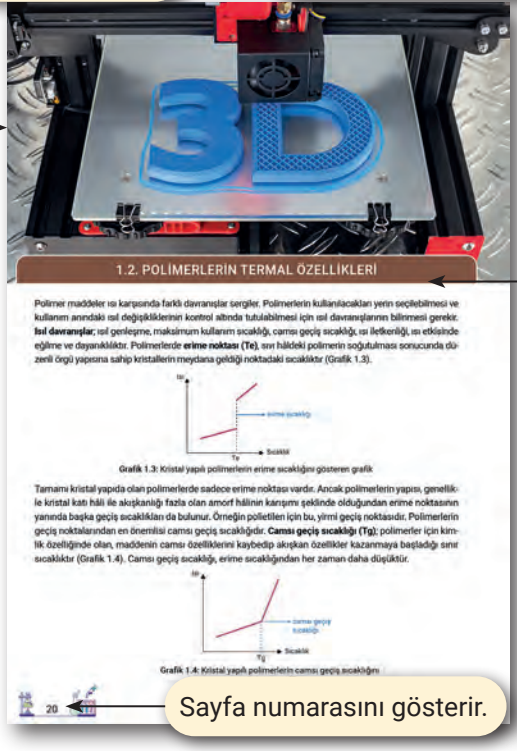
Öğrenme biriminde öğrenilecek konuları gösterir.

Öğrenme birimi tanıtım yazısını gösterir.

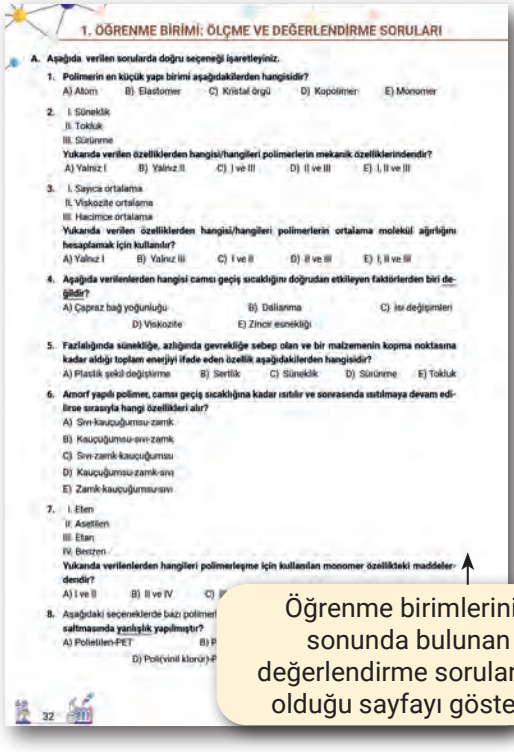
Öğrenme birimi hazırlık sorularını ve bunlara ait görselleri gösterir.

Bölüm görselini gösterir.

Bölüm adını ve numarasını gösterir.



Sayfa numarasını gösterir.

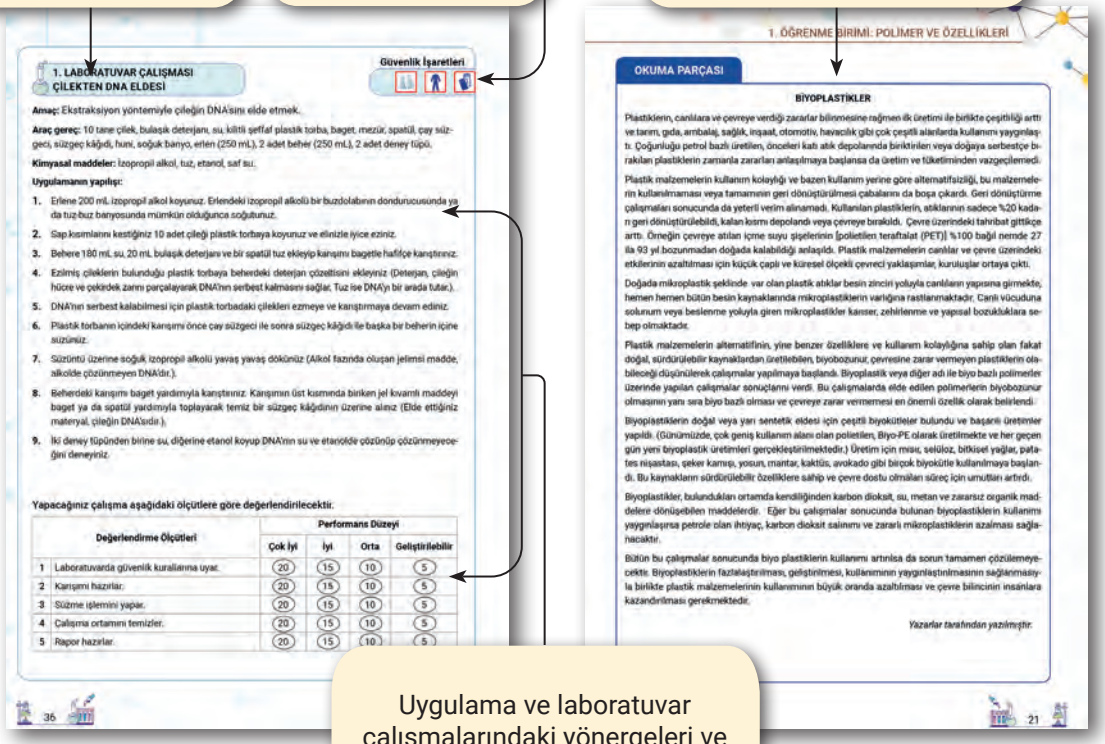


Öğrenme birimlerinin sonunda bulunan değerlendirme sorularının olduğu sayfayı gösterir.

Uygulama ve laboratuvar çalışmalarının adını gösterir.

Güvenlik işaretlerini gösterir.

Ufku geliştirmek ve ilgi çekmek için hazırlanmış kısmı gösterir.



1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇİLEKTEN DNA ELDESİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Ekstraksiyon yöntemiyle çileğin DNA'sını elde etmek.

Araç gereç: 10 tane çilek, bulaşık deterjanı, su, kilitli şeffaf plastik torba, baget, mezür, spatül, çay süzgeci, süzgeç kâğıdı, huni, soğuk banyo, erlen (250 mL), 2 adet beher (250 mL), 2 adet deney tüpü.

Kimyasal maddeler: İzopropil alkol, tuz, etanol, saf su.

Uygulamanın yapılışı:

1. Erlene 200 mL izopropil alkol koyunuz. Erlendeki izopropil alkolü bir buzdolabının dondurucusunda ya da tuz-buz banyosunda mümkün olduğunca soğutunuz.
2. Sap kısımlarını kestiğiniz 10 adet çileği plastik torbaya koyunuz ve elinizle iyice eziniz.
3. Behere 180 mL su, 20 mL bulaşık deterjanı ve bir spatül tuz ekleyip karışımı bagetle hafifçe karıştırınız.
4. Ezilmiş çeklerin bulunduğu plastik torbaya behердeki deterjan çözeltisini ekleyiniz. (Deterjan, çileğin hücre ve çekirdek zarını parçalayarak DNA'nın serbest kalmasını sağlar. Tuz ise DNA'yı bir arada tutar.).
5. DNA'nın serbest kalabilmesi için plastik torbadaki çilekleri ezmeye ve karıştırmaya devam ediniz.
6. Plastik torbanın içindeki karışımı önce çay süzgeci ile sonra süzgeç kâğıdı ile başka bir beherin içine süzünüz.
7. Süzüntü üzerine soğuk izopropil alkolü yavaş yavaş dökünüz (Alkol fazında oluşan jelimsi madde, alkolde çözünmeyen DNA'dır.).
8. Behердeki karışımı baget yardımıyla karıştırınız. Karışımın üst kısmında biriken jel kıvamlı maddeyi baget ya da spatül yardımıyla toplayarak temiz bir süzgeç kâğıdının üzerine alınız (Elde ettiğiniz materyal, çileğin DNA'sıdır.).
9. İki deney tüpünden birine su, diğerine etanol koyup DNA'nın su ve etanolde çözünüp çözünmeyeceğini deneyiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karışımı hazırlar.	20	15	10	5
3	Süzme işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

36

1. ÖĞRENME BİRİMİ: POLİMER VE ÖZELLİKLERİ

OKUMA PARÇASI

BİYOPLASTİKLER

Plastiklerin, canlılara ve çevreye verdiği zararlar bilinmesine rağmen ilk üretimi ile birlikte çeşitliliği arttı ve tarım, gıda, ambalaj, sağlık, inşaat, otomotiv, havacılık gibi çok çeşitli alanlarda kullanımı yaygınlaştı. Çoğunluğu petrol bazlı üretilen, önceleri katı atık depolarında biriktirilen veya doğaya serbestçe bırakılan plastiklerin zararlarla zararları anlaşılmaya başlansa da üretim ve tüketiminden vazgeçilemedi.

Plastik malzemelerin kullanım kolaylığı ve bazen kullanım yerine göre alternatifsizliği, bu malzemelerin kullanılmaması veya tamamının geri dönüştürülmesi çabalarını da boşa çıkardı. Geri dönüştürme çalışmaları sonucunda da yeterli verim alınamadı. Kullanılan plastiklerin, atıklarının sadece %20 kadarı geri dönüştürülebildi, kalan kısmı depolandı veya çevreye bırakıldı. Çevre üzerindeki tahribat gittikçe arttı. Örneğin çevreye atılan içme suyu şişelerinin [polietilen tereftalat (PET)] %100 bağıl nemde 27 ila 93 yıl bozunmadan doğada kalabildiği anlaşıldı. Plastik malzemelerin canlılar ve çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması için küçük çaplı ve küresel ölçekli çevreci yaklaşımlar, kuruluşlar ortaya çıktı.

Doğada mikroplastik şeklinde var olan plastik atıklar besin zinciri yoluyla canlıların yapısına girmekte, hemen hemen bütün besin kaynaklarında mikroplastiklerin varlığına rastlanmaktadır. Canlı vücudunu solunum veya beslenme yoluyla giren mikroplastikler kanser, zehirlenme ve yapısal bozukluklara sebep olmaktadır.

Plastik malzemelerin alternatifinin, yine benzer özelliklere ve kullanım kolaylığına sahip olan fakat doğal, sürdürülebilir kaynaklardan üretilebilen, biyobozunur, çevresine zarar vermeyen plastiklerin olabileceği düşünülerek çalışmalar yapılmaya başlandı. Biyoplastik veya diğer adı ile biyo bazlı polimerler üzerinde yapılan çalışmalar sonuçlarını verdi. Bu çalışmalarda elde edilen polimerlerin biyobozunur olmasının yanı sıra biyo bazlı olması ve çevreye zarar vermemesi en önemli özellik olarak belirlendi.

Biyoplastiklerin doğal veya yarı sentetik eldesi için çeşitli biyokütleler bulundu ve başarılı üretimler yapıldı. (Günümüzde, çok geniş kullanım alanı olan polietilen, Biyo-PE olarak üretilmekte ve her geçen gün yeni bioplastik üretimleri gerçekleştirilmektedir.) Üretim için mısır, selüloz, bitkisel yağlar, patates nişastası, şeker kamışı, yosun, mantar, kaktüs, avokado gibi birçok biyokütle kullanılmaya başlandı. Bu kaynakların sürdürülebilir özelliklere sahip ve çevre dostu olmaları süreç için umutları artırdı.

Biyoplastikler, bulundukları ortamda kendiliğinden karbon dioksit, su, metan ve zararsız organik maddelere dönüşebilen maddelerdir. Eğer bu çalışmalar sonucunda bulunan bioplastiklerin kullanımı yaygınlaşırsa petrole olan ihtiyaç, karbon dioksit salınımı ve zararlı mikroplastiklerin azalması sağlanacaktır.

Bütün bu çalışmalar sonucunda biyo plastiklerin kullanımı artırılsa da sorun tamamen çözülemeyecektir. Biyoplastiklerin fazlalaştırılması, geliştirilmesi, kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanmasıyla birlikte plastik malzemelerinin kullanımının büyük oranda azaltılması ve çevre bilincinin insanlara kazandırılması gerekmektedir.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

21

Uygulama ve laboratuvar çalışmalarındaki yönergeleri ve değerlendirme bölümünü gösterir.

Sıra Sizde

Konunun hemen arkasından konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanan sorular yer alır.

Meraklısına

Kazanımlarla ilgili merak edilen, ilgi çekici bilgileri içerir.

Bilgi Kutusu

Kazanımlarla ilgili ek bilgilerin verildiği kısımdır.

Teknik Gezi

Üretimdeki uygulamaları yerinde görmek amacıyla düzenlenecek gezileri içerir.

Örnek

Kazanımlarla ilgili öğrenilenleri pekiştirmek amacıyla hazırlanmış örnekler bulunur.

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Karekodu okutarak ya da http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2133 adresinden görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.

Görsel kaynakçaya ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.



1. ÖĞRENME BİRİMİ

POLİMER VE ÖZELLİKLERİ

ÖĞRENME BİRİMİ BÖLÜMLERİ

1.1. POLİMERLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ
1.2. POLİMERLERİN TERMAL ÖZELLİKLERİ
1.3. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Küçücük bir örümceğin ördüğü ağ, esneklik ve sağlamlığıyla dikkatleri çeker. Örümcekler, ağlarını örerken vücutlarından, hava ile temas ettiğinde katılaşan bir sıvı madde çıkarır; katılaşan bu maddeyi dokuyarak ağı oluşturur.

Örümcek ağının sırrını araştıran bilim insanları, aynı kalınlıktaki çelikten sağlam ve oldukça esnek olan bu yapışkan ağın kimyasal bileşimi konusunda çalışmalar yapmıştır. Üzerine yapışan herhangi bir cisim olduğunda kendi uzunluğunun 3-4 katı esneyebilen örümcek ağının ham maddesinin keratin adı verilen protein olduğunu, aynı zamanda sağlamlığı sağlayan başka bir proteini de yapısında taşıdığını belirlemiştir.

Ağın yapısının polimer olarak sınıflandırılan bir yapı olduğunun anlaşılması, bilim insanlarını bu yapıya benzer maddeler üretmeye teşvik etmiştir. Bilim insanları, bu yapı ile benzer özelliklere sahip; koruyucu giysi, güçlü halat gibi malzemelerin yapımında kullanılan ve gelişmiş bir organik elyaf olan kevlar polimerini üretmiştir.

Bu öğrenme biriminde polimerlerin yapısını ve özelliklerini öğreneceksiniz.



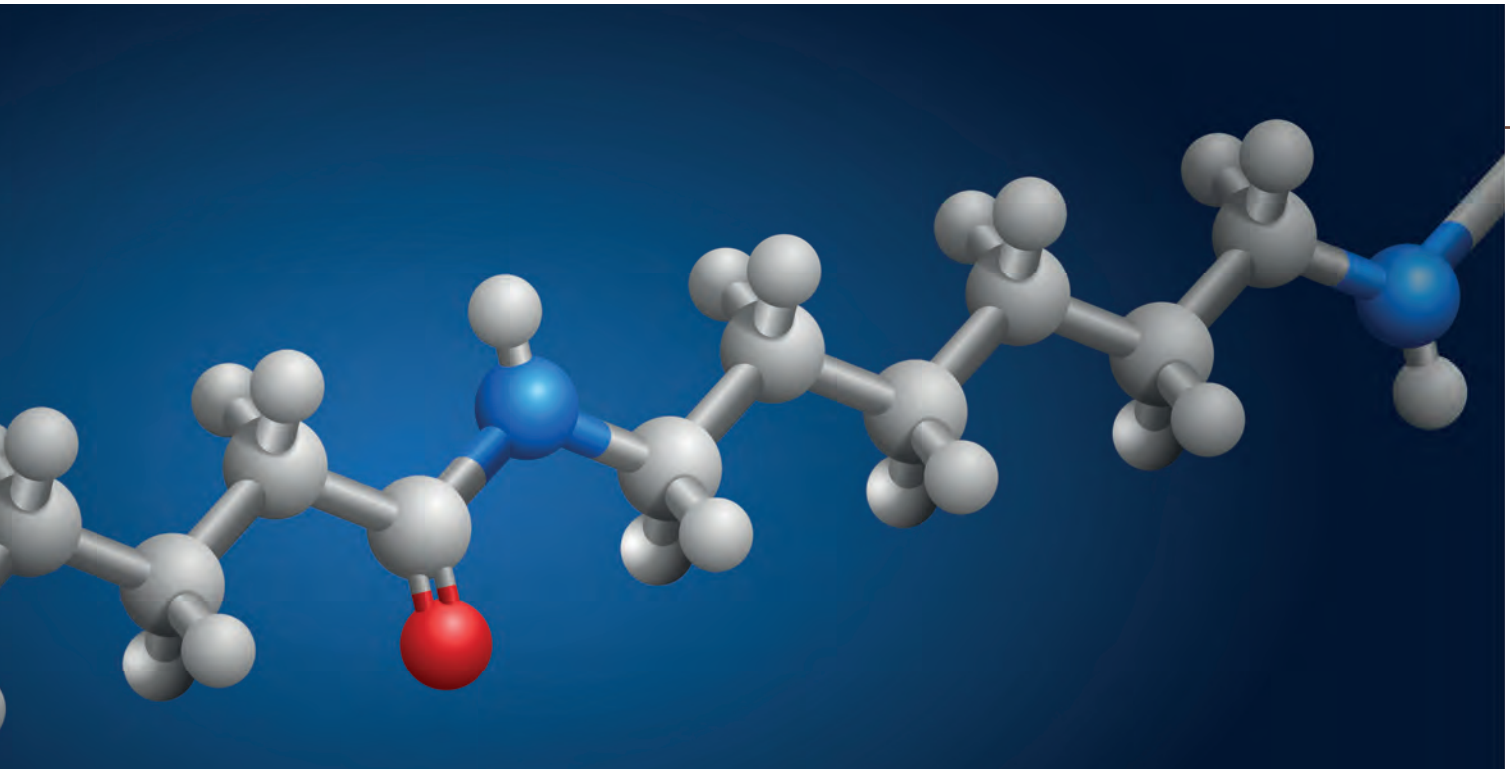
NE BİLİYORUZ, NE HATIRLIYORUZ?



Teflon, plastik, polyester, neopren gibi polimer ürünlerin kullanılmasının getirdiği kolaylıklar nelerdir? Fikirlerinizi paylaşınız.



Kapı ve pencerelerin yapımında ahşap yerine PVC [poli(vinil klorür)] ürünlerin kullanılmasının avantaj ve dezavantajları nelerdir? Tartışınız.



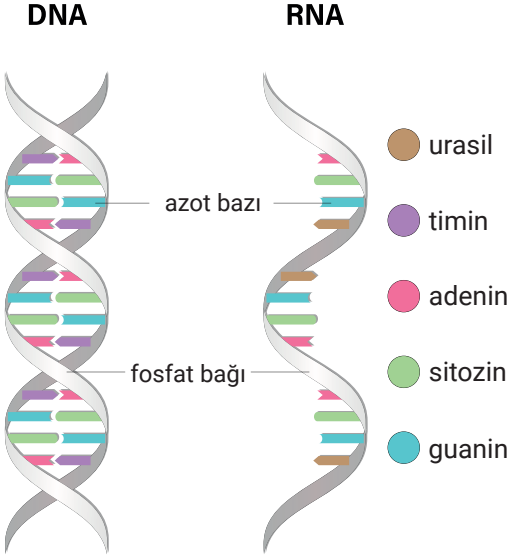
1.1. POLİMERLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

İnsanlığın gelişmesini sağlayan en önemli duygulardan biri de meraktır. İnsanlık; hayatın varoluşunu, canlıların yapı taşlarının neler olduğunu, daha pratik ve rahat yaşamın nasıl olabileceğini merak etti. Yeni buluşlar bu sayede ortaya çıktı. Canlı ve cansız maddelerin yapı taşlarının incelenmesi sırasında, önceleri birbirinin izomeri zannedilen moleküllerin birbirine bağlı tekrarlanan yapılar olduğu anlaşıldı ve sonradan bu yapılara **polimer** adı verildi.

Berzelius (Berzeliyus), polimer kelimesini Yunancada **birçok** anlamına gelen **polus** ve **parça** anlamına gelen **meros** kelimelerinden türetti. İlk olarak 1833 yılında, etilenin izomeri olarak düşünülen ve etilenin molekül ağırlığının tam katı olan büten için etilenin polimeri kavramını kullandı. Sonraları Berzelius'un polimer örneğine şüphe ile bakıldı. 1920 yılında Staudinger (Şıtovdina), polimer olarak adlandırılan bileşiklerin elementel farklılıklar içerdiğini söyledi ve ilk modern polimer tanımının, "Kovalent bağlı makromoleküler yapılardır." şeklinde olmasını önerdi. Sonraki yıllarda Carothers'ın (Karadırs), yaptığı çalışmalarla ortaya koyduğu, "-R-R-R-R-R- şeklinde, birbirinden bağımsız var olamayan radikallerden oluşan bir yapıdır." şeklindeki yeni polimer tanımı kabul edildi.

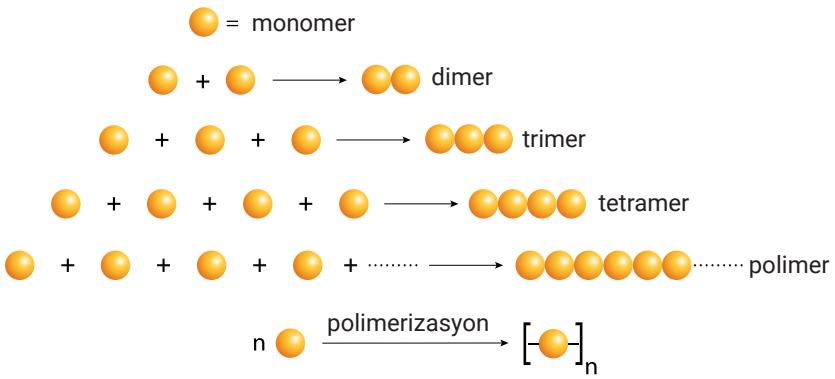
Yapılan araştırmalar sonucunda proteinler, nükleik asitler (Görsel 1.1), selüloz, ipek gibi doğal polimerlerin yapısı anlaşılırken naylon, teflon, polyester, suni ipek gibi yapay olanları da elde edildi. Polimerler, zamanla günlük yaşamda ve endüstride kullanılan vazgeçilemez maddeler hâlini aldı.

Günümüzde **polimer**; monomer adı verilen çok sayıda aynı veya farklı türde küçük molekülün, kendi aralarında kovalent bağ yaparak oluşturdukları yüksek molekül ağırlığına sahip büyük moleküllü (makromoleküler) yapı olarak tanımlanmaktadır.



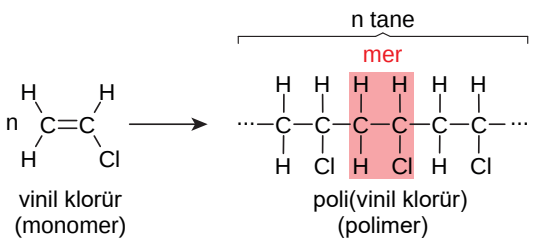
Görsel 1.1: DNA ve RNA'nın yapısı

Polimeri oluşturan birim yapılara **monomer** denir. İki monomerin birleşmesiyle **dimer**, üç monomerin birleşmesiyle **trimer**, çok sayıda monomerin birleşmesiyle **polimer** elde edilir (Görsel 1.2). Bir polimerde sürekli tekrar eden birime **mer**, polimerlerin oluşma tepkimesine ise **polimerizasyon** denir.

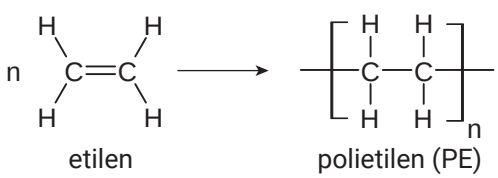


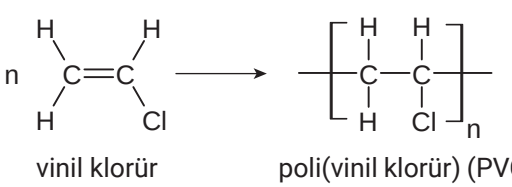
Görsel 1.2: Monomerden dimer, trimer, tetramer ve polimer oluşumu

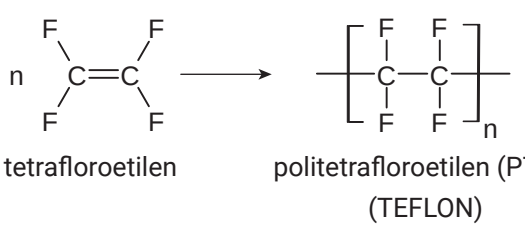
Vinil klorür monomerinden PVC [poli(vinil klorür)] oluşumu aşağıda gösterilmiştir.



Polimerleşme tepkimelerinin kısa gösteriminde **mer**, köşeli paranteze alınır. Parantezin sağ alt köşesine, birim yapının çok fazla sayıda tekrar ettiğini gösteren **n** harfi yazılır. Polietilen, poli(vinil klorür) ve politetrafloroetilenin kısaltılmış oluşum tepkimeleri aşağıda gösterilmiştir:







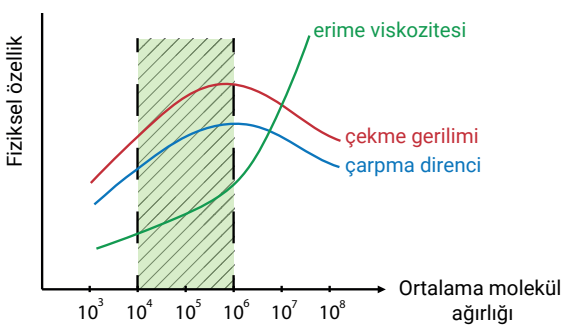
Polimerin fiziksel özelliklerini; polimeri oluşturan monomerin türü, polimerin molekül kütlesi, kristallenme derecesi ve zincir türü belirler. Polimerin uçuculuk, yüzey gerilimi, viskozite, çözünürlük, erime noktası, camsı geçiş sıcaklığı gibi fiziksel özellikleri, molekülleri arasındaki zayıf etkileşim kuvvetlerine bağlıdır. Moleküller arası etkileşimi zayıf olan polimerler, **elastomerler** (kuvvet etkisinde uzayabilen ve kuvvetin etkisi kalkınca tekrar eski hâline dönebilen maddeler) olarak adlandırılır. Molekülleri birbirine kuvvetli bağlanmış polimerler ise daha sert yapılı olup bunların elastiki özellikleri oldukça azdır.

1.1.1. Polimerlerde Molekül Ağırlığı

Polimerler, yüksek molekül ağırlığına sahip maddelerdir. Polimerlerin molekül ağırlıkları, onları oluşturan molekül zincirleri aynı uzunluklarda olmadığından ortalama bir değer üzerinden ifade edilir. Örneğin yoğunluklarına bağlı olarak polistirenin molekül ağırlığı 60.000-100.000 gram, polietilenin molekül ağırlığı 30.000-150.000 gram arasında bir değerdir.

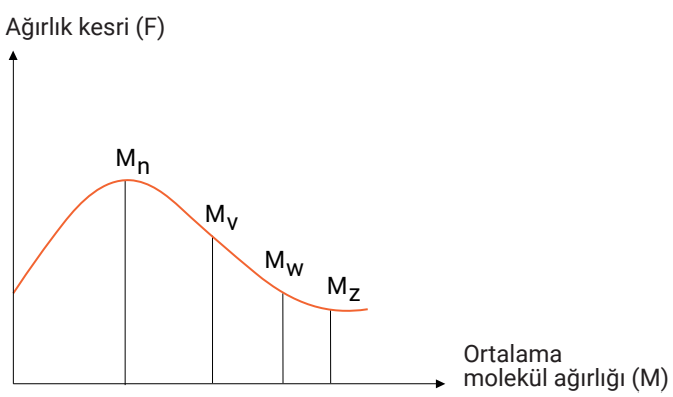
Polimerlerin molekül ağırlıkları arttıkça moleküller arası çekim kuvvetleri, bunun sonucunda da mekanik dayanıklılıkları artar; işlenebilirlikleri zorlaşır; ısıl, optik, elektriksel ve kimyasal özellikleri önemli oranda etkilenir. Polimerin uygunluğunun belirlenebilmesi için sadece ortalama molekül ağırlığının değil, molekül ağırlığı dağılımının da bilinmesi gerekir. Bu özelliklerinin bilinmesi, elde edilmeleri sırasındaki işlemler ve endüstriyel alanda doğru yerde kullanımları konusunda önem taşır.

Hem işlenebilirlik hem de yeterli mekanik özelliklere sahip ticari bir polimerin ortalama molekül ağırlığı aralığı 10^4 ile 10^6 gram arasında olmalıdır. Grafik 1.1'de görüldüğü gibi polimer yapının çekme gerilimi ve çarpma direnci, molekül ağırlığının artması sonucunda önce hızla artar; sonra tekrar eski hâline dönme eğilimi gösterir. Erime viskozitesi (erime sırasında meydana gelen viskozite değişimi) ise önce yavaş, daha sonra hızlı bir artış gösterir.



Grafik 1.1: Polimer yapının ortalama molekül ağırlığı-fiziksel özelliği değişim grafiği

Polimerlerin ortalama molekül ağırlığını hesaplamak için farklı noktaları kullanan dört yöntem geliştirilmiştir. Bunlar; sayıca ortalama molekül ağırlığı (Mn), ağırlıkça ortalama molekül ağırlığı (Mw), viskozite ortalama molekül ağırlığı (Mv), daha yüksek ortalama molekül ağırlığı (Mz) isimlerini alır. Bu yöntemlerle hesaplanan değerler çoğunlukla birbirine yakındır. Grafik 1.2'de bu değerler gösterilmiştir.



Grafik 1.2: Polimer yapının ağırlık kesri-ortalama molekül ağırlığı değişim grafiği

1.1.2. Polimer Ham Maddeleri

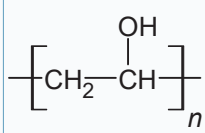
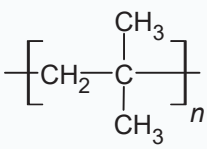
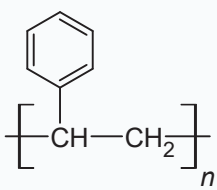
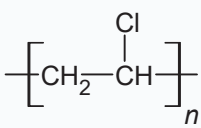
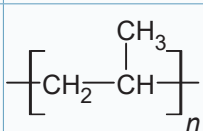
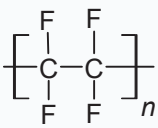
Polimerlerin üretiminde doğal, yarı sentetik veya sentetik ham maddeler kullanılır. Pamuk, yün, kauçuk, ipek, nişasta gibi doğal polimerler doğadan direkt alınarak kullanılır. Yarı yapay polimerlerden bazıları selüloz ve türevlerinden; sentetik polimerler ise petrol, doğal gaz, biyokütle ve atık geri dönüşümü gibi kaynaklardan elde edilir.

Polimer endüstrisinde en çok kullanılan ham madde kaynağı petroldür. Örneğin petrolden elde edilen etilen, direkt polimerleştirilebildiği gibi polistiren, polipropilen, polyester, PVC gibi çok önemli polimerler için de ham madde olarak kullanılır.

1.1.3. Polimerlerin Adlandırılması

Polimerler, IUPAC kurallarına göre elde edildiği monomerin IUPAC adının önüne **poli-** ön eki getirilerek adlandırılır. Örneğin etilenden elde edilen polimer, **polietilen** şeklinde adlandırılır. Eğer monomer adı birden çok kelimeden oluşuyorsa poli- ön ekinden sonra monomer adı parantez içinde yazılır. Örneğin vinil klorürden (1-kloroetilen) elde edilen polimer, **poli(1-kloroetilen)** şeklinde adlandırılır. Tablo 1.1'de bazı polimerlerin molekülleri ile geleneksel ve IUPAC adları verilmiştir.

Tablo 1.1: Bazı Polimerlerin Molekülleri ile Geleneksel ve IUPAC Adları

Geleneksel Adı	IUPAC Adı	Molekül
poli(vinil alkol)	poli(1-hidroksi etilen)	
poliizobüten	poli(1,1-dimetiletilen)	
polistiren	poli(1-feniletilen)	
poli(vinil klorür)	poli(1-kloroetilen)	
polipropilen	poli(1-metiletilen)	
politetrafloroetilen veya TEFLON	poli(1,1,2,2-tetrafloroetilen)	

Polimerler, günlük hayatta geleneksel adları ile daha çok bilinir. Bu tip adlandırmalarda çoğu zaman hatalar da olmaktadır. Örneğin alışveriş poşetleri, polietilenden yapılmasına rağmen halk arasında naylon poşet olarak adlandırılır. Oysa naylon, poli(heksametilen adipamit) olarak bilinen farklı bir polimerdir.

İki ya da daha fazla farklı monomerin birleşmesinden oluşan polimerlerin (kopolimerlerin) IUPAC adlandırılmasında, polimeri oluşturan monomer adları **-co-** ara eki ile parantez içine yazılırken parantezin önüne **poli** sözcüğü getirilir. Örneğin **poli(stiren-co-metil metakrilat), poli(vinil klorür-co-vinil asetat)** vb.

Kopolimerlerin özel adlandırılması, polimeri oluşturan monomerlerin adlarından sonra **kopolimeri** sözcüğü getirilerek yapılır. Örneğin **stiren-bütadien kopolimeri, stiren-metil metakrilat kopolimeri, vinil klorür-vinil asetat kopolimeri** vb.

Bazen polimerler, monomerde yer alan fonksiyonel grup dikkate alınarak genel olarak sınıflandırılabilir. Ana zincirde ester (—C(=O)—O—) içeren polimerlere **poliesterler,** amit (—C(=O)—NH—) içeren polimerlere **poliamitler** denir. Polimerleri üreten firma ve kurumların verdiği ticari isimler de yaygın biçimde kullanılır. Bu isimler ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir. Örneğin etilen glikol ve tereftalik asitten elde edilen poli(etilen teraftalat) İngiltere'de Terilen, ABD'de Dacron ve Rusya'da Lavsan ticari isimleri ile bilinir.

Yaygın kullanımı olan bazı polimerler için kısaltmalar kullanılır. Polietilen, PE; polipropilen, PP; poli(vinil klorür), PVC; Teflon, PTFE; polistiren, PS; poli(etilen teraftalat), PET veya PETE şeklinde kısaltılarak gösterilir.

1. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda bazı monomer/monomerler ve bu monomerlerden elde edilen polimerler karışık hâlde verilmiştir. **Monomer/monomerlerle polimerleri eşleştirip tablonun altındaki cevap satırına yazınız.**

	Monomer/Monomerler		Polimer
I	$CH_2=CH-C_2H_5$ bütilen (1-büten)	A	$-[CH_2-CH_2]_n-$ polietilen
II	$CH_2=CH-CN$ akrilonitril	B	$-[CH_2-CH_2-CH_2-CH(Cl)]_n-$ poli(etilen-co-vinil klorür)
III	$CH_2=CH_2$ etilen; $CH_2=CH-Cl$ vinil klorür	C	$-[CH_2-CH(Cl)-CH_2-CH(OCOCH_3)]_n-$ poli(vinil klorür-co-vinil asetat)
IV	$CH_2=CH-Cl$ vinil klorür; $CH_2=CH-OCOCH_3$ vinil asetat	Ç	$-[CH_2-CH(C_2H_5)]_n-$ polibütilen [poli(1-büten)]
		D	$-[CH_2-CH(CN)]_n-$ poliakrilonitril

I ..... II ..... III ..... IV .....

OKUMA PARÇASI

BİYOPLASTİKLER

Plastiklerin, canlılara ve çevreye verdiği zararlar bilinmesine rağmen ilk üretimi ile birlikte çeşitliliği arttı ve tarım, gıda, ambalaj, sağlık, inşaat, otomotiv, havacılık gibi çok çeşitli alanlarda kullanımı yaygınlaştı. Çoğunluğu petrol bazlı üretilen, önceleri katı atık depolarında biriktirilen veya doğaya serbestçe bırakılan plastiklerin zamanla zararları anlaşılmaya başlansa da üretim ve tüketiminden vazgeçilemedi.

Plastik malzemelerin kullanım kolaylığı ve bazen kullanım yerine göre alternatifsizliği, bu malzemelerin kullanılmaması veya tamamının geri dönüştürülmesi çabalarını da boşa çıkardı. Geri dönüştürme çalışmaları sonucunda da yeterli verim alınamadı. Plastik atıklarının sadece %20 kadarı geri dönüştürülebildi, kalan kısmı depolandı veya çevreye bırakıldı. Çevre üzerindeki tahribat gittikçe arttı. Örneğin çevreye atılan içme suyu şişelerinin [polietilen teraftalat (PET)] %100 bağıl nemde 27 ila 93 yıl bozunmadan doğada kalabildiği anlaşıldı. Plastik malzemelerin canlılar ve çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması için küçük çaplı ve küresel ölçekli çevreci yaklaşımlar, kuruluşlar ortaya çıktı.

Plastik atıkların doğada parçalanması ile oluşan mikroplastikler, besin zinciri yoluyla canlıların yapısına girmekte, hemen hemen bütün besin kaynaklarında mikroplastiklerin varlığına rastlanmaktadır. Canlı vücuduna solunum veya beslenme yoluyla giren mikroplastikler; zehirlenme, yapısal bozukluklar ve kansere sebep olmaktadır.

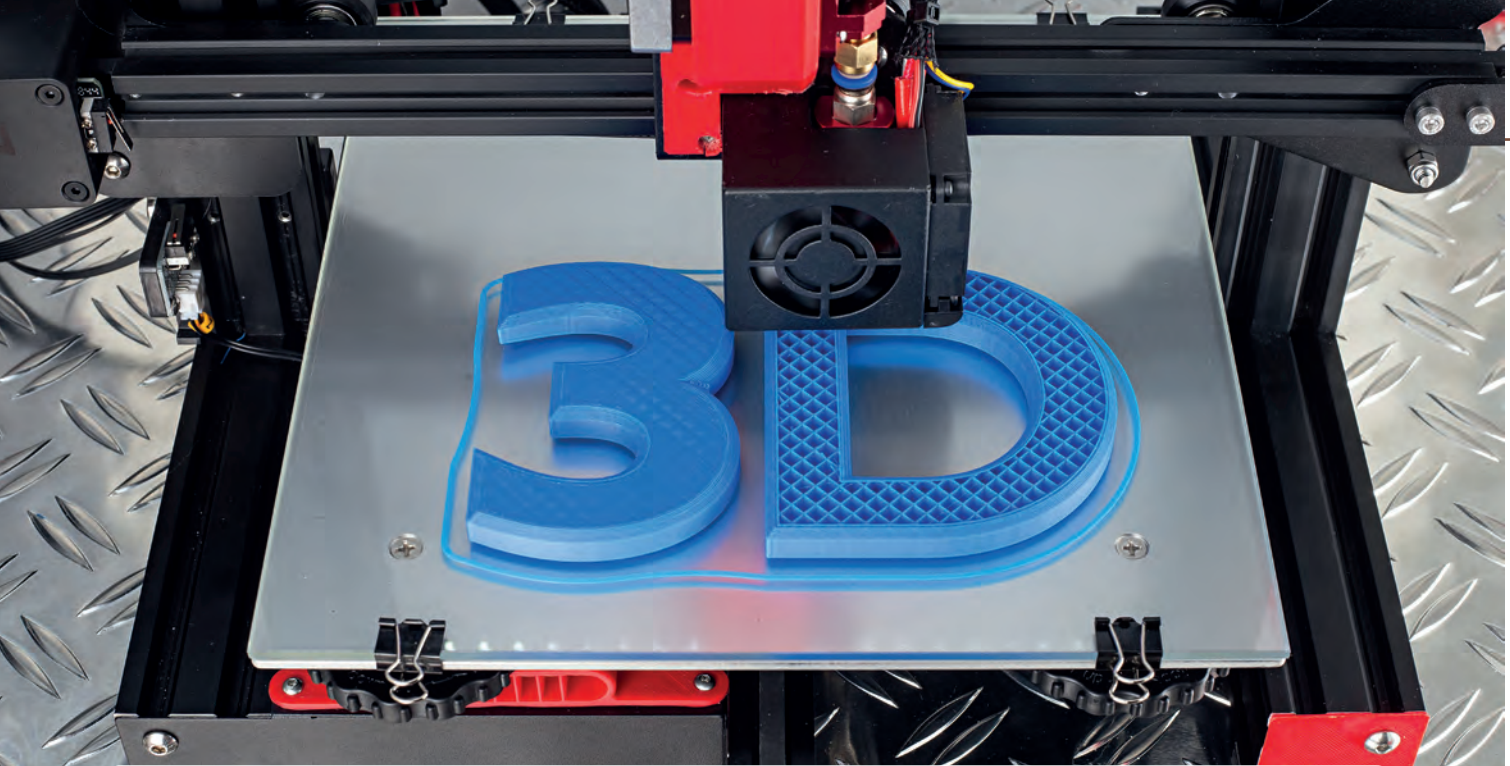
Plastik malzemelerin alternatifinin, yine benzer özelliklere ve kullanım kolaylığına sahip olan fakat doğal, sürdürülebilir kaynaklardan üretilebilen, biyobozunur, çevresine zarar vermeyen plastiklerin olabileceği düşünülerek çalışmalar yapılmaya başlandı. Biyoplastik veya diğer adı ile biyo bazlı polimerler üzerinde yapılan çalışmalar sonuçlarını verdi. Bu çalışmalarda elde edilen polimerlerin biyobozunur olmasının yanı sıra biyo bazlı olması ve çevreye zarar vermemesi en önemli özellik olarak belirlendi.

Biyoplastiklerin doğal veya yarı sentetik eldesi için çeşitli biyokütleler bulundu ve başarılı üretimler yapıldı (Günümüzde, çok geniş kullanım alanı olan polietilen, Biyo-PE olarak üretilmekte ve her geçen gün yeni biyoplastik üretimleri gerçekleştirilmektedir.). Mısır, selüloz, bitkisel yağlar, patates nişastası, şeker kamışı, yosun, mantar, kaktüs, avokado gibi birçok biyokütle üretim için kullanılmaya başlandı. Bu kaynakların sürdürülebilir özelliklere sahip ve çevre dostu olmaları süreç için umutları artırdı.

Biyoplastikler, bulundukları ortamda karbon dioksit, su, metan ve zararsız organik maddelere kendiliğinden dönüşebilen maddelerdir. Eğer bu çalışmalar sonucunda bulunan biyoplastiklerin kullanımı yaygınlaşırsa petrole olan ihtiyaç, karbon dioksit salınımı ve zararlı mikroplastiklerin azalması sağlanacaktır.

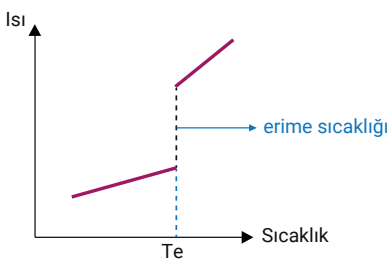
Bütün bu çalışmalar sonucunda biyoplastiklerin kullanımı artırılsa da sorun tamamen çözülemeyecektir. Biyoplastiklerin fazlalaştırılması, geliştirilmesi, kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanmasıyla birlikte plastik malzemelerinin kullanımının büyük oranda azaltılması ve çevre bilincinin insanlara kazandırılması gerekmektedir.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.



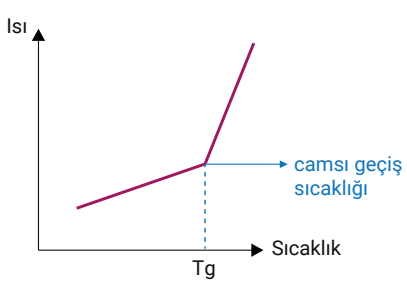
1.2. POLİMERLERİN TERMAL ÖZELLİKLERİ

Polimer maddeler ısı karşısında farklı davranışlar sergiler. Polimerlerin kullanılacakları yerin seçilebilmesi ve kullanım anındaki ısıl değişikliklerinin kontrol altında tutulabilmesi için ısıl davranışlarının bilinmesi gerekir. **Isıl davranışlar**; ısıl genleşme, maksimum kullanım sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığı, ısı iletkenliği, ısı etkisinde eğilme ve dayanıklılıktır. Polimerlerde **erime noktası (Te)**, sıvı hâldeki polimerin soğutulması sonucunda düzenli örgü yapısına sahip kristallerin meydana geldiği noktadaki sıcaklıktır (Grafik 1.3).



Grafik 1.3: Kristal yapılı polimerlerin erime sıcaklığını gösteren grafik

Tamamı kristal yapıda olan polimerlerde sadece erime noktası vardır. Ancak polimerlerin yapısı, genellikle kristal katı hâli ile akışkanlığı fazla olan amorf hâlinin karışımı şeklinde olduğundan erime noktasının yanında başka geçiş sıcaklıkları da bulunur. Örneğin polietilen için bu, yirmi geçiş noktasıdır. Polimerlerin geçiş noktalarından en önemlisi camsı geçiş sıcaklığıdır. **Camsı geçiş sıcaklığı (Tg)**; polimerler için kimlik özelliğinde olan, maddenin camsı özelliklerini kaybedip akışkan özellikler kazanmaya başladığı sınır sıcaklıktır (Grafik 1.4). Camsı geçiş sıcaklığı, erime sıcaklığından her zaman daha düşüktür.



Grafik 1.4: Kristal yapılı polimerlerin camsı geçiş sıcaklığını gösteren grafik

Tamamen amorf yapıdaki polimerlerde (poliizobütilen, polibütadien vb.) erime noktası gözlemlenemez. Bu yapıdaki polimerler, düşük sıcaklıktayken sert ve cam gibi kırılgan yapıdadır. Camsı geçiş sıcaklığına kadar ısıtıldıklarında ise yumuşar ve kauçuk özelliği gösterir. Camsı geçiş sıcaklığı üzerinde ısıtılmaya devam edilirse kauçuk özelliğini bırakır, zamk tipi bir kıvama gelir ve sonunda sıvı hâle geçer. Bu geçiş aralığında kesin bir sıcaklık değerinden söz edilemez.

Polimerin Tg değeri, zincirleri arasındaki boşlukların (serbest hacmin) %2,5 civarına ulaştığı sıcaklıkla belirlenir. Sıcaklığın artması zincir hareketliliğini, serbest hacmi artırır ve sonuçta belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında da polimer, akışkanlık kazanır. Tablo 1.2'de bazı polimerlerin camsı geçiş ve erime sıcaklığı değerleri verilmiştir.

Tablo 1.2: Bazı Polimerlerin Camsı Geçiş ve Erime Sıcaklığı Değerleri

Polimerin Adı	Tg (°C)	Te (°C)
doğal kauçuk	-75	-
poliizobütilen	-70	-
poli(vinil-n-bütileter)	-52	64
polipropilen	-20	150
poli(vinil ter-bütileter)	-8	260
poli(vinil asetat)	29	-
poli(vinil bütiral)	49	-
nylon 66	60	260
poli(vinil klorür)	87	212
polistiren (izotaktik)	105	240
politetrafloroetilen	127	327
poliakrilonitril	130	-

1.2.1. Polimerlerde Camsı Geçiş Sıcaklığını Belirleme Yöntemleri

Teknolojik araştırmalar sonucunda yeni ve daha basit araçlar geliştirilmekte ve bununla birlikte polimerler için ısıl analizler daha fazla yapılmaktadır.

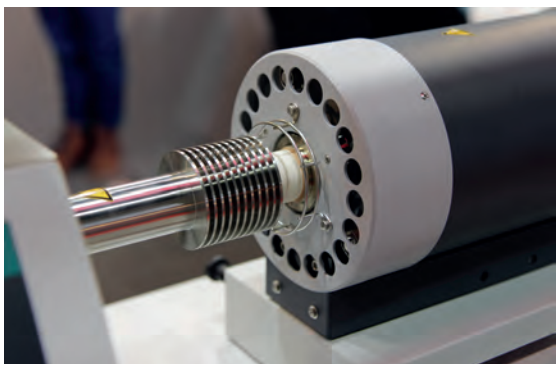
Bir polimerin yumuşama sıcaklığının belirlenmesi oldukça önemlidir. Yumuşama sıcaklığı, bazı testler yapılarak ölçülebilir. Polimere sabit bir yük altında sivri bir maddenin nüfuz etme sıcaklıklığı, polimerin ısıtılan bir metal yüzey üzerinde hareket ettiğinde iz bıraktığı yapışma sıcaklığı gibi özellikler bu ve benzeri testlerle belirlenir.

Camsı geçiş sıcaklığının belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır:

Vicat testi: Polimer malzemenin özelliğinin sıcaklık etkisiyle nasıl değiştiğini ve maksimum dayanma limitini belirlemek amacı ile yapılan testtir. Amorf malzemelerin ısı karşısında yumuşama noktasını tayin etmek için kullanılır. Bu testle malzemenin vicat yumuşama sıcaklığı [vicat sertliği (VST)] ve ısıl eğilme sıcaklığı (HDT) ölçülür.

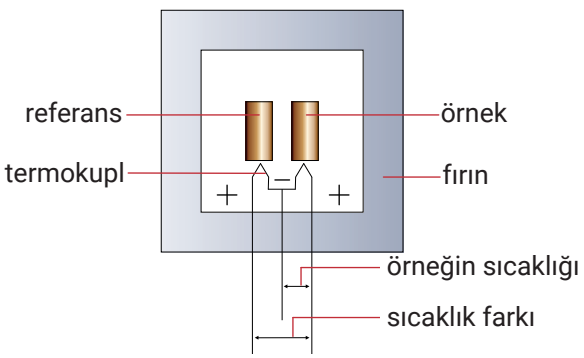
Plastik endüstrisi için oldukça önemli bir testtir. Bu testte plastik numunelere, 1 mm^2 yüzey alanına sahip düz uçlu bir iğnenin, belirli yük altında girdiği sıcaklık test edilir. Polimer, sabit bir hızla ısıtılır ve iğnenin polimer yüzeyi üzerindeki hareketi ölçülür. İğnenin polimere 1 mm kadar girdiği andaki sıcaklık VST olarak kaydedilir. VST sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığına eşit değildir; polimerin yumuşama noktası, deformasyon özelliği, maksimum kullanım sıcaklığı ve soğutma yöntemlerinin neler olduğu hakkında ön bilgi verir.

Dilatometrik yöntem: Bu yöntemde genleşmeyi ölçebilen dilatometre aleti kullanılır (Görsel 1.3). Sıcaklığın ya da zamanın bir fonksiyonu olarak numunenin boyut ölçülerindeki değişim ölçülür. Polimerin camsı geçiş sıcaklığı, genleşme, yumuşama davranışları hakkında bilgi edinilir.

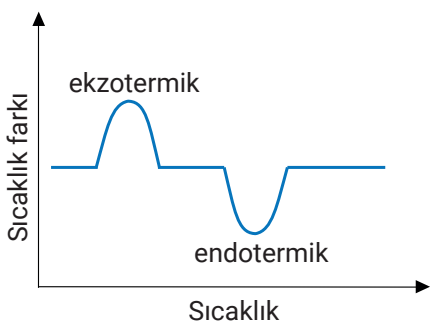


Görsel 1.3: Dilatometre

Diferansiyel termal analiz (DTA): Bu yöntemde numune ile referans olarak belirlenmiş bir inert malzeme beraberce özel bir fırında ısıtılır (Görsel 1.4). Aynı hızla ısıtılan numune ile referans olarak belirlenmiş inert malzeme arasındaki sıcaklık farkı ölçülerek grafiğe geçirilir (Grafik 1.5). Grafikte gözlemlenen sapmalar, numunede meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri gösterir. Bu sayede polimer malzemelerin camsı geçiş sıcaklığı belirlenir.



Görsel 1.4: Diferansiyel termal analiz sistemi



Grafik 1.5: DTA sıcaklık-sıcaklık farkı eğrisi

Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC): Bu yöntemde numune farklı sıcaklıklarda test edilir. Isıtılan, soğutulan veya sıcaklığı sabit tutulan numunede meydana gelen enerji değişimleri zaman veya sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Isıtılan amorf polimerin, adyabatik kalorimetre ile belirlenen öz ısı-sıcaklık değerleri çizelge hâline getirilir. Böylece polimer malzemenin kristalleşme sıcaklığı ve camsı geçiş sıcaklığı gibi özellikleri belirlenir.

1.2.2. Camsı Geçiş Sıcaklığını Etkileyen Faktörler

Polimerin camsı geçiş sıcaklığı; üretimi sırasında uygulanan yöntemler ve ısı değişimlerinden etkilenir.

Polimer zincirinin dönme yeteneğini; zincir esnekliği, molekül yapısı, dallanması, çapraz bağa sahip olması, mol kütlesi faktörleri etkiler. Polimer zinciri, sahip olduğu kimyasal bağların etrafında dönme yeteneğine (zincir esnekliği) sahip ise camsı geçiş sıcaklığı daha düşük olur. Polimerde dallanma varsa hacim artar, camsı geçiş sıcaklığı azalır. Eğer polimer çapraz bağa sahipse hacmi azalır, yoğunluğu artar, bağın dönmesi zorlaşır, sonuçta camsı geçiş sıcaklığı artar.

Polimerin mol kütlesinin fazla olması veya zincir uzunluğunun artması hareketi azaltacağından camsı geçiş sıcaklığı yükselir.



1.3. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Maddeler, dış etkilerle deformasyona (şekil değişikliğine) uğrar. Her maddenin uzamaya, bükülmeye, yırtılmaya, kırılmaya, parçalanmaya karşı gösterdiği farklı bir tepki vardır. Bu farklı tepkiler, onların mekanik özelliklerinden kaynaklanır. Polimerler; yapay organ, ilaç kapsülü, araba aksesuarı, güvenlik camlarının iç katmanı, ısı ve elektrik yalıtımı malzemesi üretimi gibi birçok alanda kullanılır. Polimerin, ilaç kapsülü olarak kullanıldığında çabuk bozunması, araba aksesuarı olarak kullanıldığında ise yerine göre elastik veya sert olması istenir. Polimerlerin üretiminin sağlıklı yapılabilmesi, kullanım yerinin, amacının ve dayanım süresinin belirlenmesi için mekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Polimer malzemelerin elastikiyet, süneklik, sertlik, tokluk, sürünme gibi özellikleri onların dayanımı hakkında bilgi verir.

Polimerlerin kopma noktasına kadar uzaması sırasındaki davranışlarının ölçümü yapılır. Polimerin birim alanına uygulanan dikey kuvvete **gerilme**, kuvvet etkisi ile yapabildiği uzamaya ise **birim şekil değiştirme** denir. Polimer, üzerine uygulanan kuvvet kaldırıldığında ilk hâline dönüyorsa ideal bir elastikiyete sahiptir. Bu tür şekil değiştirmeye **elastik şekil değiştirme** denir (Görsel 1.5). İdeal elastikiyete sahip polimer, kuvvet etkisi kalktığında eski şekil ve boyuna döner. Eğer etki eden kuvvet elastikiyet sınırını aşarsa polimer, eski hâline dönemez; kalıcı şekil değişimine uğrar. Bu tür kalıcı şekil değişimine **plastik şekil değiştirme** denir.

Maddelerin elastikiyeti; deformasyon hızı, sıcaklık ve bulunduğu ortamın kimyasal özelliklerinden etkilenir. Düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip, kauçuk özellikteki malzemeler (örneğin poliizopren), küçük bir kuvvet etkisi ile başlangıç boyuna göre 5-10 kat esnek uzama gösterir. Bu şekil değişikliği, geri dönüşlü yani tersinirdir. Zincirleri arasında çekim kuvveti ve kristal özelliği fazla polimerlerin (örneğin nylon 6,6) ise gerilme özelliği azdır.



Görsel 1.5: Elastik şekil değiştiren cisim

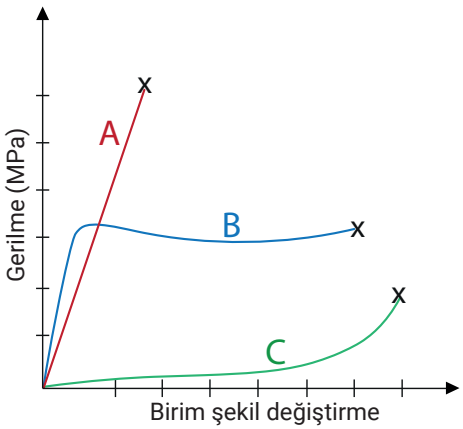
Polimerlerin gerilme-birim şekil değiştirme (gerinim) değerleri Grafik 1.6'da verilmiştir.

Grafik incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılır:

A eğrisinde verilen polimer, tamamen elastik şekil değişimine uğrayan bir polimer olup gerilim karşısında kalıcı şekil değişimine uğramaz.

B eğrisindeki polimer; başta elastik davranış, sonrasında ise plastik şekil değişimi gösterir.

C eğrisi ise elastomer adı verilen, kauçuğumsu, tam elastikiyete sahip bir polimere aittir. Bu tür polimerler, etki ortadan kalktığında eski şekline döner.

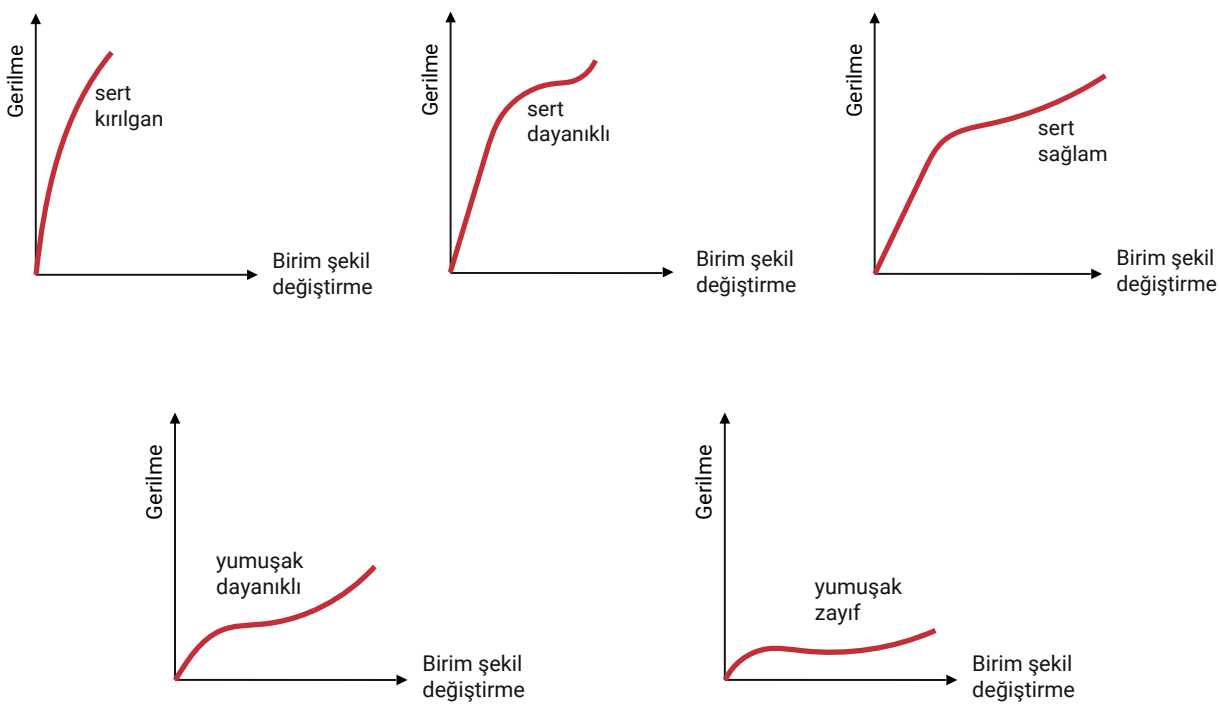


Grafik 1.6: Polimerlerin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği

Grafikte X ile gösterilen noktalarda kopma gözlenir. X noktasına karşılık gelen, gerilme eksenindeki değere **kopmada uzama** denir. Bu değer ne kadar fazla ise polimer, deformasyona karşı o kadar dayanıklıdır.

X noktasına karşılık gelen, gerilme ekseninde okunan değere ise **kopma gerilimi** ismi verilir. Bu değer polimerin kopmadan taşıyabileceği maksimum yükü gösterir. **Süneklik**, malzemedeki plastik kopma uzamasının büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Malzemenin kopma uzaması ne kadar büyükse sünekliği de o kadar fazladır. Kopma uzaması düşük olan malzemeler **gevrek** özelliktedir.

Tokluk, malzemenin kopana kadar absorbe ettiği toplam enerjiyi ifade eder. Gerilme-birim şekil değiştirme eğrisinin altında kalan alan tokluğu gösterir. Tokluk değeri ne kadar küçükse malzeme o kadar kırılgandır (Grafik 1.7).



Grafik 1.7: Polimer malzemelerin gerilme-birim şekil değişikliği grafiklerine göre özellikleri

Polimer maddelerin üretimi veya kullanımı sırasında yapısında meydana gelebilecek herhangi bir deformasyon, maddi kayıpların yanı sıra sağlık için de sorun oluşturabilir. Oluşabilecek hasarların engellenebilmesi, kontrol altında tutulabilmesi veya hasarın meydana gelmeyeceği ortamların sağlanabilmesi önceden yapılacak testlerle mümkün olur. Bu testlerde malzeme, kontrollü şekilde hasara uğratılır.

Sürünme, sabit bir gerilim uygulandığında polimerde meydana gelen uzamanın zamana bağlı değişiminin ölçümüdür. Polimer malzemelere uygulanan testlerden biri de sürünme testidir. Sürünme testinde, polimerin belirli yük ve sıcaklık altında uğradığı deformasyon gözlemlenir. Sürünme miktarını; polimerin kimyasal yapısı, üzerine bindirilen yükün ağırlığı ve testin uygulanma süresi etkiler. Bu test, malzemenin kullanım anında maruz kalacağı yükün yönüne göre çekme, eğme ve basma gibi farklı şekillerde uygulanır. Firmalar, çoğu zaman üretimini yaptıkları malzemenin kullanım ömrünü belirlemek için ortam sıcaklığının yanı sıra nem, ortam kimyasalları vb. etmenleri de test eder. Örneğin polietilen poşetlerin, içine malzeme konulunca ne kadar sündüğü ve kopma noktasına kadar olan deformasyonu bu yolla test edilir. Amorf yapıdaki polimerlerde camsı geçiş sıcaklığı altında sürünme oldukça yavaştır ve molekül ağırlıklarına bağlı değildir. Sıcaklık arttıkça sürünmeleri artar. Çapraz bağ ise sürünmeyi azaltır.

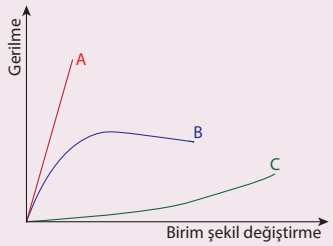
Bilgi Kutusu

Plastikler, sentetik polimerlerin önemli bir türüdür. Günümüzde 60.000'den fazla sentetik plastik var olsa da tüm dünyada üretilen plastiklerin büyük bir çoğunluğu altı türdür ve **büyük altılı** olarak adlandırılır. Bu polimerler termoplastiktir, eritilerek yeniden şekillendirilebilir ve çoğu durumda geri dönüştürülebilir. Aşağıdaki tabloda büyük altılı için geri dönüşüm kodları, adları, kısaltmaları ve kullanıldığı yerler verilmiştir:

Geri Dönüşüm Kodu	Adı	Kısaltması	Kullanıldığı Yer
1 PETE	poli(etilen tereftalat)	PET	su şişesi ve yiyecek kapları, sentetik yün, halı
2 HDPE	yüksek yoğunluklu polietilen	HDPE	opak şişe ve kaplar, kova, kasa
3 PVC	poli(vinil klorür)	PVC	boru, hortum, kablo yalıtımı, kredi kartı, kapı ve pencere çerçevesi
4 LDPE	düşük yoğunluklu polietilen	LDPE	plastik torba, streç film, oyuncak
5 PP	polipropilen	PP	şişe kapağı, yoğurt kabı, mobilya ve otomobil parçaları
6 PS	polistiren	PS	tek kullanımlık yiyecek içecek kapları, strafor köpük

Örnek

Örnek:

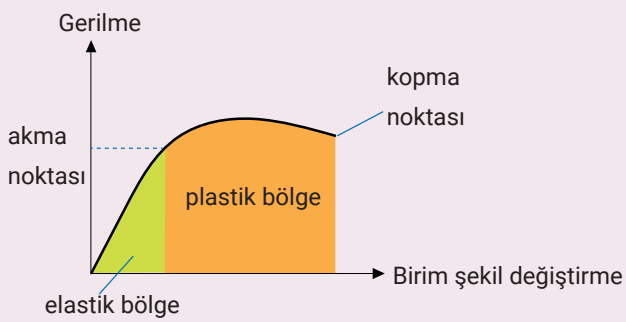


Yukarıdaki grafikte benzer boyutlardaki A, B ve C polimerlerinin gerilme-birim şekil değiştirme davranışları verilmiştir. Grafiği inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Her bir polimeri, polimerde meydana gelen şekil değişikliğini inceleyerek, elastik veya plastik olarak sınıflandırınız.
b) Hangi polimer daha fazla yük taşıyabilir?
c) Eşit miktarda gerildiklerinde hangi polimer daha fazla şekil değiştirir?
ç) En sünek ve en gevrek polimer hangisidir?
d) Hangi polimer daha toktur?

Çözüm:

a) Malzemelerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi, genel olarak aşağıdaki grafiğe benzer. Grafik incelendiğinde **elastik bölge**de uygulanan gerilimle doğru orantılı biçimde şekil değişimi meydana geldiği gözlemlenir. Gerilim kaldırıldığında malzeme, eski boyutlarına döner. Gerilim artırılırsa malzeme akmaya başlar. Bu bölgeye **plastik bölge** denir. Uygulanan gerilimde önemli bir artış olmamasına rağmen malzemenin önemli miktarda şekil değiştirdiği gözlemlenir. Malzemede meydana gelen şekil değişimi kalıcıdır. Gerilim kaldırıldığında malzeme eski boyutuna dönemez.



Bu açıklamalar doğrultusunda A ve C polimeri elastik, B polimeri ise önce elastik sonra plastik özellik gösterir.

b) Grafik incelendiğinde, en yüksek gerilim, koptuğu anda A polimerinde meydana gelmiştir. Bu yüzden A polimeri daha fazla yük taşıyabilir.
c) Polimerleri koparmayacak şiddette her polimere eşit gerilim uygulandığında en büyük şekil değişiminin C polimerinde meydana geldiği grafikte görülmektedir.
ç) Kopma uzaması (koptuğu andaki şekil değişimi) en düşük polimer A, en yüksek polimer C'dir. Bu nedenle A en gevrek, C ise en sünek polimerdir.
d) Eğri altında kalan alan, malzemenin tokluğunu gösterir. Grafik incelendiğinde B eğrisinin altında kalan alanın daha büyük olduğu görülür. Bu nedenle B polimerinin tokluğu en yüksektir.

YAPARAK ÖĞRENELİM

Amaç: Elastik polimer davranışlarını gözlemlemek.

Araç gereç: Elastik bant.

Elastik polimerler gerildiğinde birbiri içine geçmiş zincirler açılır ve düz bir hâl alır. Polimer zincirleri, üzerindeki etki kaldırıldığında eski hâllerine döner. Moleküllerin eski hâllerine dönmesini, polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar sağlar.

Elastik polimerlere uygulanan kuvvet zincirler arasındaki bağların kırılmasına neden olacak kadar büyükse polimer eski hâline dönemez.

Elastik polimer, uygulanan kuvvet etkisi ile gerildiğinde polimerin birbirine dolanık olan zincirleri düzleşir ve belli bir düzene göre sıralanır. Polimer, bir tür kristal yapı ve kararlılık kazanır. Bu sırada ısı açığa çıkar, gerilen polimer ısınır. Polimere uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldığında ise düzenli polimer zincirleri ısı alarak eski hâline döner. Isı, zincirin oluşturduğu kristal yapısını bozmak için harcanır. Polimerin sıcaklığı düşer.



Uygulamanın yapılışı:

1. Elastik bandı işaret parmaklarınızın arasında kopmayacak şekilde gerdiriniz.
2. Bu işlemi birkaç kez tekrarlayınız. Bandın eski hâline dönüp dönmediğini gözlemleyiniz.
3. Elastik bandı kopmayacak şekilde tekrar gerdiriniz ve bandın gergin kısmını üst dudağınız ve burnunuzun arasına dokundurunuz.
4. Aynı işlemi elastik bandı serbest bırakarak tekrarlayınız.
5. **Her iki durum için elastik bantta ne tür değişimler hissettiniz? Meydana gelen değişimlerin sebebini tartışınız.**

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YAYGIN KULLANILAN POLİMERLER

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yaygın kullanılan bazı polimerlerin özelliklerini incelemek.

Araç gereç: PET, HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen), PVC, LDPE (düşük yoğunluklu polietilen), PP ve PS türünde plastik örnekleri, makas, maket bıçağı, cam baget, mezür, 3 adet 100 mL'lik beher.

Kimyasal maddeler: %96 etanol-su çözeltisi (1:1), saf su, %10'luk NaCl çözeltisi.

Uygulamanın yapılışı:

1. Sınıf arkadaşlarınızla iş birliği yaparak, araç gereçte verilen altı polimere ait örnekler bulup sınıfa getiriniz (Polimer türünü belirlemek için üzerlerinde bulunan geri dönüşüm kodlarından faydalanabilirsiniz.).
2. Plastik örneklerinin **şeffaflık**, **esneklik**, **dayanıklılık** gibi özelliklerini inceleyerek Tablo 1'e yazınız.

Tablo 1

Polimerin Kısa Adı	Şeffaflık (Şeffaf/Opak)	Esneklik (Esnek/ Esnek Değil)	Dayanıklılık (Sert/Yumuşak)	Kırılganlık (Kırılır/Kırılmaz)

3. Her biri 100 mL'lik üç behere sırasıyla 1:1 %96 etanol-su çözeltisi (yoğunluk 0,94 g/cm^3), saf su (yoğunluk 1 g/cm^3) ve %10'luk NaCl çözeltisi (yoğunluk 1,08 g/cm^3) koyunuz.
4. Her bir plastik örneğinden üç küçük parça keserek beherlerdeki çözeltilere atınız. Çözeltilere attığınız plastik örneklerini baget yardımıyla yavaşça çözeltilerin içine itiniz. İttiğiniz plastik örneklerin tamamen ıslanmasını sağladıktan sonra çözeltilerde yüzdüklerini/battıklarını, batanlar varsa batanların batma hızlarını gözlemleyip gözlemlerinizi **üstte yüzer**, **dipte yüzer**, **yavaş batar** ve **hızlı batar** şeklinde Tablo 2'ye not ediniz (Bu işlem sırasında plastik yüzeyinde minik hava kabarcıklarının kalmadığından emin olunuz.).

Tablo 2

Polimerin Kısa Adı	1:1 Etanol-Su (d = 0,94 g/cm^3)	Saf Su (d = 1 g/cm^3)	%10'luk NaCl (suda) (d = 1,08 g/cm^3)



5. **Tablo 2'den faydalanarak plastik örneklerinin yoğunluklarını küçükten büyüğe doğru sıralayınız.**

..... < ..... < ..... < ..... < ..... < .....

6. **Aşağıdaki kullanım alanları için, Tablo 1 ve Tablo 2'den faydalanarak belirlediğiniz en uygun polimer, büyük altılıdan hangisidir? Kısa adını yazınız.**

a) Pencere camı yerine .....

b) Paket servis için yiyecek kabı .....

c) Eşya taşımak için hafif ve esnek bir çanta .....

ç) Hafif ve dayanıklı şişe kapağı .....

7. Bilinmeyen bir plastik örneği, %10'luk NaCl çözeltisinde yüzüp saf suda batıyor. **Bu plastiğin yoğunluğu hangi aralıktadır? Deney sonuçlarını göz önüne alarak bu plastiğin türünü tahmin ediniz. Tahminlerinizi aşağıdaki boşluğa yazınız.**

.....

.....

8. PET, ticari açıdan oldukça değerli bir üründür ve geri dönüşümde fazlaca talep görür. **Bu plastiği diğer atık plastiklerden ayırmak için bir yöntem öneriniz. Önerinizi aşağıdaki boşluğa yazınız.**

.....

.....

.....

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Polimerlerin fiziksel özelliklerini belirler.	20	15	10	5
3	Polimerleri yoğunluklarına göre sıralar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

A. Aşağıda verilen sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Polimerin en küçük yapı birimi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Atom B) Elastomer C) Kristal örgü D) Kopolimer E) Monomer

2. I. Süneklik
II. Tokluk
III. Sürünme

Yukarıda verilen özelliklerden hangisi/hangileri polimerlerin mekanik özelliklerindendir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

3. I. Sayıca ortalama
II. Viskozite ortalama
III. Hacimce ortalama

Yukarıda verilen özelliklerden hangisi/hangileri polimerlerin ortalama molekül ağırlığını hesaplamak için kullanılır?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

4. Aşağıda verilenlerden hangisi camsı geçiş sıcaklığını doğrudan etkileyen faktörlerden biri değildir?

A) Çapraz bağ yoğunluğu B) Dallanma C) Isı değişimleri
D) Viskozite E) Zincir esnekliği

5. Fazlalığında sünekliğe, azlığında gevrekliğe sebep olan ve bir malzemenin kopma noktasına kadar aldığı toplam enerjiyi ifade eden özellik aşağıdakilerden hangisidir?

A) Plastik şekil değiştirme B) Sertlik C) Süneklik D) Sürünme E) Tokluk

6. Amorf yapılı polimer, camsı geçiş sıcaklığına kadar ısıtılır ve sonrasında ısıtılmaya devam edilirse sırasıyla hangi özellikleri alır?

A) Sıvı-kauçuğumsu-zamk
B) Kauçuğumsu-sıvı-zamk
C) Sıvı-zamk-kauçuğumsu
D) Kauçuğumsu-zamk-sıvı
E) Zamk-kauçuğumsu-sıvı

7. I. $CH_2{=}CH_2$ II. $HC{\equiv}CH$ III. $CH_3{-}CH_3$ IV. 

Yukarıda verilenlerden hangileri polimerleşme için kullanılan monomer özellikteki maddelerdendir?

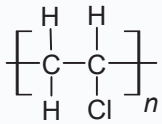
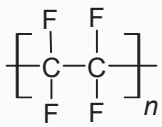
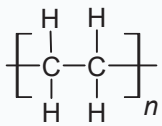
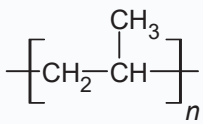
A) I ve II B) II ve IV C) III ve IV D) I, II ve III E) I, III ve IV

8. Aşağıdaki seçeneklerde bazı polimerlerin isimleri ve kısaltmaları verilmiştir. **Hangi polimerin kısaltmasında yanlışlık yapılmıştır?**

A) Polietilen-PET B) Polipropilen-PP C) Polistiren-PS
D) Poli(vinil klorür)-PVC E) Teflon-PTFE

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

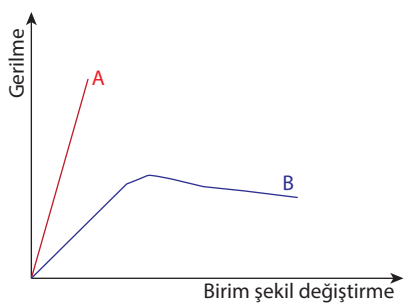
1. Aşağıdaki tabloda polimer molekülleri ve bu polimerleri oluşturan monomerler verilmiştir. **Polimeri hangi monomerin oluşturduğunu belirledikten sonra o monomerin önündeki harfi, polimer molekülünün solundaki boşluğa yazınız** (Monomerlerden bir tanesi kullanılmayacaktır.).

Polimer Molekülleri	Monomerler
.....1. 	**A. propilen**
.....2. 	**B. tetrafloroetilen**
.....3. 	**C. vinilklorür**
.....4. 	**Ç. stiren**
	D. etilen

2. Camsı geçiş sıcaklığını tanımlayarak camsı geçiş sıcaklığını etkileyen faktörlerden 3 tanesini yazınız.

.....

3.



Yukarıda A ve B polimerlerinin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği verilmiştir. **Grafiği inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.**

a) Hangi polimer/polimerler plastik şekil değişikliğine uğramıştır?

b) Hangi polimer daha sünek, hangi polimer daha gevrektir?

c) Hangi polimer daha toktur?

2. ÖĞRENME BİRİMİ

POLİMERLERİN SINIFLANDIRILMASI



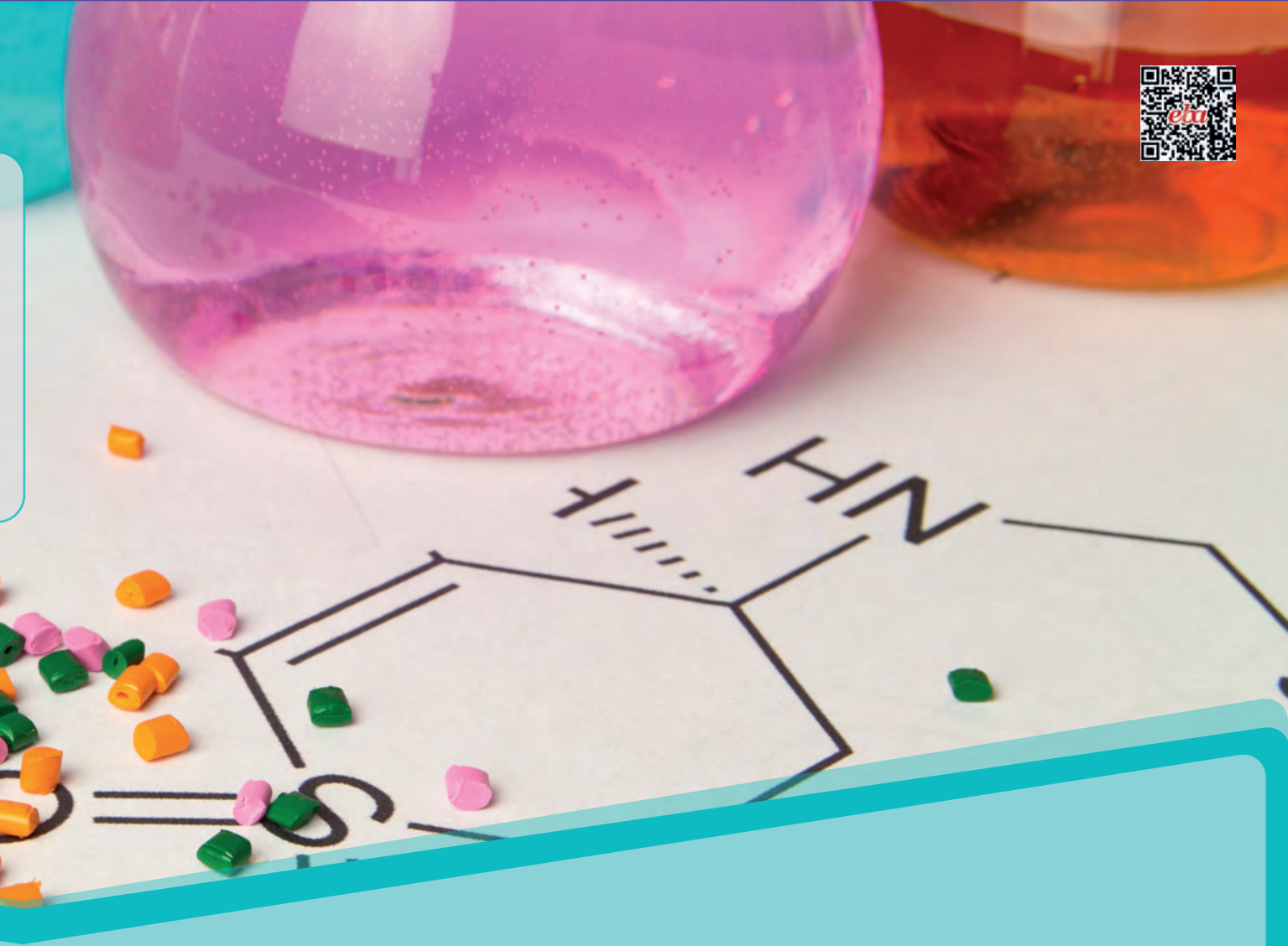
ÖĞRENME BİRİMİ BÖLÜMLERİ

2.1. POLİMERLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

2.2. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Polimerler; kaynağına, monomer tipine, üretim yöntemlerine ve kullanıcının/araştırmacının ilgi alanına göre çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin kimyacılar polimer molekülündeki atomların dizilişleriyle ilgilenirken mühendisler polimerlerin ısı ile şekillendirilip şekillendirilemediği, esnekliği, dayanıklılığı gibi özellikleri ile ilgilenir.

Bu öğrenme biriminde polimerlerin sınıflandırılmasını genel kabul gören biçimiyle öğreneceksiniz.



NE BİLİYORUZ, NE HATIRLIYORUZ?



Doğada kendiliğinden var olan ya da laboratuvarda yapay olarak elde edilen inorganik polimerler var mıdır? Araştırarak bulduğunuz sonuçları arkadaşlarınızla paylaşınız.

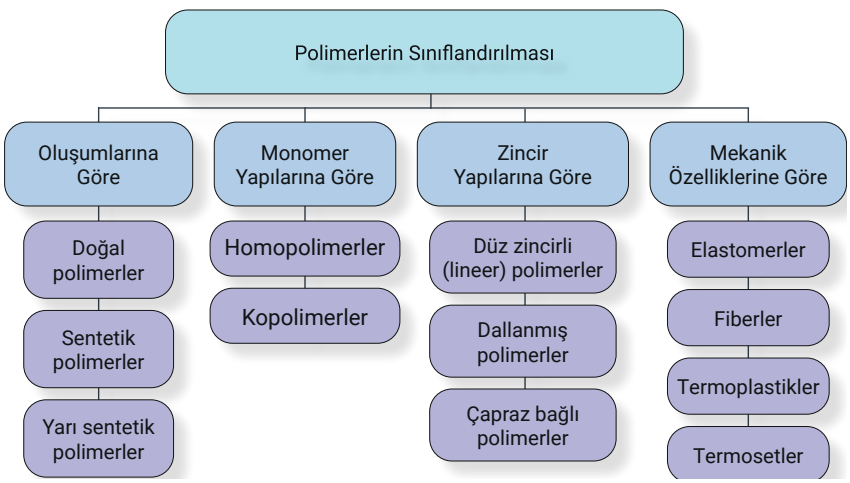


Aynı monomer ya da monomerler kullanılarak farklı özelliklere sahip polimerler elde edilebilir mi? Örnekler göstererek arkadaşlarınızla tartışınız.



2.1. POLİMERLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Polimerler; oluşumlarına, monomer ve zincir yapılarına, moleküler kuvvetlerine, termal davranışlarına göre sınıflandırılabilir (Şema 2.1).



Şema 2.1: Polimerlerin sınıflandırılması

a) Polimerlerin Oluşumlarına Göre Sınıflandırılması

Polimerler; oluşumlarına göre doğal, sentetik ve yarı sentetik olarak sınıflandırılabilir.

Doğal polimerler: Biyopolimerler olarak da bilinir, doğal kaynaklardan doğrudan elde edilir, zamanla bozundukları için çevreye ve canlı sağlığına zarar vermez. Kauçuk, selüloz, ipek, yün, nişasta, nükleik asit ve proteinler bu sınıfa girer (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Doğal bir polimer olan proteinin kaynağı: yumurta

Yarı sentetik polimerler: Doğal polimerlere katkı maddeleri (boya, dolgu maddeleri, antioksidan vb.) eklenerek elde edilir. Yarı sentetik polimerlere örnek olarak selüloit (nitrolanmış selüloz) ve vulkanize kauçuk verilebilir. Selüloit; bilardo topu, tarak ve oyuncak yapımında kullanılır (Görsel 2.2).



Görsel 2.2: Selüloitten yapılan bilardo topu

Sentetik polimerler: Uygun monomerler kullanılarak kimyasal işlemler sonucunda tamamen yapay olarak elde edilir. Farklı özelliklere sahip polimer kullanma ihtiyacından dolayı çok büyük miktarda ve sayıda üretimi yapılmaktadır. Yaygın kullanım alanı olan polietilen, polipropilen, neopren (yapay kauçuk), polyester, naylon, teflon ve polistiren sentetik polimer örnekleridir.

Neoprenden yapılan kıyafetler hem vücut ısısını korur hem de esnek olup hareket kolaylığı sağlar. Bu tür kıyafetleri dalgıçlar, balıkçılar, sörfçüler ve dağcılık sporu yapanlar ekipman olarak kullanır (Görsel 2.3).



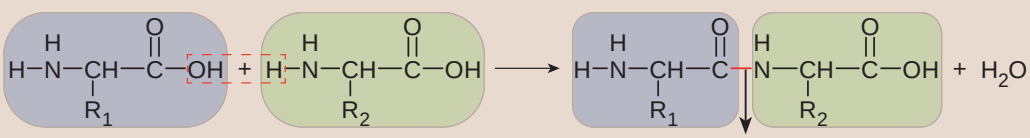
Görsel 2.3: Neoprenden yapılmış dağcılık sporu kıyafeti

Meraklısına

Canlılarda Protein Sentezi

Proteinler hücrenin iş gücünü oluşturur. Canlı hücresindeki neredeyse tüm yaşamsal faaliyetler proteinler sayesinde gerçekleşir. Enzimler, hormonlar ve hücrenin kendisi büyük oranda proteinlerden meydana gelir. Proteinlerin sentezinden sorumlu olan DNA da bir tür polimerdir.

Hücrenin ihtiyaç duyduğu proteinleri sentezlemek için gerekli talimatlar DNA zinciri üzerinde kodlanmıştır. DNA zinciri üzerindeki komutlar mesajcı RNA'ya (mRNA) aktarılır. mRNA, protein sentezi sırasında gerekli olan amino asitlerin sıralı bir listesini içerir ve protein sentezinin gerçekleştiği ribozom organeline bağlanır. Taşıyıcı RNA (tRNA), sitoplazma içerisinden gerekli amino asitlere bağlanarak bunları ribozoma taşır. Ribozom, mRNA üzerinde yer alan kodları okuyarak amino asitleri belli bir sıraya göre peptit bağı ile birbirine bağlar:



Proteini oluşturan amino asitlerin sırası, proteinin işlevi açısından çok önemlidir. Sentezlenen protein zinciri yapısında yer alan amino asitler, aralarındaki itme ve çekme kuvvetleri nedeniyle özel biçimde katlanır. Bazı proteinlere yağ, karbonhidrat ya da diğer proteinler bağlanabilir. Böylece DNA üzerindeki genetik koda göre sentezlenen farklı yapıdaki proteinler, hücrede kendisine düşen görevleri yerine getirir. Bazı proteinler ise hücrenin yapısına katılarak onarım, gelişme ve büyümeyi sağlar.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇİLEKTEN DNA ELDESİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Ekstraksiyon yöntemiyle çileğin DNA'sını elde etmek.

Araç gereç: 10 tane çilek, bulaşık deterjanı, su, kilitli şeffaf plastik torba, baget, mezür, spatül, çay süzgeci, süzgeç kâğıdı, huni, soğuk banyo, erlen (250 mL), 2 adet beher (250 mL), 2 adet deney tüpü.

Kimyasal maddeler: İzopropil alkol, tuz, etanol, saf su.

Uygulamanın yapılışı:

1. Erlene 200 mL izopropil alkol koyunuz. Erlendeki izopropil alkolü bir buzdolabının dondurucusunda ya da tuz-buz banyosunda mümkün olduğunca soğutunuz.
2. Sap kısımlarını kestiğiniz 10 adet çileği plastik torbaya koyunuz ve elinizle iyice eziniz.
3. Behere 180 mL su, 20 mL bulaşık deterjanı ve bir spatül tuz ekleyip karışımı bagetle hafifçe karıştırınız.
4. Ezilmiş çileklerin bulunduğu plastik torbaya beherdeki deterjan çözeltisini ekleyiniz (Deterjan, çileğin hücre ve çekirdek zarını parçalayarak DNA'nın serbest kalmasını sağlar. Tuz ise DNA'yı bir arada tutar.).
5. DNA'nın serbest kalabilmesi için plastik torbadaki çilekleri ezmeye ve karıştırmaya devam ediniz.
6. Plastik torbanın içindeki karışımı önce çay süzgeci ile sonra süzgeç kâğıdı ile başka bir beherin içine süzünüz.
7. Süzüntü üzerine soğuk izopropil alkolü yavaş yavaş dökünüz (Alkol fazında oluşan jelimsi madde, alkolde çözünmeyen DNA'dır.).
8. Beherdeki karışımı baget yardımıyla karıştırınız. Karışımın üst kısmında biriken jel kıvamlı maddeyi baget ya da spatül yardımıyla toplayarak temiz bir süzgeç kâğıdının üzerine alınız (Elde ettiğiniz materyal, çileğin DNA'sıdır.).
9. İki deney tüpünden birine su, diğerine etanol koyup DNA'nın su ve etanolde çözünüp çözünmeyeceğini deneyiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karışımı hazırlar.	20	15	10	5
3	Süzme işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

b) Polimerlerin Monomer Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Polimerler, elde edildikleri polimer türlerine göre homopolimer ve kopolimer şeklinde sınıflandırılır.

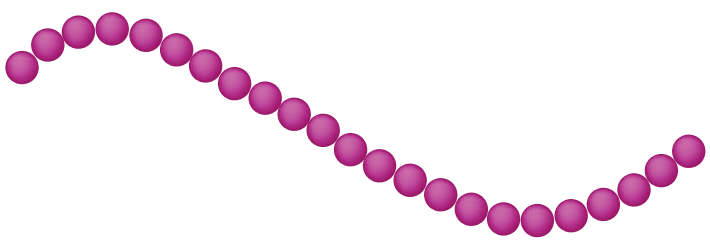
Homopolimerler: Tek bir monomerden elde edilen ve aynı birim yapının polimer zinciri boyunca sürekli tekrarlanmasıyla oluşan polimerlerdir.

Kopolimerler: İki ya da daha fazla farklı monomerin genellikle rastgele birleşmesiyle oluşan uzun zincirli polimerlerdir. Örneğin stiren-bütadien polimeri kopolimerdir ve araç lastiklerinde kullanılır.

c) Polimerlerin Zincir Yapılarına Göre Sınıflandırılması

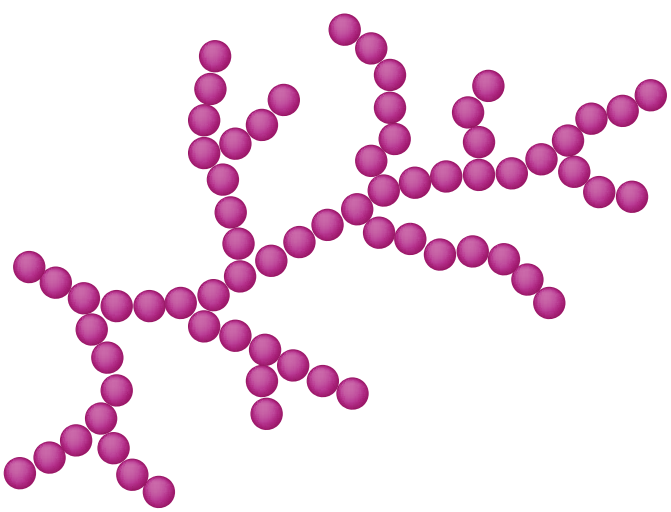
Polimerler zincir yapılarına göre düz zincirli, dallanmış, çapraz bağlı olarak sınıflandırılabilir.

Düz zincirli (lineer) polimerler: Monomerlerin veya tekrar eden birimlerin düz bir zincir üzerinde sıralandığı makro yapıdaki moleküllerdir (Şekil 2.1). Zincir üzerinde yan dal bulunmamaktadır. Polimer; birbirine kovalent bağla bağlanan ve polimerin omurgasını oluşturan atomlar aynı tip ise **homozincir polimer**, farklı tipte ise **heterozincir polimer** adını alır. Lineer polimerler, basit yapılarından dolayı kolay ve yoğun şekilde paketlenir. Gerilme mukavemetleri, yoğunlukları ve erime noktaları dallanmış polimerlerden yüksektir. Polietilen, polipropilen, naylon, polyester ve poli(vinil klorür) bu tip polimerlere örnektir.



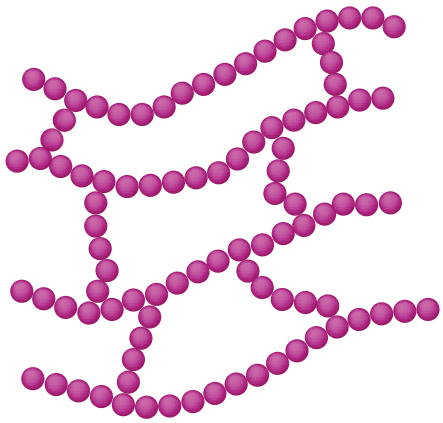
Şekil 2.1: Düz zincirli polimer

Dallanmış polimerler: Bu tip polimerlerde, ana polimer zincirine kovalent bağla bağlı bir veya daha fazla yan zincir vardır (Şekil 2.2). Yan zincirler kısa veya uzun olabilir. Kimyasal özellikleri düz zincirli polimerlere benzer. Ancak yan dallarından dolayı gerilme mukavemeti, paketleme verimliliği ve yoğunluğu düz zincirli polimerlere göre düşüktür. Bu tip polimerler genellikle amorf özelliktedir ve akışkanlıkları lineer polimerlerden farklıdır. Amilopektin ve glikojen bu tip polimerlere örnektir.



Şekil 2.2: Dallanmış polimer

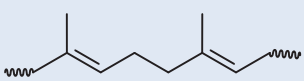
Çapraz bağlı polimerler: Birden fazla ana zincirin birbirine kovalent bağlarla bağlanarak tek bir ağ yapılı molekül hâline geldiği polimer türüdür (Şekil 2.3). Uygun çözücü içinde şişer. Çapraz bağ sayısı arttıkça şişme miktarı azalır hatta çok fazla çapraz bağı olanları çözücülerden etkilenmez. Sert, katı ve kırılgan özelliktedir; erime ve akma özelliği olmadığı için kalıpla şekillendirilemez. Reçineler, çapraz bağlı polimerdir.



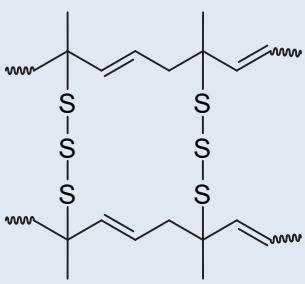
Şekil 2.3: Çapraz bağlı polimer

1. Sıra Sizde

Doğal kauçuk (cis-poliizopren) düz zincirli bir polimerdir. Doğal kauçuğun kükürt ile ısıtılması (vulkanizasyon) sonucunda polimer zincirleri arasında çapraz bağlar oluşur. Vulkanizasyon işleminde oluşan çapraz bağ sayısı yeterince fazla ise ebonit elde edilir.

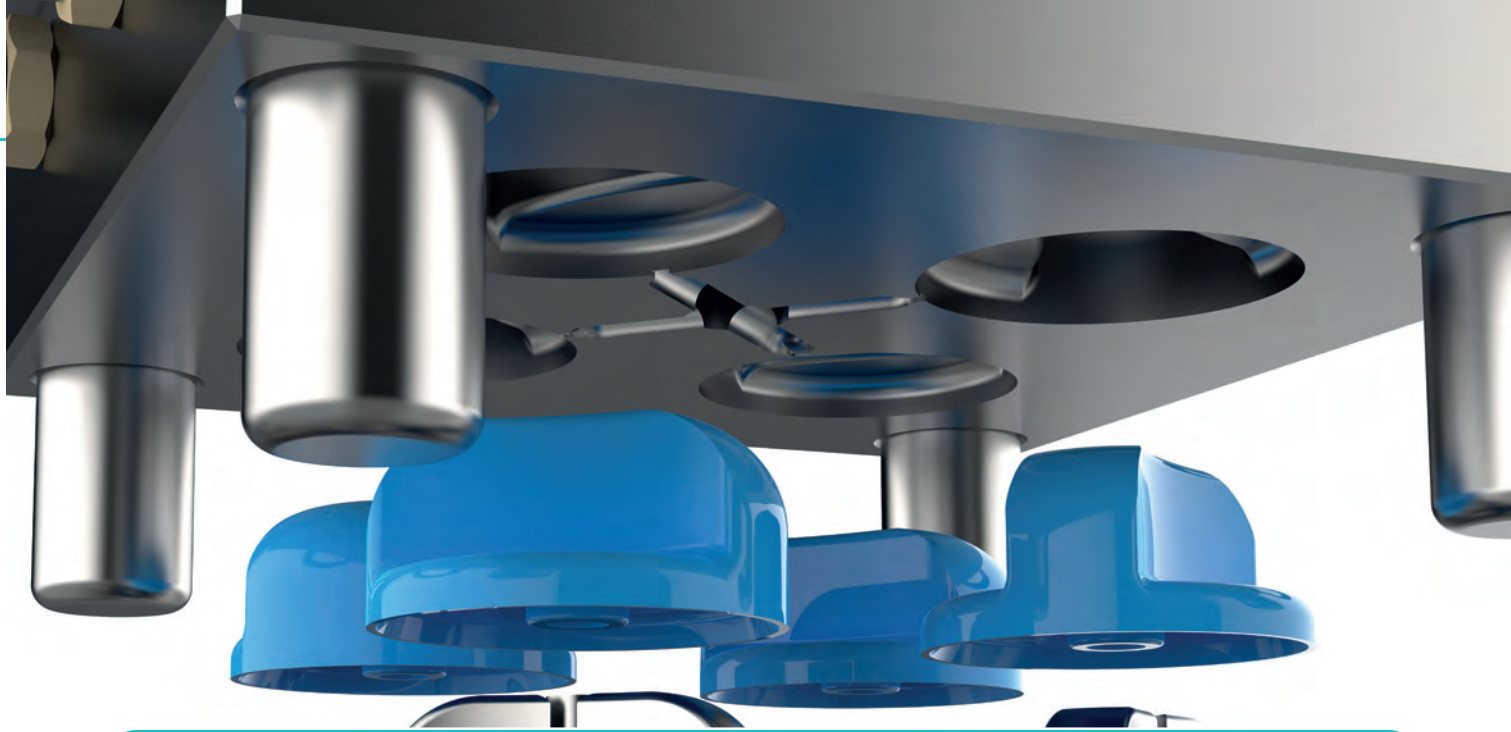


doğal kauçuk



vulkanize kauçuk

Yukarıda verilen bilgiler ve polimer yapılarını göz önünde bulundurarak doğal kauçuk ve ebonitin, çözücülerden etkilenip etkilenmediklerini, esneklik/sertlik özelliklerini kıyaslayınız.



2.2. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Polimer molekülleri arasındaki zayıf etkileşimler; polimerin gerilme mukavemeti, tokluk, elastikiyet gibi mekanik özelliklerini belirler. Polimerler; mekanik özelliklerine göre elastomerler, lifler, termoplastikler ve termosetler olmak üzere dörde ayrılır.

a) Elastomerler: Çekildiklerinde yaklaşık olarak boylarının beş katı kadar uzayabilen, çekme kuvveti kaldırıldığında ise eski hâline dönebilen polimerlerdir. Yapay ve doğal kauçuk, polibütadien elastomerlere örnek gösterilebilir.

Bu tür polimerler; conta, darbe sönümleyici ve yalıtım malzemesi olarak kullanılır.

b) Lifler (fiberler): Çekme kuvveti uygulandığında çok az şekil değiştiren, yüksek oranda kristallenmiş polimerlerdir. Lifler, polimerler gerdirilerek, zincirlerin aynı yönde ve birbirlerine çok yakın düzenlenip yönlendirilmesiyle elde edilir. Sentetik fiberlere poliamitler, polyesterler, akrilik ve asetat fiberler örnek gösterilebilir.

Bu tür polimerler özellikle tekstil sanayisinde kullanılmaktadır.

c) Termoplastikler: Isı uygulanarak tekrar şekillendirilebilen polimerlerdir. Kolayca işlenip istendiğinde geri dönüştürülebildikleri için çok fazla talep edilir. Molekülleri doğrusal ya da az dallanmış yapılardan oluşur. Molekülleri arasında çapraz bağlar yoktur. Bu durum polimere erime özelliği kazandırır.

Bu tür polimerlere polietilen, polipropilen, polikarbonat örnek gösterilebilir.

ç) Termosetler: Uygun kimyasallarla ısıtıldığında kalıcı olarak şekillendirilebilen polimerlerdir. Üretimi sırasında polimer zincirleri arasında üç boyutlu çapraz bağlar meydana gelir. Isı etkisi ile yumuşamaz. Yüksek ısıya maruz kaldığında bozunur. Yeniden şekillendirilemediği için geri dönüşümü yoktur.

Bu tür polimerlere poliüretanlar, epoksitler, fenol-formaldehit, amino ve alkid reçineleri örnek gösterilebilir.

OKUMA PARÇASI

POLİMERLEŞME VE DİŞ DOLGUSU

Vücutta önemli görevleri üstlenen dişler, zamanla deformasyona uğrayabilir veya çürüyebilir. Oluşan diş çürükleri vücuda ciddi zararlar verir. Çürükleri oluşturan bakteriler; kemik, kalp-damar, böbrek ve karaciğer hastalıklarını zamanla tetikleyebilir. Vücudun verdiği tepki sebebiyle ortaya çıkan şiddetli ağrı ise yaşam kalitesini düşürür.

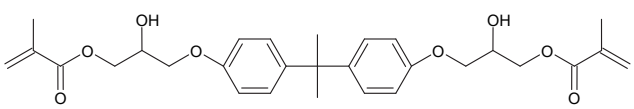
Bilim insanları, çürüyen dişin çekilerek kaybedilmesini engellemek için dişin sadece çürük kısmının temizlenmesi ve eksilen parçasının yerine dolgu yapılması için farklı müdahale yöntemleri geliştirdi. Çalışmalar sonucunda kompozit dolgular ortaya çıktı (**Kompozit dolgular**, büyük bir kısmı monomerden oluşan reçine esaslı maddelerdir.).

Kompozit dolgular, beyaz dolgu olarak da bilinir, hamur kıvamındadır, işlem görmediğinde bu hâlini korur. Dişin estetiği ile uyumludur, dişin eksilen bölümünü tamamlayarak eski hâline yakın bir görünüm ve kullanım sağlar.



Dişte madde kayıplarının olduğu, oyuk şeklinde görünüme sahip yere **kavite** denir. Spatül ucu ile bir miktar kompozit dolgu, kavite içerisine yerleştirilir. Kompozit dolgu, kavite bölgesine tam yerleşmesi ve dişin yapısına uygun görüntü alması için spatül ile şekillendirilir. Dolgu malzemesinin kavite içine yerleştirilmesi ve dişle uyumlu bir görüntü alması sağlanınca mavi ışık, dolgu üzerine tutulur. Kompozit dolgu, bu ışığı gördüğünde hızla sertleşir.

Kompozit dolgular, genellikle bisphenol-A glisidil metakrilat (BisGMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) maddelerini içerir. BisGMA molekülleri, reçine olup diş çimentosu adı ile de bilinen yumuşak yapılı bir monomerdir:



BisGMA moleküllerinin viskozitesi yüksektir. Kavite içerisine kolay yerleştirilmesi ve kolay işlenmesi için akışkanlığının artırılması gerekir. Bunun için düşük viskoziteli bir monomer olan TEGDMA ile karıştırılır. Mavi ışık, bu monomerlerin bağlanarak polimerleşmesini sağlar. Bu maddelerin polimerleşme tepkimesi verebilmesi, mavi ışığa duyarlı bazı kimyasalların eklenmesi ile mümkün olmaktadır. Işık etkisinde polimerizasyon işlemini başlatan bu kimyasal maddelere **fotoinitiyatör madde** adı verilir. Kompozit dolgularda en yaygın kullanılan fotoinitiyatör madde TPO olarak bilinen difenil (2,4,6-dimetilbenzoil) fosfin oksittir. Fotoinitiyatör olarak eklenen madde mavi dalga boyundaki fotonları absorblar ve bu sayede serbest oksijen radikalleri açığa çıkar. Oksijen radikalleri, kompozitin yapısındaki monomerlerin çift bağlarının açılmasını sağlar. Monomerlerin açık uçları, polimer oluşturmak üzere saniyeler içinde birleşir. Kompozit maddeyi oluşturan monomerler, polimerleşme tepkimesi sonucunda sertleşerek diş dolgusu olarak bilinen yapı hâlini alır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

1. YAPARAK ÖĞRENELİM

Amaç: Elastik polimer davranışlarını gözlemlemek.

Araç gereç: Kilitli plastik torba, kurşun kalemler, küvet.

Kullandığınız plastik torba, düşük yoğunluklu polietilenden üretilmiştir. Polietilen zincirleri, birbirine dolanmış ve kıvrılmış hâlde bulunur. Kalemin ucunun plastik torbaya uyguladığı gerilim, polimer zincirlerinin düzleşmesine ve uzamasına neden olur. Torba delindikten sonra gerilim ortadan kalkar ve polimer zincirleri kıvrılıp, birbirine dolanarak eski konumlarına döner. Moleküler düzeydeki bu esneklik, kalemin etrafının sıkı bir biçimde sarılmasını ve polimerin su sızdırmamasını sağlar.



Uygulamanın yapılışı:

1. Kilitli plastik torbayı, 2/3'üne kadar su ile doldurup kilitleyiniz.
2. Plastik torbaya, torbayı görseldeki gibi küvet üzerinde tutarak kurşun kalem saplayınız.
3. Su sızıntısı olup olmadığını kontrol ediniz.
4. İsterseniz torbaya daha fazla kalem saplayabilirsiniz.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ZIPLAYAN POLİMER TOPLAR

Güvenlik İşaretleri



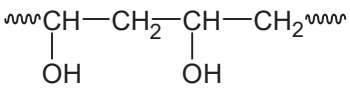
Amaç: Çapraz bağ oluşumunu ve katkı maddelerinin polimerin fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini gözlemlemek.

Araç gereç: Cetvel, 3 adet plastik kaşık, 3 adet beher, mezür, tek kullanımlık eldivenler, cam baget.

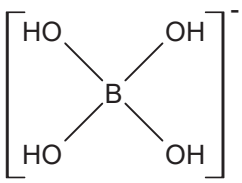
Kimyasal maddeler: PVA tutkalı, boraks [sodyum tetraborat dekahidrat ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)], mısır nişastası, saf su.

DİKKAT: Boraksın cilde temas etmesi veya solunması bazı sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle, uygulamanın yapılışı esnasında eldiven ve maske kullanınız.

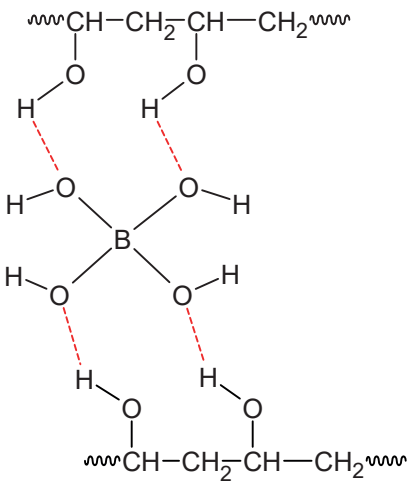
PVA tutkalı poli(vinil alkol) içerir. Poli(vinil alkol) yapısı aşağıdaki gibidir:



Boraks ise suda çözündüğünde yapısı aşağıda verilen borat iyonlarını oluşturur:



Borat iyonu, farklı poli(vinil alkol) zincirleri ile hidrojen bağları oluşturarak polimer zincirleri arasında aşağıda gösterildiği gibi çapraz bağlar meydana getirir:



Uygulamanın yapılışı:

1. Bir behere 3 kaşık tutkal, 5 mL saf su ve 1 kaşık boraks ekleyiniz.
2. 10-15 saniye maddelerin etkileşime girmesini bekledikten sonra karışımı, katılaşıncaya kadar baget yardımı ile karıştırınız.
3. Tek kullanımlık eldivenleri elinize takınız ve beherdeki polimeri avucunuzda yuvarlayarak top şekline getiriniz (Polimer, önce yapışkan ve dağınık görünse de elinizde yuvarlandıkça şekil alacaktır.).

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ZIPLAYAN POLİMER TOPLAR (devamı)

Güvenlik İşaretleri



4. Elde ettiğiniz topu 30 cm yüksekten masanın üzerine bırakarak, topun ne kadar yükseğe zıpladığını ölçünüz ve ölçüm sonucunu tabloya yazınız.

5. Topun fiziksel özelliklerini (esnek, yapışkan, sümüksü, ...) inceleyerek tabloya yazınız.

6. Farklı bir behere 3 kaşık tutkal, 5 mL saf su, 1 kaşık mısır nişastası ve 1 kaşık boraks ekleyerek yeni karışım için 2, 3, 4 ve 5. adımları tekrarlayınız.

7. Farklı bir behere 3 kaşık tutkal, 1 kaşık mısır nişastası ve 1 kaşık boraks ekleyerek yeni karışım için 2, 3, 4 ve 5. adımları tekrarlayınız.

	Zıplama Yüksekliği	Fiziksel Özellikler
1. top		
2. top		
3. top		

8. Aşağıda polimerin yapısında kullanılan maddeler verilmiştir. **Yaptığınız gözlemleri ve elde ettiğiniz verileri kullanarak bu maddelerin rolünün ne olduğunu yanlarına yazınız.**

Tutkal:

Boraks:

Mısır nişastası:

9. **Hangi topun en yükseğe zıpladığını bularak bu durumdan hangi maddenin sorumlu olduğunu yazınız.**

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karışımları hazırlar.	20	15	10	5
3	Gözlemlerini kaydeder.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

A. Aşağıda verilen sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bir araştırmacı, polimerleri hangi özelliğine göre doğal, sentetik ve yarı sentetik şeklinde sınıflandırır?

A) Molekül kuvvetlerine
B) Monomer çeşidine
C) Oluşumuna
D) Termal davranışına
E) Zincir yapısına

2. Polimer zincirleri, düz zincirli polimerlerde birbirlerine kolayca yaklaşır ve sıkı bir şekilde paketlenir. Dallanmış zincir yapısına sahip polimerlerde ise polimer zincirleri arasında boşluklar bulunur. Bu nedenle aynı monomerden elde edilen düz zincirli polimerlerin yoğunluğu dallanmış zincirli polimerlerden daha yüksektir. Aynı monomerden elde edilen düz ve dallanmış zincirli polimerlerin mekanik özellikleri de fiziksel özellikleri gibi farklılık gösterir.

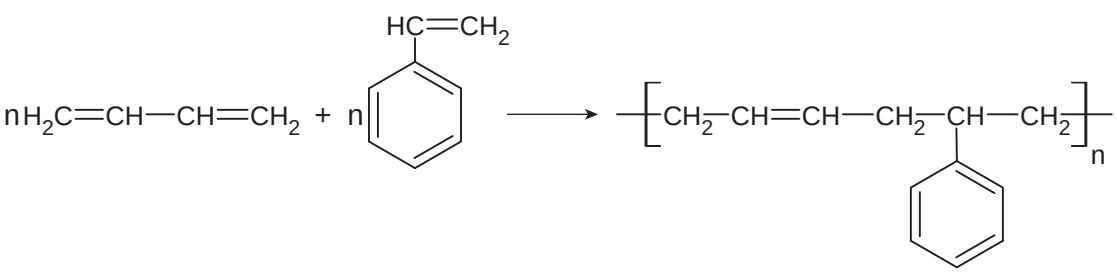
Yukarıdaki metne göre yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi doğrudur?

A) Aynı monomerden elde edilir.
B) Her iki polimerin fiziksel özellikleri aynıdır.
C) HDPE molekülleri dallanmış yapılıdır.
D) LDPE molekülleri düz zincirlerden oluşur.
E) Her iki polimerin gerilme dayanımı aynıdır.

3. Aşağıdaki polimerlerden hangisi oluşumuna göre diğerlerinden farklıdır?

A) İpek B) Nişasta C) Polikarbonat D) Selüloz E) Yün

4.



Yukarıdaki tepkime ve elde edilen ürünle ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Elde edilen ürün polimerdir.
B) Homopolimer olarak sınıflandırılır.
C) Ana zincir karbon atomlarından oluşmuştur.
D) İki farklı monomerden oluşmuştur.
E) Homozincir polimer özelliği gösterir.

5. Aşağıdakilerden hangisi bir polimerin mekanik özellikleri arasında yer almaz?

A) Elastiklik B) Erime sıcaklığı C) Gerilme mukavemeti
D) Süneklik E) Tokluk

6. Elastomerlerle ilgili

I. Çekildiklerinde boylarına kıyasla önemli oranda uzar.
II. Kuvvet ortadan kalktığında eski hâllerine döner.
III. Yüksek oranda kristalleşmiş polimerlerdir.

ifadelerinden hangisi/hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

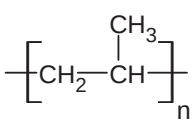
7. Liflerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

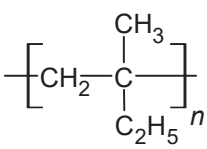
A) Gerildiklerinde çok az şekil değiştirir.
B) Elastik davranış gösterir.
C) Kristallenme oranları yüksektir.
D) Molekülleri aynı yönde yönlenmiştir.
E) Tekstil sektöründe kullanılır.

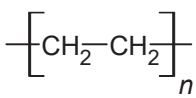
8. Termoplastiklerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

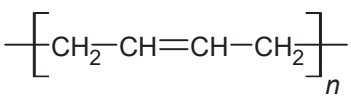
A) Isıtıldıklarında yumuşar, sonrasında erir.
B) Molekülleri arasında çapraz bağlar vardır.
C) Piyasada çok talep görmez.
D) Geri dönüştürülemez.
E) Üretim sırasında kalıcı olarak şekillendirilir.

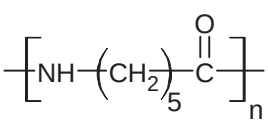
9. Aşağıdaki polimerlerden hangisi heterozincir polimer olarak sınıflandırılır?

A) 

B) 

C) 

D) 

E) 

10. Conta ve yalıtım malzemesi üretiminde kullanılabilecek en uygun polimer aşağıdakilerden hangisidir?

A) Elastomerler B) Fiberler C) Lifler D) Termoplastikler E) Termosetler

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Doğal polimerlere 3 örnek yazınız.

2. Polimerleri, mekanik özelliklerine göre sınıflandırılmasını yapınız.



3. ÖĞRENME BİRİMİ

POLİMER ELDESİ

ÖĞRENME BİRİMİ BÖLÜMLERİ

3.1. KATILMA POLİMERİZASYONU

3.2. KONDENZASYON POLİMERİZASYONU

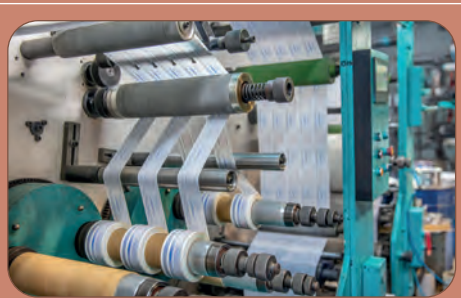
17. yüzyılın sonlarına doğru bir polimer olan doğal kauçuk bulunmuştur. Silebilme özelliğinden dolayı silgi adı verilen doğal kauçuk, 18. yüzyılda bir lastik firması tarafından kükürtle vulkanize edilerek otomobil lastiği, ayakkabı vb. yapımında kullanılmıştır. Zamanla polimerlerin kullanımının artması, kullanım amacına göre modifiye edilmesinin gerekliliği, sentetik ve yarı sentetik polimer üretimini ortaya çıkarmıştır. Sonraki yıllarda çalışmalar artırılmış ve polimerlerin eldesinde farklı metotlar geliştirilmiştir.

Bu öğrenme biriminde polimer eldesinde kullanılan yöntemleri öğreneceksiniz.

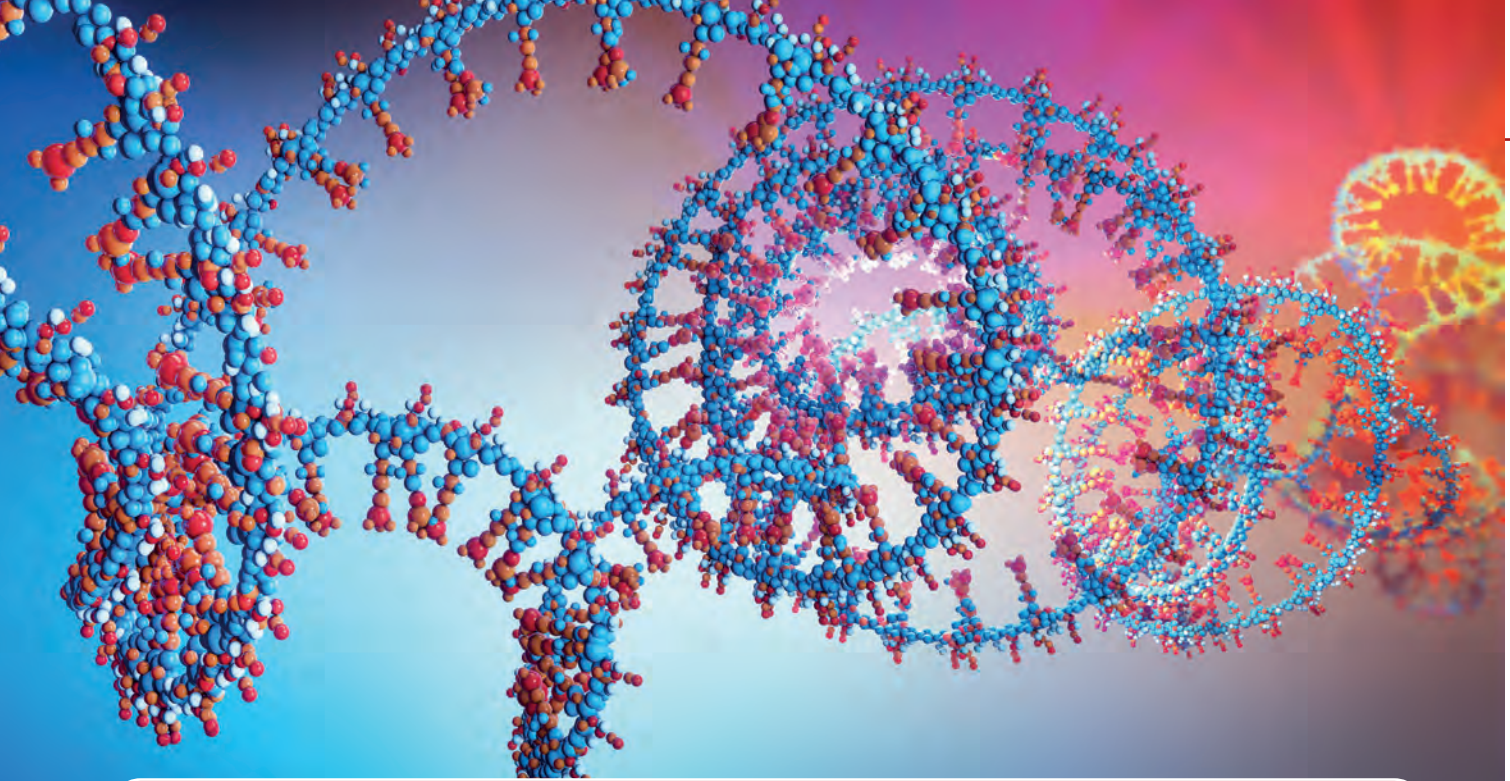
NE BİLİYORUZ, NE HATIRLIYORUZ?



Plastik ve yağlı boyanın kuruması kimyasal bir olaydır. **Bu tarz boyalar kururken meydana gelen kimyasal değişimleri araştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.**



Polimer üretiminde kullanılan yöntem ve tekniklerin polimerin fiziksel, mekanik özellikleri ve üretim maaliyeti üzerinde etkisi var mıdır? Arkadaşlarınızla tartışınız.



3.1. KATILMA POLİMERİZASYONU

Çeşitli monomerlerin verdiği polimerleşme tepkimeleri, **katılma** (zincir) ve **kondenzasyon** (basamaklı) **polimerizasyonu** olmak üzere iki temel mekanizma üzerinden gerçekleşir.

Yapısında π (pi) bağı bulunduran moleküller genellikle katılma polimerizasyonu ile polimerleşir. Katılma polimerizasyonu, çift bağ içeren monomerlerin aktif merkezlere hızlı bir şekilde katılması ile gerçekleşir. Etilen, stiren, vinil klorür gibi monomerler katılma polimerizasyonu verir. Katılma polimerizasyonunun başlayabilmesi için monomerin aktifleşmesi (pi bağının açılması) gerekir. Bu gereklilik serbest radikaller, iyonlar (anyon ve katyonlar) üzerinden karşılanabilir.

Radikalik ve **iyonik katılma** olmak üzere başlıca iki tür katılma polimerizasyonu vardır. Polimer zinciri, bu iki yöntemde de çok kısa sürede oluşmaya başlar ve yüksek molekül ağırlığına ulaşır. Tepkimenin ilk anlarında ortamda çok az sayıda polimer ve çok miktarda monomer bulunur. Zaman ilerledikçe monomerlerin polimere dönüşümü artar. Ortamdaki monomer sayısı azalırken polimer sayısı çoğalır ancak polimer moleküllerinin kütlesinde artış olmaz.

Katılma polimerizasyonu genellikle serbest radikaller üzerinden yürür. Serbest radikaller üzerinden yürüyen polimerizasyon tepkimeleri; başlama, büyüme ve sonlanma olmak üzere üç aşamada gerçekleşir.

Başlama aşaması: Bu aşamada, tepkime ortamında polimerizasyonu başlatacak bir başlatıcı kullanılır. Başlatıcı olarak kullanılan maddeler; diazo bileşikleri, peroksitler vb.dir. Başlatıcılar, çoğu zaman ısı altında kolayca parçalanabilen kararsız yapılardır. Başlama safhasında, monomer moleküllerinin (M) kimyasal veya fiziksel (ultraviyole, X ışını vb. kullanılarak) yollarla aktif radikaller hâline dönüştürülmesi amaçlanır. Çoğu zaman uygun moleküller (I) parçalanarak radikal özelliğe sahip başlatıcıları (R*) oluşturur. Başlatıcılar, monomeri aktif hâle geçirerek ona radikal monomer (M*) özelliği kazandırır:

$$I \longrightarrow 2R^*$$

$$R^* + M \longrightarrow RM^*$$

Radikal özelliğe sahip olan monomerler de başka atomlarla bağ yapma isteği kazanır.

Büyüme aşaması: Bu aşamada, başlama aşamasında oluşan radikal özellikteki monomerler diğer monomerlerle birleşerek monomer zincirleri oluşturur:

$RM^* + M \longrightarrow RMM^*$

$RMM^* + M \longrightarrow RMMM^*$

$RMMM^* + M \longrightarrow RMMMM^*$

... ...

... ...

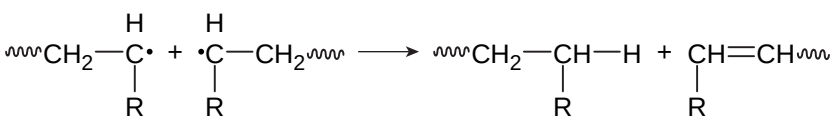
... ...

... ...

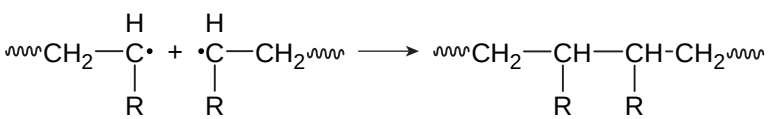
$R(M)_{n-2}M^* + M \longrightarrow R(M)_{n-1}M^*$

Sonlanma aşaması: Bu aşamada ya zincirin biri diğerine hidrojen transferi yaparak **orantısız sonlanma** yapar ya da oluşan iki radikal zincir birbirine eklenerek **birleşerek sonlanma** gerçekleşir:

$R(M)_{n-1}M^* + R(M)_{m-1}M^* \longrightarrow R(M)_n + R(M)_m$ (orantısız sonlanma)



$R(M)_{n-1}M^* + {}^*M(M)_{m-1}R \longrightarrow R(M)_{n+m}R$ (birleşerek sonlanma)

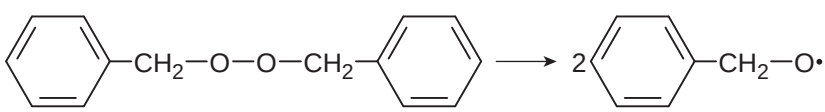


Sonuçta zincirde bulunan aktif uçlar pasifleştirilir ve polimerleşme tamamlanır.

Radikalik Katılma Polimerizasyonu

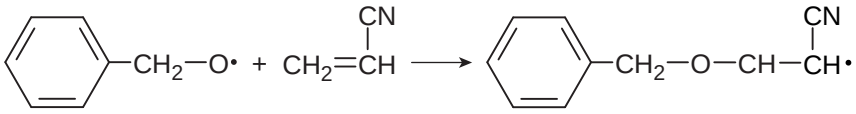
Serbest radikaller üzerinden yürüyen polimerizasyon işlemidir. Başlama, büyüme ve sonlanma aşamaları vardır. Başlama aşamasında oluşturulan serbest radikal, monomere katılır ve monomeri aktifleştirir. Diğer monomerler de aktif hâle geçen radikal monomere katılarak zincir oluşturmaya başlar. Aktif uçların pasifleştirilmesi ile de polimerizasyon sonlandırılır.

Radikalik polimerizasyonda başlatıcı olarak genellikle benzoil peroksit kullanılır. Benzen, toluen gibi çözücülerde hazırlanan çözeltiler ısıtılarak parçalanır ve benzoil oksi radikali üretilir:



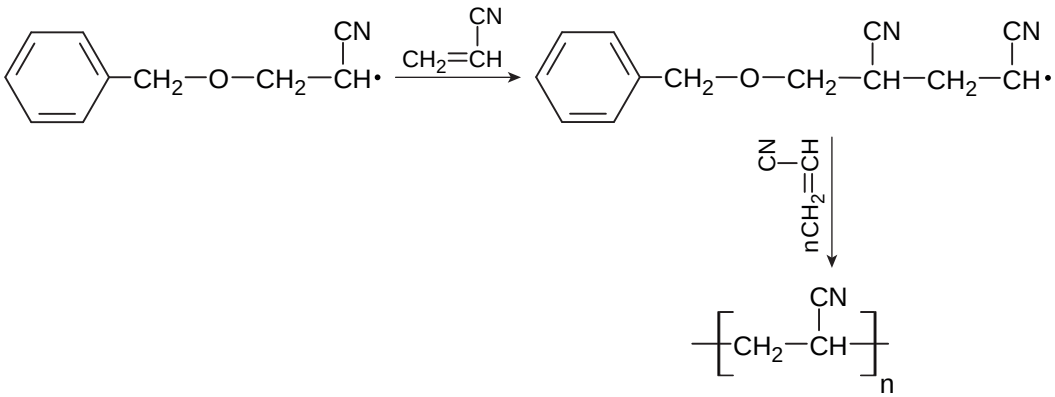
benzoil peroksit — benzoil oksi radikali

Oluşan serbest radikale katılması için akrilonitril gibi monomerler kullanılır:



benzoil oksi radikali akrilonitril

Oluşan radikal özellikteki monomerlere katılmalar hızla devam eder ve poliakrilonitril polimeri oluşur:



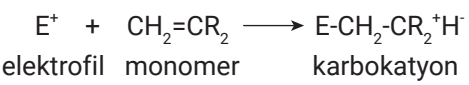
poliakrilonitril

İyonik Katılma Polimerizasyonu

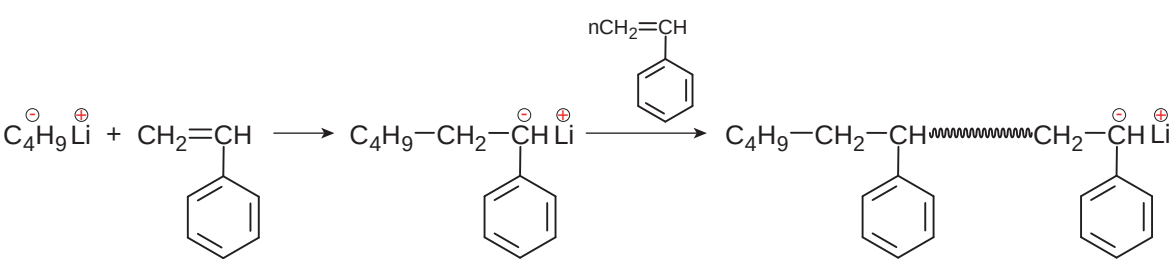
Monomerlerin iyonik yüke sahip aktif merkezler aracılığıyla polimerizasyon tepkimesi vermesiyle gerçekleşir. Katyonik ve anyonik polimerizasyon olmak üzere iki türü vardır. Aktif merkez pozitif yüklü ise **katyonik**, negatif yüklü ise **anyonik polimerizasyon** olarak adlandırılır. İyonlar üzerinden yürüyen katılma polimerizasyonlarının tepkime hızı, radikalik katılma polimerizasyonlarının hızlarına göre oldukça yüksektir. İyonik katılma polimerizasyonlarının hızlarını kontrol altında tutmak için tepkime, çok düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir.

Katyonik ve anyonik polimerizasyon, başlatıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Başlatıcılar, pi bağlarını açılmaya zorlayarak monomerlerin birbirlerine bağlanmasını sağlar.

Katyonik polimerizasyonda elektron verici grup olarak fenil ve alkil gruplarından yararlanılır. Bütadien, stiren, izobütilen gibi elektron veren monomerler bu yöntemle polimerleştirilir:

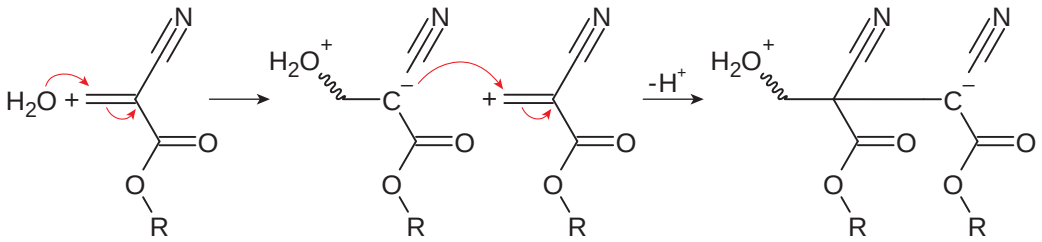


elektrofil monomer karbokatyon

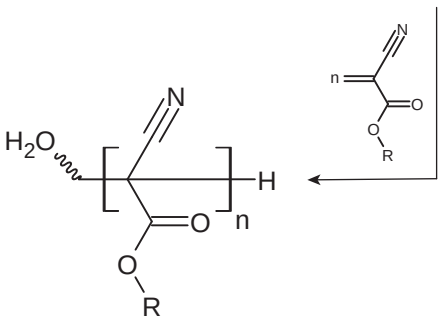


n-bütillityum stiren polistiren

Anyonik polimerizasyonda ester, aldehit, keton, karboksilik asit gibi karbonil grupları kullanılır:



siyanoakrilat

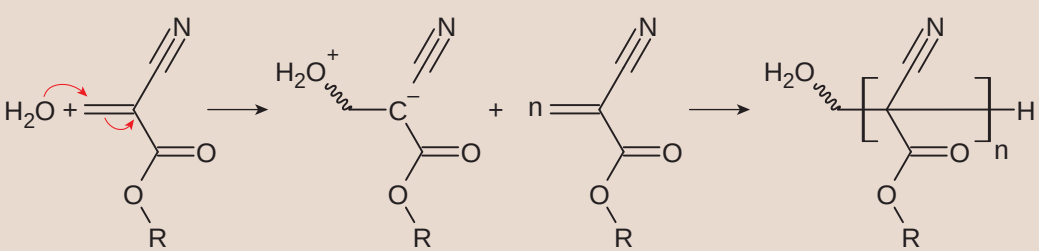


polisiyanoakrilat

Meraklısına

Bazı yapıştırıcılar, polimer oluşturarak yapıştırma işlevini yerine getirir. Hızlı ve güçlü bir yapıştırıcı olan süper yapıştırıcı bu şekilde çalışır. Siyonoakrilat monomerinin yapısındaki karbon atomuna bağlı siyano (-CN) ve ester grubu (-COOR), elektron çekme özelliğine (elektrofil) sahiptir. Bu gruplar, anyonik katılma polimerizasyonuna yatkın olduğundan su molekülü gibi elektronca zengin kimyasal maddelerle (nükleofil) tepkime verir. Bu yüzden az miktarda nem bile çok kısa sürede polimerleşmenin tamamlanmasını sağlar. Oluşan polimerin mukavemeti, oldukça yüksektir ve yapıştırılacak nesnelerin parçalarını bir arada tutar.





siyanoakrilat

polisiyanoakrilat

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
POLİSTİREN ELDESİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Radikalik katılma polimerizasyonu ile polistiren elde etmek.

Araç gereç: Deney tüpleri, sıcak su banyosu, tüp maşası, pipet, spatül, kâğıt havlu, terazi, kurşun kalem, kâğıt.

Kimyasal maddeler: Benzoil peroksit, stiren.

DİKKAT: Deneyi çeker ocakta yapınız. Peroksitlerin patlayıcı özellikleri vardır. Bu nedenle benzoil peroksit katısını ezmeyiniz, üzerine basınç uygulamayınız.

Uygulamanın yapılışı:

1. Deney tüpüne 5 mL stiren ve 0,2 gram benzoil peroksit koyunuz.
2. Yaklaşık 9 mm x 20 mm boyutlarında bir kâğıda kurşun kalemle adınızı yazınız. Kâğıdı, yazı dışa gelecek şekilde rulo yapıp tüpün içine atınız.
3. Deney tüpünü kaynar su banyosuna koyup bir saat bekleyiniz.
4. Deney tüplerini kaynar su banyosundan alarak tüplerin soğumasını bekleyiniz.
5. Tüpün içerisindeki polimeri inceleyiniz.
6. Deney tüpünü kâğıt havluya sararak kırınız (Nasıl yapılacağını öğretmeninizden göstermesini isteyiniz.) ve polimeri çıkararak inceleyiniz.
7. Yaptığınız deneyle ilgili, polimerleşme tepkimesinin başlama, büyüme ve birleşerek sonlanma basamaklarını da gösteren bir rapor hazırlayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Maddeleri ölçerek tüpe koyar.	20	15	10	5
3	Deney tüpünden polimeri çıkartır.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YAĞ ASİTLERİNİN POLİMERİZASYONU

Güvenlik İşaretleri

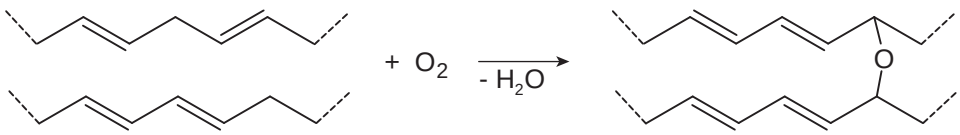


Amaç: Doymamış yağları açık havada ısıtarak polimerleştirmek.

Araç gereç: Porselen beher, beher, kül fırını, mezür, beher maşası, spatül.

Kimyasal maddeler: Sıvı yağ, ZnO.

Yağ moleküllerinin veya yağ asitlerinin üzerinde bulunan pi bağları, havanın oksijeni ile tepkimeye girerek yağ molekülleri/yağ asitleri arasında çapraz bağlar oluşturur:



Oluşan polimer molekülleri yağların viskoz bir hâl almasını sağlar. Özellikle konjuge pi bağları içeren keten tohumu, haşhaş tohumu ve ceviz yağı çok kolay polimerleşir. Bu tür yağlara **kuruyan yağlar** denir. Kuruyan yağlar, yağlı boya ve vernik üretiminde kullanılabilir.

Uygulamanın yapılışı:

1. Bir porselen beher içerisine 100 mL sıvı yağ ve spatül ucuyla ZnO koyunuz. Yağın bir kısmını deney sonunda kıyaslama yapabilmek için ayırınız.
2. Porselen beherdeki karışımı kül fırınında, yağdan duman tütmeyecek en yüksek sıcaklıkta (yaklaşık 270 °C) 3 saat ısıtınız [Deney, kül fırını ve porselen beher gibi malzemelerin temin edilememesi durumunda, yağ ve ZnO karışımının ağzı açık uygun bir kap (çelik tencere) içerisinde herhangi bir ısı kaynağıyla ısıtılmasıyla da yapılabilir.].
3. Porselen beheri, beher maşası yardımıyla fırından alarak beherin oda sıcaklığına kadar soğumasını bekleyiniz.
4. Porselen beher içindeki maddeyi cam bir behere dökünüz. Cam behere döktüğünüz maddenin renk, viskozite gibi fiziksel özelliklerini deney öncesinde ayırdığınız sıvı yağ ile kıyaslayınız. Gözlemlerinizi raporunuza yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

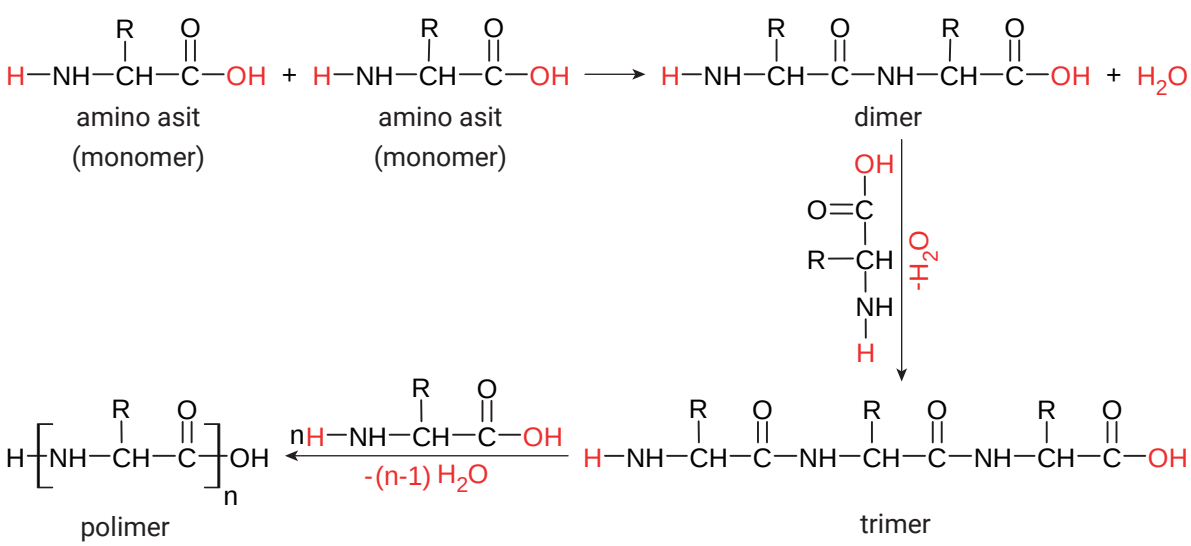
Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karışımı fırınlar.	20	15	10	5
3	Yağın saf hâli ile deney sonunda elde edilen maddenin fiziksel özelliklerini karşılaştırır.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



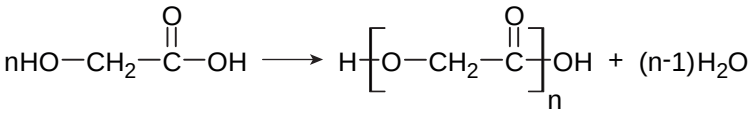
3.2. KONDENZASYON POLİMERİZASYONU

Basamaklı polimerleşme ya da **polikondenzasyon** da denilen kondenzasyon polimerizasyonu, polimer eldesinde kullanılan temel yöntemlerden biridir. En az iki fonksiyonel grup (aktif merkez) içeren monomerler, kondenzasyon polimeri oluşturabilir.

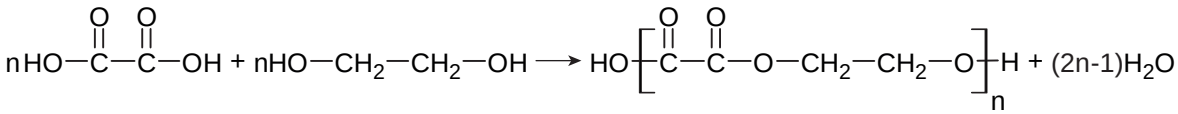
Kondenzasyon polimerizasyonunda, monomerler basamaklı olarak birbirine eklenir ve bu sırada su, amonyak, alkol, halojenli asitler gibi küçük moleküller ayrılır. Tepkime sonunda oluşan bileşik (dimer, trimer, ..., n-mer), monomerin sahip olduğu aktif merkezlere sahiptir. Bu durum, polimerleşme tepkimesinin devam edebilmesi ve polimer zincirinin uzayabilmesi için çok önemlidir. Kondenzasyon polimerleşmesinin bu özellikleri aşağıda verilen amino asitlerin basamaklı polimerleşmesinde açıkça görülebilir:



Kondenzasyon polimerleşmesinde birbiriyle etkileşen fonksiyonel gruplar aynı ya da farklı monomer üzerinde bulunabilir. Kullanılan monomer türlerine göre **homopolimer** veya **heteropolimer** elde edilebilir:



glikolik asit — poli(glikolik asit) (homopolimer)



oksalik asit — etilen glikol — poli(oksalik asit-co-etilen glikol) (heteropolimer)

Monomer başına iki fonksiyonel grup içeren kondenzasyon polimerleri, düz zincirli ve iki boyutlu polimer yapıları oluşturur. Eğer monomer başına düşen fonksiyonel grup sayısı ikiden fazla ise üç boyutlu veya ağ yapılı polimer yapıları meydana gelir. Örneğin dikarboksilik asitler; etilen glikol ile iki boyutlu, gliserin ile üç boyutlu polimerler oluşturur.

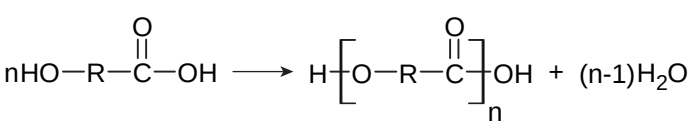
Kondenzasyon polimerleşmesinde polimerlerin ortalama molekül kütlesi, katılma polimerleşmesinden farklı olarak zaman ilerledikçe artar. Polimer moleküllerinin ortalama kütlesinin kontrol altında tutulması çok önemlidir. Uygulamada düşük ya da yüksek molekül ağırlıklı ürünler elde edilmek istenebilir. Molekül ağırlığının çok yüksek olması, düşük akışkanlık yüzünden ürünün tepkime kabından alınmasını zorlaştırır. Bu nedenle polimerin molekül kütlesi istenilen değere ulaştığında tepkime sonlandırılır. Tepkimeyi sonlandırmak için ortama tek fonksiyonel grup içeren moleküller eklenebilir.

Kondenzasyon polimerizasyonu ile elde edilen poliesterler, poliamitler, poliüretanlar ve polialkilfenilenler, endüstride yaygın kullanılan polimerlerden bazılarıdır.

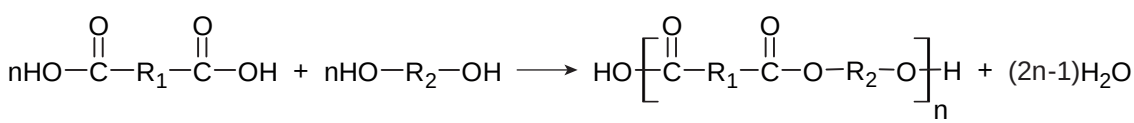
Polyesterler (Poliesterler)

Hidroksiasitler, kendi molekülleri arasında ester bağları oluşturarak polyesterleri meydana getirir. Endüstride ise polyesterler, genellikle dikarboksilik asitlerin glikollerle tepkimeleri sonucunda elde edilir. Bazen endüstride, dikarboksilik asitler yerine bu asitlerin esterleri de kullanılabilmektedir.

Monomerler, bu tür polimerlerin genel adından da anlaşılacağı gibi birbirlerine ester bağları ile bağlanmıştır:



hidroksiasit — polyester



dikarboksilik asit — glikol — polyester

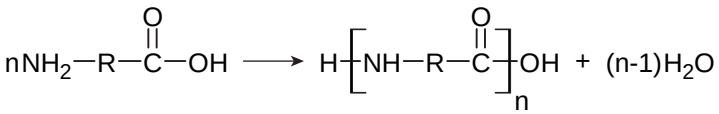
Polyesterler, tekstil sanayisinde ve elyaf üretiminde kullanılır (Görsel 3.1).



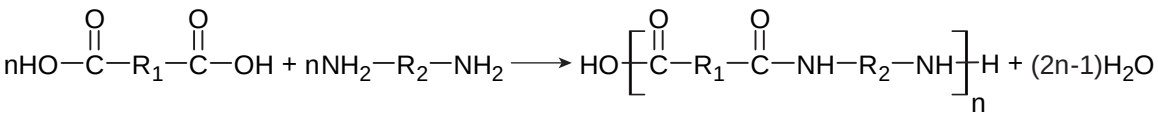
Görsel 3.1: Tekstil sektöründe polyester kullanımı

Poliamitler

Amino asitlerden ve dikarboksilik asitlerle diaminlerin tepkimesinden elde edilebilir. Endüstride dikarboksilik asitler yerine bu asitlerin klor anhidritleri de kullanılabilmektedir.



amino asit — poliamit



dikarboksilik asit — diamin — poliamit

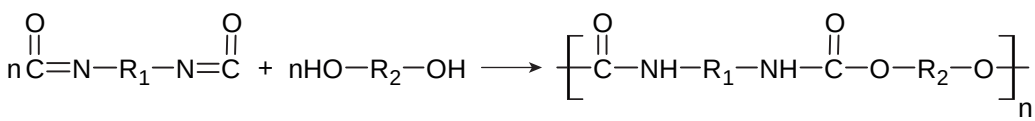
Poliamitler, halk arasında **naylon** olarak bilinir; askerî uygulamalar ve mühendislik uygulamalarından ambalaj üretimine kadar çok değişik alanlarda kullanılır. Özelllikle halat ve aşınma direnci yüksek tekstil malzemeleri poliamitten yapılır (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Poliamitten yapılmış halatlar

Poliüretanlar

Diizosiyanatların glikollerle polimerleşmesinden elde edilir. Poliüretan eldesinin mekanizması, diğer kondenzasyon tepkimelerinden biraz farklıdır çünkü tepkime sonucunda yan ürün olarak küçük molekül açığa çıkmaz:



diizosiyanat — glikol — poliüretan

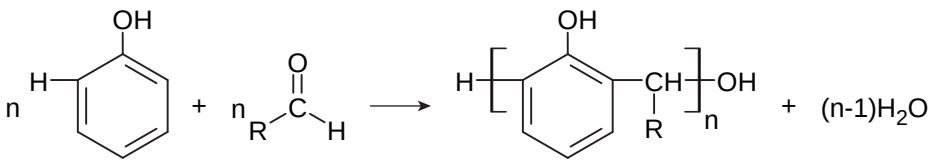
Poliüretanlar genellikle dolgu ve yalıtım köpüğü olarak kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Poliüretan köpük

Polialkilfenilenler

Fenollerin aldehitlerle oluşturduğu polimerlerdir:



En yaygın kullanılan türü fenol formaldehit reçineleridir. Kontrplak, sunta, cam yünü, taş yünü gibi materyallerin üretiminde kullanılır (Görsel 3.4).



Görsel 3.4: Cam yünü

3.2.1. Katılma ve Kondenzasyon Polimerizasyonlarının Kıyaslanması

Katılma ve kondenzasyon polimerizasyonları arasındaki önemli farklar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Katılma ve Kondenzasyon Polimerizasyonları Arasındaki Farklar

Katılma Polimerizasyonu	Kondenzasyon Polimerizasyonu
Tepkime süresi arttıkça verim artar ancak ortalama mol kütlesi değişmez.	Tepkime süresi arttıkça ortalama mol kütlesi artar.
Polimerin molekül kütlesi tepkime başladıktan çok kısa bir süre sonra en büyük değerine ulaşır.	Polimerin molekül kütlesi zaman ilerledikçe artar.
Tepkime başladıktan çok kısa bir süre sonra ortamdaki monomer miktarı %1'den daha düşük olacak biçimde azalır.	Ortamdaki monomer derişimi, tepkime süresince sürekli azalır.
İki farklı aktif zincirin birleşmesinden oluşan yeni molekül, aktivitesini kaybeder; zincir daha fazla uzamaz.	İki farklı aktif zincirin birleşmesinden oluşan yeni molekül, aktivitesini kaybetmez; zincir büyümeye devam edebilir.
Tepkime süresince, ortamda farklı uzunluklarda polimer zincirleri bulunur.	Tepkime süresince, ortamda yüksek mol kütleli ve aktifliğini kaybetmiş zincirler, daha düşük kütleli aktif zincirler ve monomerler bulunur.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
NAYLON SENTEZİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Ara yüzey polimerizasyonu ile naylon-6,10 sentezlemek.

Araç gereç: 250 mL'lik beher, 100 mL'lik iki adet beher, mezür, baget, cımbız (veya forseps), terazi.

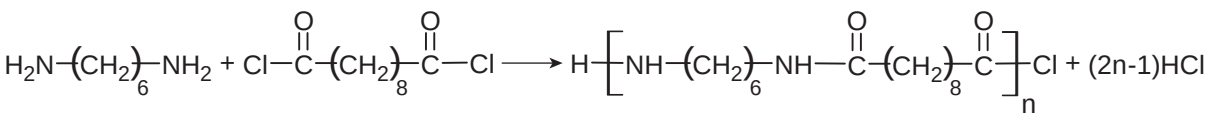
Kimyasal maddeler: 1,6-diaminohekzan (hekzametilen diamin), dekandioil diklorid (sebakoil klorür), siklohekzan, saf su.

DİKKAT: Deneyi yaparken eldiven kullanınız.

Uygulamanın yapılışı:

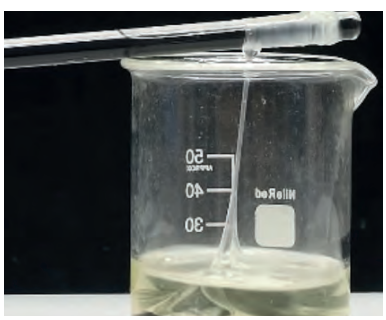
1. 2,2 gram 1,6-diaminohekzan tartarak 50 mL saf su içerisinde çözünüz.
2. 1,5 gram dekandioil diklorid tartarak 50 mL siklohekzan içerisinde çözünüz.
3. 1,6-diaminohekzan çözeltisini 250 mL'lik behere alarak üzerine yavaş yavaş dekandioil diklorid çözeltisini ilave ediniz. **Çözeltilerin karışmaması için dekandioil diklorid çözeltisini beherin kenarından ya da bir baget üzerinden yavaşça dökünüz.**

   Tepkime, aşağıdaki denkleme göre iki çözeltinin birbirine temas ettiği ara yüzeyde gerçekleşecektir. Ara yüzeyde oluşan mat görüntü polimer oluşumunun göstergesidir.



1,6-diaminohekzan dekandioil diklorid naylon-6,10

4. Bir cımbız ya da forseps yardımıyla ara yüzeydeki polimeri tutarak bagete dolayınız.
5. Bageti sabit bir hızla çevirerek polimeri bagete sarınız. Polimeri çektikçe ara yüzeydeki polimerleşme devam edecektir.
6. Polimeri saf su ile yıkadıktan sonra özelliklerini inceleyiniz.
7. Polimerin bir kısmını uygun bir kap içerisine koyarak kurumaya bırakınız. Kuruyan polimerin özelliklerini inceleyiniz.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Çözeltileri hazırlar.	20	15	10	5
3	Polimerleşmeyi gerçekleştirir.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
BAKALİT SENTEZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Fenol-formaldehit reçinesinin iki aşamalı polimerizasyonu ile bakalit sentezlemek.

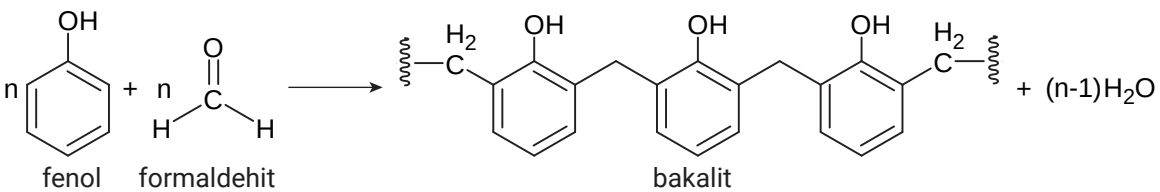
Araç gereç: Isıtıcı, beher maşası, pipet, mezür, terazi, 250 mL'lik beher, baget, silikon kalıplar.

Kimyasal maddeler: Fenol, formalin (%37'lik formaldehit çözeltisi), %10'luk NaOH çözeltisi.

DİKKAT: Deneyi çeker ocakta yapınız.

Uygulamanın yapılışı:

1. 25 mL formalin ve 20 gram fenolü 250 mL'lik behere koyunuz.
2. Beheri ısıtıcıya yerleştirerek ısıtıcıyı çalıştırınız.
3. Beherdeki karışımı karıştırarak fenolün çözünmesini sağlayınız.
4. Karışıma 10 damla %10'luk NaOH çözeltisi ekleyiniz.
5. Beherdeki karışımı, karıştırarak ısıtmaya devam ediniz. İşlem sırasında sıcaklığı 70-100 °C arasında tutmaya çalışınız. Aşağıdaki tepkimeye göre polimerleşme gerçekleşecektir:



6. Tepkime ilerledikçe beherdeki karışım kahverengiye dönecek ve viskozitesi giderek artacaktır. Beherdeki karışımı, yaklaşık mercimek büyüklüğünde bol baloncuklar oluşuncaya kadar karıştırarak ısıtmaya devam ediniz.
7. Reçineyi ısıtıcıdan alarak kalıplara dökünüz. Elde ettiğiniz karışım, ön polimerleşme aşamasını tamamlamış fenol-formaldehit reçinesidir. İsterseniz polimerleşmenin tamamlanabilmesi için kalıpladığınız reçineyi 100-120 °C arasındaki sıcaklıkta 2 saat ısıtarak kürlenmesini sağlayabilirsiniz.
8. Polimerleşen reçineyi kalıpta bir gün beklettikten sonra kalıptan çıkararak fiziksel özelliklerini inceleyiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

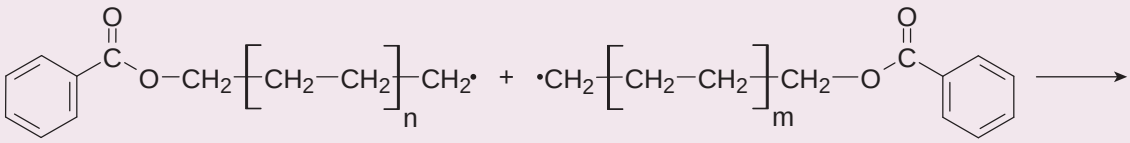
Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Çözeltileri hazırlar.	20	15	10	5
3	Polimerleşmeyi gerçekleştirir.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Örnek

Örnek:

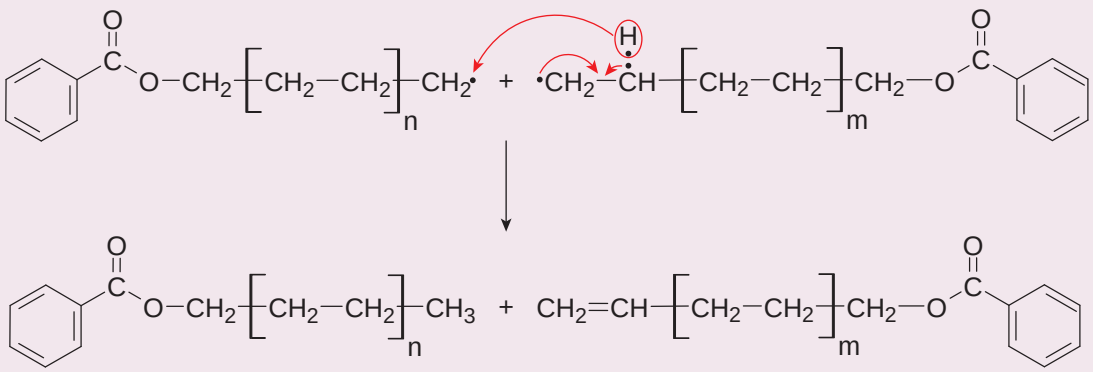
Katılma polimerizasyonunun sonlanma basamağı iki farklı biçimde gerçekleşebilir. Orantısız sonlanmada aktif polimer zincirleri arasında hidrojen atomu transfer edilerek biri doymuş, diğeri ucunda çift bağ içeren iki polimer molekülü oluşur. Birleşerek sonlanmada ise iki aktif polimerik zincir birbiriyle birleşerek iki aktif zincirin toplam uzunluğu kadar bir polimer molekülü meydana getirir.

Yukarıdaki açıklamaya göre aşağıda verilen aktif polimer zincirleri için orantısız ve birleşerek sonlanma basamaklarını, oluşacak polimer moleküllerini ayrı ayrı yazarak gösteriniz.

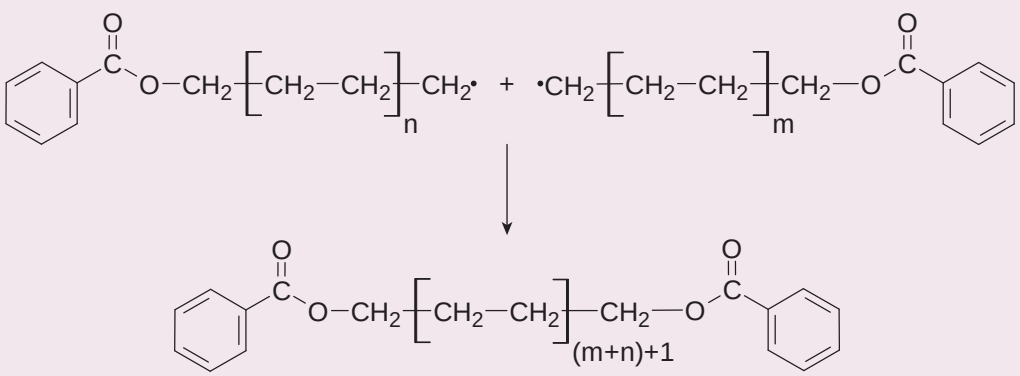


Çözüm

Orantısız sonlanma sırasında aktif zincirler arasında hidrojen transferi gerçekleşeceği için tepkime denklemi aşağıdaki gibi yeniden düzenlenirse tepkime daha kolay anlaşılabilir. Sonlanma aşamasından sonra iki farklı polimer molekülü oluşacaktır:



Birleşerek sonlanma basamağında iki aktif zincir birleşerek büyük bir polimer molekülü oluşturacaktır:



3.2.2. Polimerizasyon Yöntemleri

Polimerleşme tepkimeleri hem laboratuvarlarda hem de endüstride farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Her yöntemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Bazı polimerlerin üretimi için belli yöntemleri kullanmak bariz şekilde avantajlı olabilir. Kullanılan yöntem ve tepkime koşulları, polimerin molekül kütlesi ve zincir yapısının farklı olmasını sağlar. Aynı polimer farklı yöntemlerle elde edildiğinde polimerin fiziksel ve mekanik özellikleri değişebilir. **Kütle**, **çözelti**, **süspansiyon** ve **emülsiyon** polimerizasyonları başlıca polimerizasyon yöntemleridir.

Kütle (Blok) Polimerizasyonu

Monomerlerin doğrudan doğruya bir başlatıcı yardımıyla ve uygun koşullarda polimerleştirildiği tekniktir. Farklı fiziksel hâllerdeki monomerler için uygulanabilir olsa da genellikle sıvı hâldeki monomerlerin polimerleştirilmesinde tercih edilir. Bu yöntem laboratuvar çalışmalarında sıkça kullanılır.

Kütle polimerizasyonu, kondenzasyon polimerleşmesi için daha uygundur. Kondenzasyon polimerleşmesinde polimer zinciri zamana bağlı olarak büyüdüğü için tepkime sırasında tepkime kabındaki vizkozite düşüktür. Karışım kolayca karıştırılarak hem monomerlerin hem de ısının homojen dağılması sağlanabilir.

Kütle polimerizasyonuyla, radikalik katılma polimerizasyonu ile üretilecek polimerlerin elde edilmesi zordur. Çünkü radikalik katılma polimerizasyonu çok hızlı ilerler ve kısa sürede tepkime kabındaki karışım yüksek viskoziteye ulaşır. Bu durum karıştırmayı zorlaştırır. Tepkime, ekzotermik olduğundan tepkime ortamında sıcak bölgeler oluşmasına neden olur. Tepkime, sıcak bölgelerde çok daha hızlı gerçekleşir ve daha fazla ısı açığa çıkar. Ürün yüksek ısı nedeniyle bozunabilir.

Katılma polimerlerinin kütle polimerizasyonu yöntemi ile elde edilmesi, iki aşamalı polimerleştirmeyle mümkündür. Monomer, ön polimerleşme aşamasıyla belli bir oranda polimerleştirilir. Oluşan viskoz monomer-polimer karışımı, kule şeklindeki reaktöre aktarılır. Reaktör içerisinde, ürüne son şeklini verecek kalıplar da bulunur. Polimerleşme, reaktörün sıcaklığı yukarıdan aşağıya doğru artırılarak kalıp içerisinde tamamlanır. Polimerleşme tamamlandıkça genellikle hacim küçüldüğü için kalıplar sıkıştırılarak ürüne son şekli verilir.

Polietilen, polistiren, poli(metil metakrilat) ve naylon-6,6 bu yöntemle elde edilir.

Avantajları	Dezavantajları
• Uygulaması kolaydır. • Temiz (saf) polimer elde edilir. • Polimerizasyon hızı yüksektir. • Polimer doğrudan işlenebilir.	• Yüksek viskozite, ısı aktarımını ve karıştırmayı zorlaştırır. • Polimerleşme tamamlanmadıysa monomerlerin ayrıştırılması ek maliyet getirir.

Çözelti Polimerizasyonu

Polimerizasyon tepkimesinin uygun bir çözücü içerisinde gerçekleştirildiği yöntemdir. Çözücü, monomeri çözebilmeli ancak ortamdaki maddelerle tepkimeye girmemelidir. Monomer ve başlatıcı uygun bir çözücü içerisinde çözünerek tepkime başlatılır. Çözücü, ortamı seyrelterek viskoziteyi düşürür. Karıştırmayı ve ısı transferini kolaylaştırır.

Çözelti polimerizasyonunda çözücü seçimi çok önemlidir. Çözücünün monomeri çözmesi, erime ve kaynama noktasının tepkime koşullarına uygun olması, tepkime tamamlandığında ortamdan kolayca uzak-

laştırılabilmesi gerekir. Çözücünün çevre dostu, ucuz ve zehirsiz olması da önemlidir. Monomerler apolar yapılı organik bileşikler olduğu için çözücü olarak genellikle alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, esterler, eterler ve bazen de alkoller kullanılır. Poliakrilamit, poliakrilik asit, polimetilmetakrilat gibi suda çözünen bazı monomerlerin polimerizasyonunda çözücü olarak su da kullanılabilir.

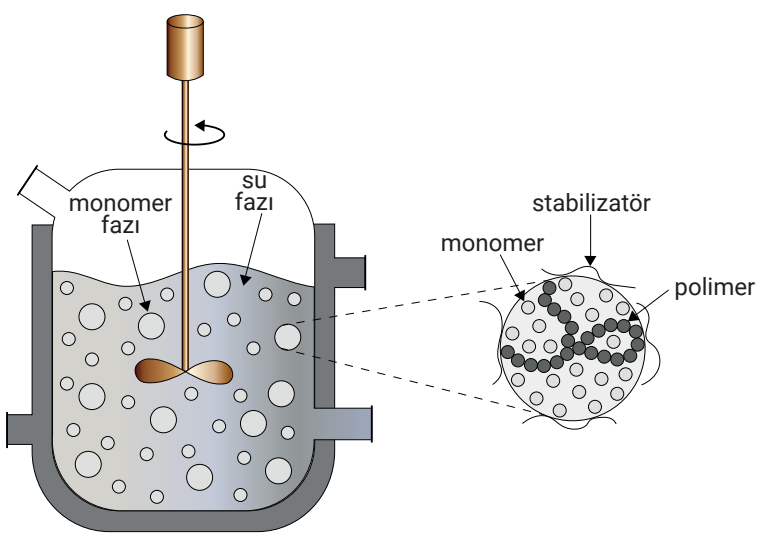
Polimerizasyonda kullanılan çözücü, monomer ve başlatıcıyı çözmek zorundadır. Eğer çözücü oluşan polimeri de çözüyorsa tepkime ortamı daima homojen olacağından bu tür tepkimelere **homojen çözelti polimerizasyonu** denir. Oluşan polimer çözücüde çözünmüyorsa tepkime, heterojen bir ortamda devam eder. Bu tür tepkimelere de **heterojen çözelti polimerizasyonu** adı verilir.

Avantajları	Dezavantajları
• Tepkimeyi kontrol altında tutmak kütle polimerizasyonuna göre daha kolaydır. • Düşük viskozite, karıştırmayı ve ısı transferini kolaylaştırır. • Elde edilen ürün, doğrudan boya ve yapıştırıcı üretiminde kullanılabilir.	• Elde edilen polimerin mol kütlesi düşüktür. • Çözücünün üründen uzaklaştırılması ek maliyet getirir. • Çözücü dikkatli seçilmezse maliyet artar, çevre kirliliği oluşur.

Süspansiyon Polimerizasyonu

Süspansiyon polimerizasyonu, radikalik katılma mekanizmasıyla polimerlerin iyi kontrol edilen bir ortamda elde edilebilmesine imkân verir. Tepkimede, monomeri çözmeyen uygun bir sıvı (dağıtıcı faz) kullanılır. Süspansiyon polimerizasyonunda en çok tercih edilen sıvı sudur. Monomer, bu sıvı ile karıştırıldığında sıvı içerisinde asılı kalır. Kararlı bir süspansiyon (monomer parçacıklarının birbirine yapışmadığı) elde edebilmek için stabilizatör (jelatin, kaolin, pudra, alüminyum hidroksit, baryum ya da kalsiyum karbonatlar) denilen kimyasallar kullanılır. Kullanılan karıştırıcılar da monomer fazının birbirine yapışmasını mekanik olarak engeller.

Tepkimenin başlaması için kullanılan başlatıcı, dağıtıcı fazda çözünmeyip monomer fazı içerisinde çözünmelidir. Tepkime, sıvı içerisinde asılı hâlde bulunan monomer fazında gerçekleşir (Görsel 3.5). Oluşan polimer, genellikle granül hâlindedir ve karışımdan süzülerek ayrılır. Poli(vinil klorür), polistiren, poli(metil metakrilat) gibi polimerler ve tüm yaygın termoplastik polimerler bu yöntemle üretilebilir.



Görsel 3.5: Süspansiyon polimerizasyonu için temsilî reaksiyon ortamı

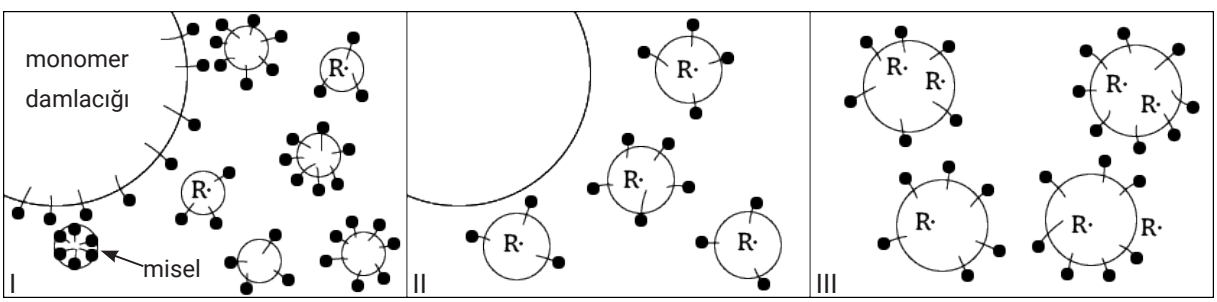
Süspansiyon polimerizasyonunda oluşan polimer, kendi monomeri içinde çözünüyorsa pürüzsüz, yarı saydam ve küresel polimer parçacıkları elde edilir. Kullanılan yönteme, ürünün şekli nedeniyle **boncuk/inci polimerizasyonu** adı verilir. Eğer oluşan polimer, kendi monomeri içinde çözünmüyorsa elde edilen polimer tanecikleri gözenekli ve düzensiz yapılıdır. Yöntem **toz polimerizasyonu** adını alır.

Avantajları	Dezavantajları
• Tepkimeyi kontrol altında tutmak kütle ve çözelti polimerizasyonuna göre daha kolaydır. • Organik çözücüler yerine su kullanılır. • Düşük viskozite, karıştırmayı ve ısı transferini kolaylaştırır. • Elde edilen ürün, doğrudan boya ve yapıştırıcı üretiminde kullanılabilir.	• Kesiksiz üretim prosesleri için uygun değildir. • Su ve stabilizatör gibi safsızlıkların üründen uzaklaştırılması zor ve maliyetlidir. • Ürün saf hâlde elde edilemez, kirlenme riski içerir.

Emülsiyon Polimerizasyonu

Dağıtıcı ortam (genellikle su), dağıtıcı fazda çözünmeyen monomer, yüzey aktif maddeler ve başlatıcılar içeren bir karışım ile gerçekleşen radikalik katılma polimerizasyonu türüdür. Yüzey aktif madde olarak sabun ve yağ asitleri kullanılır. Su içinde dağılan monomer damlacıklarının birbirine yapışmasını engellemek için polivinil alkol veya hidroksietil selüloz gibi suda çözünen polimerler, emülgatör/stabilizatör olarak kullanılabilir.

Süspansiyon polimerizasyonundan farklı olarak kullanılan başlatıcının monomerde değil su içerisinde çözünmesi gerekir. Polimerleşme, monomerin oluşturduğu emülsiyon damlacığı içerisinde değil su fazı içine dağılmış daha küçük ama sayıca çok daha fazla olan kolloit parçacıklarında gerçekleşir. Emülsiyon polimerizasyonu, üç aşamada meydana gelir (Görsel 3.6):



Görsel 3.6: Emülsiyon polimerizasyonunun oluşum aşamaları

I. aşamada, monomer damlacığından ayrılan monomerler, yüzey aktif maddelerle sarılarak kolloit parçacıkları (miseller) oluşturur. Misellerin sayısı giderek artarken çözeltide çözünmüş yüzey aktif madde tükenir. Misellerin toplam yüzey alanı monomer damlacıklarının toplam yüzey alanından çok daha büyük olduğu için misellerin bir kısmı suda çözünmüş hâlde bulunan başlatıcılarla etkileşir ve polimerleşme başlar.

II. aşamada, polimerleşme devam eder. Miseller içerisinde büyüyen polimer zincirleri, monomer damlacıklarından monomer çeker. Monomer damlacıkları, monomer kaynağı gibi davranır. Bu aşama monomer damlacıkları tükenene kadar devam eder.

III. aşamada, polimer zincirleri büyümeye devam eder. Karışım içerisinde, polimerleşmenin devam ettiği aktif bölgelerde monomer konsantrasyonu düşmeye başlar ve tepkime tamamlanır.

Emülsiyon polimerizasyonu, sentetik kauçuğun üretiminde tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemle elde edilen polimerlerin büyük bir kısmı emülsiyon olarak piyasaya sunulur. Bu emülsiyonlar; boya, yapıştırıcı üretimi ile kâğıt ve tekstil kaplama materyali olarak kullanılır. Bu ürünler organik çözücüler içermedikleri için tercih edilir.

Avantajları	Dezavantajları
• Polimerizasyon hızı yüksektir. • Yüksek mol kütleli polimer elde edilebilir. • Organik çözücüler yerine su kullanılır. • Düşük viskozite, karıştırmayı ve ısı transferini kolaylaştırır. • Elde edilen ürün, doğrudan boya ve yapıştırıcı üretiminde kullanılabilir.	• Polimer saf olarak (katı hâlde) elde edilecekse safsızlıkları ayırmak zordur. • Suyun uzaklaştırılması ve katının kurutulması yüksek miktarda enerji gerektirir.

Teknik Gezi

Amaç: Polimer ürünler hakkında bilgi sahibi olmak.

Araç gereç: Kalem, not defteri.

Dikkat: İncelemelerinizi yapmak için gittiğiniz işletmedeki görevli personelden yardım isteyiniz.

Uygulamanın yapılışı:

1. İlinizde polimer madde üretimi veya işlenmesi konusunda faaliyet gösteren işletmelerden birini belirleyiniz. Belirlediğiniz işletmeye öğretmeninizle beraber inceleme gezisi düzenleyiniz.
2. İşletme hakkında önceden bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri not ediniz.
3. Gezinin amacına ulaşması ve gezide neleri gözlemlemeniz gerektiğini bilmek için tesise gitmeden önce beşinci maddede verilen soruları okuyunuz.
   - Tesis içi güvenlik kurallarına uyunuz ve görevlilerden gereken yardımları alınız.
   - Yetkili kişilerden tesis hakkında bilgi alınız. Aldığınız bilgileri not ediniz.
4. Tesis içinde yaptığınız gezi, inceleme ve uygulama anlarında edindiğiniz bilgi, gözlem vb. ni not ediniz.
5. **Notlarınızı inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.**

   a) İnceleme yaptığınız tesiste, hangi polimer ürünler üretilmekte veya işlenmektedir?
   b) Polimerin üretiminde veya işlenmesinde hangi yöntemler kullanılmaktadır?
   c) Tesis eğer sizin olsaydı ne gibi yenilikçi tasarımlar ve geliştirmeler yapardınız? Tartışınız.

1. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda sol sütunda polimerizasyon yöntemlerinin özellikleri, sağ sütunda ise bu özellikleri taşıyan polimerizasyon yöntemlerinin adları verilmiştir. **Sol sütundaki özelliklerin önündeki parantezlere sağ sütunda verilen adlardan doğru olana ait harfi yazınız.**

Polimerizasyon Yöntemlerinin Özellikleri	Polimerizasyon Yöntemlerinin Adları
( ) 1. Radikalik katılma polimerizasyonudur. Kullanılan başlatıcı su içinde çözünmelidir. Hızlı gerçekleşen ve yüksek molekül kütleli polimerlerin eldesinde kullanılır. ( ) 2. Monomeri çözemeyen bir dağıtıcı fazın (suyun) kullanıldığı polimerizasyon yöntemidir. Ürünün saflaştırılması zor ve maliyetlidir. ( ) 3. Hızlı bir polimerizasyon yöntemidir. Kolay uygulanan ve saf polimer elde edilebilen bir tekniktir. Polietilen, naylon-6,6 polimerleri bu yöntemle elde edilir.	A. Kütle polimerizasyonu B. Çözelti polimerizasyonu C. Süspansiyon polimerizasyonu Ç. Emülsiyon polimerizasyonu

YAPARAK ÖĞRENELİM

Amaç: Polimer modelleri oluşturmak.

Araç gereç: Renkli boncuklar, bakır tel, pense.

Uygulamanın yapılışı:

1. Bir kâğıda, yapacağınız düz zincirli, dallanmış ve çapraz bağlı polimer modellerini çiziniz.
2. Düz zincirli, çapraz bağlı ve dallanmış polimer zincirleri oluşturmak için pense yardımı ile uygun uzunlukta tel parçaları kesiniz.
3. Tellere boncukları geçirerek biri kısa biri uzun olmak üzere iki düz zincirli polimer modeli oluşturunuz.
4. Telleri birbirine ekleyerek ve boncukları dizerek çapraz bağ sayısı az ve çok olmak üzere iki çapraz bağlı model oluşturunuz.
5. Telleri birbirine ekleyerek ve boncukları dizerek dal sayısı az ve çok olan iki dallanmış polimer modeli oluşturunuz.

Oluşturduğunuz modelleri sertlik ve esneklik bakımından kıyaslayınız. Zincir uzunluğunun, dal sayısının ve çapraz bağ sayısının sertlik ve esnekliğe etkisi olmuş mudur? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

A. Aşağıda verilen sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Katılma polimerizasyonu için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Yapısında pi bağı taşımayan monomerlerce gerçekleştirilir.

B) Kondenzasyon ve radikalik katılma olmak üzere iki çeşidi vardır.

C) Tek bağ içeren monomerler, aktif merkezlere hızlı bir şekilde katılır.

D) Gerçekleşmesi için monomerin pi bağının açılarak aktifleşmesi gerekir.

E) Gerçekleşebilmesi için sulu ortam gerekir.

2. I. Emülsiyon
II. Çözelti
III. Kütle
IV. Süspansiyon

Yukarıda verilenlerden hangileri polimerizasyon yöntemidir?

A) I ve II B) II ve III C) III ve IV D) I, III ve IV E) I, II, III ve IV

3. Aşağıda verilen organik maddelerden hangisi katılma polimerleşmesi vermez?

A) Etanol B) Etilen C) Propilen D) Stiren E) Vinil klorür

4. İyonik katılma polimerizasyonunun aktif merkezin türüne göre çeşitleri aşağıdakilerden hangisidir?

A) Aktif-Pasif B) Anyonik-Katyonik C) Basamaklı-Kütle
D) Radikalik-İyonik E) Süspansiyon-Emülsiyon

5. Üretimini yapacağı polimer malzeme granül hâlinde olan bir işletmede aşağıda verilen polimerizasyon işlemlerinden hangisinin kullanılması daha uygundur?

A) Blok B) Çözelti C) Emülsiyon D) Kütle E) Süspansiyon

6. Aşağıda verilenlerden hangisi süspansiyon polimerleşmesinin avantajlarındandır?

A) Polimerizasyon hızı yavaştır.

B) Yüksek mol kütleli polimer elde edilebilir.

C) Su dışındaki çözücüler kullanılır.

D) Yüksek viskozitelidir.

E) Ürünü saflaştırmak için az miktarda enerji gerekir.

7. Katılma polimerizasyonunun sonlanma aşamasında iki radikal zincir birbirine eklenir ve birleşerek sonlanma gerçekleşir. **Monomer molekülleri M, radikal özellikteki başlatıcı R*, radikal monomer M* ile gösterildiğinde aşağıda verilenlerden hangisi birleşerek sonlanma sonucunda oluşan katılma polimerizasyonu ürünü olur?**

A) $R(M)_n + R(M)_m$

B) $R(M)_{n+m}R$

C) $R(M^*)_n + R(M^*)_m$

D) $R(M)_{n+m}R^*$

E) $R^*(M)_n + R^*(M)_m$

8. Aşağıda verilen özelliklerden hangisi emülsiyon polimerleşmesinin özellliklerinden biridir?

A) İyonik katılma polimerizasyonudur.

B) Başlatıcı madde su içerisinde değil, monomerde çözünür.

C) Polimerleşme kolloit parçacıklarda gerçekleşir.

D) İki aşamada gerçekleşen polimerleşme türüdür.

E) Organik çözücü içerisinde gerçekleşir.

9. Aşağıdakilerden hangisi çözelti polimerizasyonunda kullanılacak çözücünün özelliklerinden biri değildir?

A) Seçilecek çözücü monomeri çözebilmelidir.

B) Çözücü, tepkime sonunda ortamdan kolayca uzaklaştırılabilmelidir.

C) Canlı sağlığına ve çevreye zararsız olmalıdır.

D) Apolar yapılı monomerlerde polar yapılı çözücüler kullanılmalıdır.

E) Tepkime koşullarına uygun hâl değiştirme sıcaklıklarına sahip olmalıdır.

10. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi süspansiyon polimerizasyonunun özelliklerinden biri değildir?

A) Radikalik katılma ile gerçekleşir.

B) Kullanılan dağıtıcı faz, monomeri çözmemelidir.

C) Elde edilen polimer, heterojen sıvı-sıvı karışımıdır.

D) Monomerlerin birbirine yapışmaması için stabilizatör kullanılır.

E) Toz ve boncuk polimerizasyonu çeşitleri vardır.

11. Aşağıdaki organik polimerlerden hangisi halk arasında naylon olarak bilinir?

A) Poliamit

B) Polietilen

C) Polipropilen

D) Polistiren

E) Polyester

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Kondenzasyon polimerleşmesi ile katılma polimerleşmesi arasındaki belirgin farklardan iki tanesini yazınız.

2. Katılma polimerizasyonunda kullanılan serbest radikallerin polimerleşmedeki rolünü kısaca açıklayınız.

- Basan, S. (2013). Polimer Kimyası. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Beşergil, B. (2008). Polimer Kimyası. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Hart, H., Hart, D.J. ve Craine, L.E. (1998). Organik Kimya. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Mortimer, C. E. (1993). Modern Üniversite Kimyası. İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- Solomons, G., Snyder, S. ve Fryhle, C.B. (2016). Organik Kimya. Ankara: Palme Yayıncılık.
- T.C. MEB, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Programlar ve Öğretim Materyalleri Daire Başkanlığı. (2020). Kimya Teknolojisi Alanı, Çerçeve Öğretim Programı. Ankara.
- Türk Dil Kurumu. (2012). Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Bu kaynakça APA yazım kuralları ve kaynak gösterme yöntemi ile hazırlanmıştır.

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Karekodu okutarak ya da http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2133 adresinden görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.

1. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde: I. Ç II. D III. B IV. C

1. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. 1. E 2. E 3. C 4. E 5. E 6. D 7. A 8. A

B. 1. C 2. B 3. D 4. A

2. Camsı geçiş sıcaklığı, polimer maddelerin camsı özelliklerini kaybedip akışkan özellikler kazanmaya başladığı sınır sıcaklıktır.

Camsı geçiş sıcaklığını etkileyen faktörler; molekül yapısı, mol kütlesi, zincir esnekliği, dallanması, çapraz bağa sahip olmasıdır.

3. a) B polimeri

b) B daha sünek, A daha gevrektir.

c) Malzemelerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrilerinin altında kalan alan tokluğun göstergesidir. Grafik incelendiğinde B polimerinin daha tok olduğu görülür.

2. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde: Doğal kauçuk: Esnektir, çözücülerden etkilenir.

Vukanize kauçuk/ebonit: Serttir, çözücülerden etkilenmez. Erime noktası yüksektir.

2. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. 1.C 2. A 3. C 4. B 5. B 6. C 7. B 8. A 9. E 10. A

B.

1. Selüloz, nişasta, kauçuk.

2. Elastomerler, lifler (fiberler), termoplastikler, termosetler

3. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde: 1. Ç 2. C 3. A

3. ÖĞRENME BİRİMİ: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. 1. D 2. E 3. A 4. B 5. E 6. B 7. B 8. C 9. D 10. C 11. A

B.

1.

Katılma Polimerizasyonu	Kondenzasyon Polimerizasyonu
Tepkime süresince mol kütlesi değişmez.	Tepkime süresince mol kütlesi artar.
İki farklı aktif zincirin birleşmesinden oluşan yeni molekül, aktivitesini kaybeder; zincir daha fazla uzamaz.	İki farklı aktif zincirin birleşmesinden oluşan yeni molekül, aktivitesini kaybetmez; zincir büyümeye devam edebilir.

2. Katılma polimerizasyonunun başlayabilmesi için monomerin yapısında bulunan pi bağının açılması gerekir. Bu bağ serbest radikallerin etkisiyle aktif hâle gelir, aktif hâle geçen radikal monomere diğer monomerler de katılarak zincir oluşturur.