

KİMYA

SEÇMELİ

4.sınıf



MİRYANA YANKULOVSKA
MİLENA YANKULOVSKA – PETKOVSKA

MİRYANA YANKULOVSKA
MİLENA YANKULOVSKA – PETKOVSKA

KİMYA (seçmeli)

4.SINIF

**Meslek/sector: Grafik/Grafikçilik, Kimyasal-
Teknolojik/Kimya ve Teknoloji, Kişisel Hizmetler,
Ormancılık-Ağaç İşletimi/Ormancılık ve Ahşap
İşleme, Sağlık/Sağlık ve Sosyal Koruma**

Üsküp, 2025

KİMYA (seçmeli)

4.SINIF

Meslek/sektör: Grafik/Grafikçilik, Kimyasal-Teknolojik/Kimya ve Teknoloji, Kişisel Hizmetler, Ormancılık-Ağaç İşletimi/Ormancılık ve Ahşap İşleme, Sağlık/Sağlık ve Sosyal Koruma

Yazarlar:

Miryana Yankulovska

Milena Yankulovska – Petkovska

İnceleyenler:

Vesna Dimova

Verica Jakimoviç

Violeta Solakova

Orijinal baskının başlığı:

Хемија (изборна)

Четврта година

Струка/сектор: Графичка.Графичарство, Хемиско-технолошка/Хемија и технологија, Лични услуги, Шумарско-дрвопреработувачка/Шумарство и обработка на дрво, Здравствена/Здравство и социјална заштита

Мирјана Јанкуловска

Милена Јанкуловска-Петковска

Makedonca'dan Türkçe'ye çeviri:

Neşe Salih

Lektör: Ahmetnafi İbrahim

Mesleki redaksiyon: Neşe Salih

Editör: İlker Ali

Grafik ve teknik düzenleme: Vladimir Mladenovski - ARS STUDIO

İllüstrasyonlar:

Miryana Yankulovska

Milena Yankulovska – Petkovska

Yayımcı: Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı,

“Az. Kiril ve Metodiy” Sok. no.54, 1000 Üsküp

Yayın yeri ve yılı: Üsküp, 2025

24.02.2025 tarihli 26-188/1 sayılı Ders Kitapları Ulusal Komisyonu kararıyla, Meslek/sektör için ortaöğretim 4. sınıf Kimya (seçmeli) dersi ders kitabının Grafik, Grafik, Kimya-Teknoloji/Kimya ve Teknoloji, Kişisel Hizmetler, Ormancılık-Ağaç İşleme/Ormancılık ve Ağaç İşleme, Sağlık/Sağlık ve Sosyal Koruma alanlarında hazırlanmasına ilişkin.

ÖNSÖZ

Ders kitabı, **kimya** dersini dördüncü sınıfta okuyan mesleki ortaöğretim öğrencilerine yöneliktir. Ders kitabının içerikleri, grafik teknisyeni, grafik editör-tasarımcı, kimya laboratuvar teknisyeni, çevre koruma teknisyeni, gıda teknisyeni, kozmetik ve kimyasal ürünler teknisyeni, kozmetik, bakım ve güzellik teknisyeni, ormancılık teknisyeni, peyzaj tasarımı teknisyeni, tıbbi laboratuvar-sıhhi tesisat teknisyeni, diş hekimi asistanı, eczacı teknisyeni, fizyoterapi teknisyeni, kadın doğum hemşiresi, hemşire ve diş teknisyeni gibi çok sayıda farklı eğitim profiline yönelik modüller olarak tasarlanmış (seçmeli) kimya müfredatına uygundur.

Ders kitabı beş modüler birimi kapsamaktadır: biyobileşikler, atom yapısı ve elementlerin periyodik tablosu, kimyasal bağlar, elektrolit çözeltilerdeki dengeler ve elektrokimyasal süreçler.

Birinci modüler biriminde karbonhidratlar, lipitler, enzimler, proteinler, vitaminler ve nükleik asitler gibi biyolojik açıdan önemli organik bileşikler inceleniyor. Bu bölümde biyobileşiklerin önemi, rolü, işlevi, yapısı ve özellikleri ile her bileşik grubunun en önemli temsilcileri açıklanmaktadır. Periyodik tablonun yapısı, elementlerin özelliklerinin periyodikliği ve atomun yapısı ikinci modüler biriminde verilmektedir. Bu bölümde atomun yapısına ilişkin çeşitli modeller ele alınıp, özellikle kuantum mekaniği üzerinde durulmaktadır. Üçüncü modüler biriminde kimyasal bağlanmanın farklı tipleri (iyonik ve kovalent bağlanma) çok sayıda örnekle sunulmaktadır. Hibridizasyon terimi tanımlanmakta ve farklı hibridizasyon tiplerinin görüldüğü bileşiklere örnekler verilmektedir. Bileşiklerin özelliklerini etkileyen moleküller arası etkileşimler de açıklanmaktadır. Dördüncü modüler biriminde elektrolit çözeltilerde denge, elektrolit ayrışması, asit ve baz teorileri, ortamın asitliğini belirleme yöntemleri, çeşitli tuz tipleri ve bunların hidrolizi, tampon sistemlerinin etki şekli verilmektedir. Beşinci modüler biriminde, elektrokimyanın temelleri, galvanik elemanlarda ve elektroliz hücrelerinde gerçekleşen elektrokimyasal süreçler ve korozyon kavramı anlatılmakta, ayrıca elektrokimyanın dayandığı oksidasyon-redüksiyon süreçleri hakkında kısa hatırlatma yapılmaktadır. Pratik olarak önemli galvanik elemanların işleyişi açıklanmakta, ayrıca elektrolitik, elektrotetik, elektrolit ve elektrot terimleri anlatılmaktadır.

Ders kitabında ayrıca, öğrencilerin içeriği daha kolay özümseyebilmeleri için metin boyunca çok sayıda çözümlü problem ve ödev verilmiştir. Ders kitabı aynı zamanda çok sayıda yapısal formül, resim ve tabloyla desteklenmiş olup, işlenen içeriğin daha açık ve anlaşılır olmasını sağlamıştır. Her birimin sonunda öğrencilerin öğrendikleri bilgileri belirlemeleri ve bunları yeni durumlarda uygulayabilmeleri için soru ve ödevler verilmiştir. Ders kitabının içeriği küçük gruplar halinde veya gösteri deneyleri şeklinde yapılabilecek deneylerle zenginleştirilmiştir. Ders kitaplarında içerik aramayı kolaylaştırmak için öğretim programında geçen tüm terimleri içeren bir terim alfabesi sonuna eklenmiştir.

Ders kitabının içeriğine ilişkin, kitabın iyileştirilmesine katkı sağlayabilecek her türlü öneri ve yorumlarınızı yazarlara aşağıdaki adreslerden iletebilirsiniz:

jankulovska_m@yahoo.com
msjankulovska@gmail.com

Yazarlar

MODÜLER BİRİM 1**BİYO BİLEŞİKLER****Öğrenme hedefleri**

Biyobileşikler Modüler biriminin aşağıdaki hedeflere ulaşması bekleniyor:

- *Biyokimyanın temel kavramlarının benimsenmesi;*
- *Aşağıdaki biyobileşik sınıflarının rolü ve önemi hakkında bilgi edinme: karbonhidratlar, lipitler, proteinler, enzimler, vitaminler ve nükleik asitler;*
- *Biyobileşiklerin incelenmesi, bileşimleri, yapıları, özellikleri (fiziksel ve kimyasal), keşifleri, biyosentezleri, en önemli temsilcileri ve canlı organizmalar için rolleri ve önemleri;*

Modüler biriminin çalışılmasının beklenen sonuçlar

Biyobileşikler Modüler birimi çalışıldıktan sonra öğrencilerin şunları yapması beklenir:

- *Karbonhidratları tanımlamak ve sınıflandırmak, yapılarını, özelliklerini, biyolojik önemlerini ve en önemli temsilcilerini bilmek;*
- *Lipitler terimlerini tanımlamak, bunları sınıflandırmak, rollerini ve önemlerini vurgulamak, yağları ve sıvı yağları tanımlamak, bunların üretim yöntemini, bileşimlerini ve biyolojik önemlerini bilmek;*
- *Amino asitleri, peptitleri ve proteinleri tanımlayabilmek, amino asitlerin birbirine bağlanmasını ve peptit bağının oluşumunu gösterebilmek, proteinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve yapısını tanıtmak ve açıklayabilmek;*
- *Enzimler terimlerini tanımlayabilmek, enzimleri katalize ettikleri reaksiyonun doğasına göre sınıflandırmak ve enzimlerin yapısını, özelliklerini ve etkisini ve enzimatik reaksiyonun hızını etkileyen faktörleri açıklayabilmek;*
- *Vitaminleri tanımlamak, en önemli temsilcilerini sınıflandırmak ve bunların bulunuşunu ve önemini vurgulamak;*
- *DNA ve RNA'nın yapısını bilmek ve bileşimini açıklamak, DNA ve RNA'nın canlı organizmadaki yapısını, özelliklerini ve rolünü bilmek ve açıklamak;*

Terimler

biyokimya, biyomoleküller, karbonhidratlar, monosakkaritler, oligosakkaritler, disakkaritler, polisakkaritler, aldozlar, ketozlar, optik izomerizm (enantiyomerizm) optik izomerler (enantiyomerler, optik antipodlar), rasemik karışım, anomerler, mutarotasyon, glukozit, riboz, deoksiriboz, glikoz (dekstroz), glukopiranoz, fruktoz (levuloz), fruktofuranoz, maltoz, trehaloz, laktoz, sakaroz, nişasta, glikojen, selüloz, lipitler, yağlar, sıvı yağlar, fosfolipitler, steroidler, glikolipitler, mumlar, gliserol, yüksek yağ asitleri, amino asitler, amino asit dizisi, amid bağı (peptit bağı), peptit, protein, zwitterion, lipoproteinler, glikoproteinler, fosfoproteinler, metaloproteinler, kromoproteinler, nükleoproteinler, sferoproteinler (küresel proteinler), skleroproteinler, albüminler, globulinler, glutelinler, histonlar, protaminler, kolajenler, keratinler, hemoglobin, hem, globin, oksihemoglobin, methemoglobin, enzim, enzimoloji, oksidoredüktazlar, transferazlar, hidrolazlar, izomerazlar, ligazlar, holoenzim, apoenzim, substrat, efektörler, aktivatörler, inhibitörler, vitaminler, koenzim, provitamin, vitamin eksikliği, polivitaminler, hipovitaminler, hipervitaminler, nükleik asitler, purin, pirimidin, nükleozid, nükleotid, replikasyon, vb.

Modüler biriminin içeriği

Biyokimyaya giriş
Karbonhidratlar kavramı, bölünmesi, adlandırılması, biyosentezi ve önemi
Karbonhidratlarda optik izomerizmi
Monosakkaritlerin döngüsel ve hemiasetal formları
Monosakkaritlerin kimyasal özellikleri
Monosakkaritlerin daha önemli temsilcileri
Disakkaritler
Polisakkaritler
Lipitler kavramı, sınıflandırılması, rolü ve önemi
Yağlar ve sıvı yağlar
Amino asitler ve peptitler
Proteinlerin yapısı ve önemi
Proteinlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri
Proteinlerin bölünmesi ve daha önemli temsilcileri
Enzimler kavramı, adlandırılması, sınıflandırılması ve yapısı
Enzimlerin özellikleri ve etkileri
Vitaminler kavramı, anlamı ve sınıflandırılması
Yağda eriyen vitaminler (temsilcileri, bulunması ve önemi)
Suda eriyen vitaminler (temsilcileri, bulma ve sindirme)
DNA ve RNA'nın inşası
DNA ve RNA'nın yapısı, özellikleri ve rolü

1. BİYOBİLEŞİKLER

Biyokimya nedir, kimya mıdır yoksa biyoloji midir sorusunun cevabı; biyokimyanın biyoloji ve kimyayla ilişkili bir bilim dalı olduğudur. Kimya atomlardan oluşan daha küçük molekülleri inceler, biyoloji tek tek molekülleri değil hücreleri bir bütün olarak inceler ve biyokimya hücrelerin yapımında rol alan makromolekülleri (küçük moleküllerden oluşan) inceler. Bu nedenle biyokimyada işlenen içeriğin daha iyi anlaşılabilmesi için kimya ve biyoloji konusunda ön bilgiye sahip olunması gerekmektedir.

*Biyobileşiklerin incelenmesi, keşfi, üretimi, yapısı, özellikleri ve canlı organizmalardaki rolü ile ilgilenen kimya bilimine **biyokimya** denir. Canlı organizmalar için önemli olan organik bileşiklere **biyobileşikler** denir. Biyobileşiklere örnek olarak karbonhidratlar, lipitler, enzimler, vitaminler, nükleik asitler vb. verilebilir.*

1.1. Biyokimyaya giriş

18. yüzyılın sonlarına kadar canlı maddenin bileşiminin, cansız dünyanın bileşiminden önemli ölçüde farklı olduğuna inanılıyordu. Ancak Lavoisier (Antonie – Laurent Lavoasier, 1743 – 1794), cansız dünyanın canlı maddenin yapısından farklı olarak daha basit bir yapıya sahip olduğunu fark etti. Daha sonra bitki ve hayvan yaşamının bileşiminde karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor vb. gibi kimyasal elementlerin bulunduğu sonucuna vardı.

Biyokimya terimi ilk olarak 1930 yılında Neuberg (Carl Alexander Neuberg, 1877 – 1956) tarafından ortaya çıkmış. Neuberg biyokimyanın öncülerindendir ve sıklıkla “modern biyokimyanın babası” olarak anılır. Biyokimya bilimine yaptığı katkılar arasında karboksilazın keşfi ve alkol fermantasyonunun açıklanması yer alır. Alkol fermantasyonunun ardışık enzimatik adımlardan oluşan bir süreç olduğunu göstermiştir. Bu, daha sonraki araştırmacıların metabolik süreçleri (bir maddenin başka bir maddeye dönüşmesini veya vücudun ihtiyaç duyduğu maddelerin üretimini içeren biyokimyasal reaksiyonlar) daha ileri düzeyde incelemesine temel teşkil etmiştir.

Biyokimya, biyoloji ve kimyayı birleştirerek bir yandan canlı organizmaların kimyasal yapısını, diğer yandan da hücrelerde ve organizmalarda meydana gelen biyolojik süreçleri inceleyen bilim dalıdır. Aslında biyokimyacılar üreme, kalıtsal faktörler, metabolizma, büyüme vb. gibi çeşitli biyokimyasal süreçlerin altında yatan kimyasal reaksiyonları incelerler.

Biyokimyaya giriş, hücre ve organların yapısını oluşturan moleküller açısından önemli olan moleküler biyolojinin yanı sıra hücre biyolojisini de içerir. Yani biyokimyanın kökeni, canlı sistemlerin işlevlerini inceleyen, DNA, proteinler ve RNA arasındaki etkileşimleri ve bunların sentezlerini açıklayan moleküler biyolojidir. Hücre biyolojisi (sitoloji) ise canlı organizmalardaki hücrelerin yapısı ve işlevleriyle ilgilenir.

Ayrıca metabolizma ve genetik bilimi de biyokimyanın önemli alanlarından. Metabolizma, tüm canlı organizmalarda gerçekleşen en önemli süreçlerden biridir. İnsan vücudunda besinlerin enerjiye dönüşmesi çeşitli süreçlerle gerçekleşir. Genetik de biyokimyanın bir dalıdır ve canlılardaki genlerin ve kalıtım özelliklerinin incelenmesiyle ilgilenir. Biyokimyanın diğer dalları arasında hayvan ve bitki biyokimyası, biyoteknoloji, moleküler kimya, genetik mühendisliği, endokrinoloji, beslenme, nörokimya, farmasötik bilimler, toksikoloji, çevre vb. yer alır.

Biyokimya'nın esas önemi vardır ve şunlara yardımcı olur:

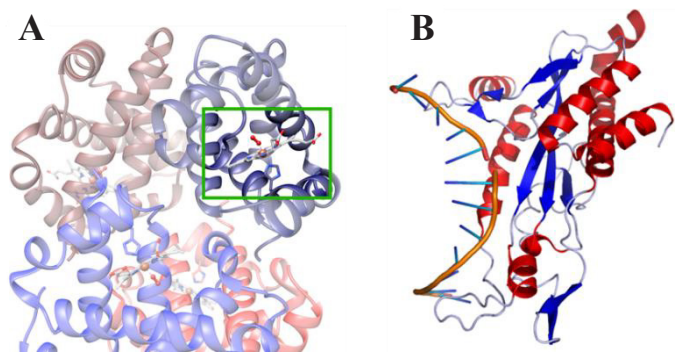
- Gıdayı belirli bir hücre tipi için önemli olan bileşiklere dönüştüren kimyasal süreçleri anlamak;
- Enzimlerin katalitik fonksiyonlarını incelemek;
- Gıdanın oksidasyonundan elde edilen potansiyel enerjinin, enerji gerektiren çeşitli hücresel süreçlerde kullanılması;
- Dokuları ve hücreleri oluşturan maddelerin özelliklerini ve yapılarını anlamak;
- Tıp ve biyolojideki temel problemleri çözmek.

*Canlı organizmaların yapı ve işleyişinde rol oynayan organik bileşiklere **biyomolekül** denir.*

Biyomoleküllerin çoğu aslında hidrojen atomlarının fonksiyonel gruplarla yer değiştirerek farklı organik bileşik sınıfları oluşturan hidrokarbon türevleridir. Çoğu biyomolekül, bileşiklerin kimyasal yapısını etkileyen birkaç farklı fonksiyonel grup içerir. Her bileşik sınıfı kendine özgü kimyasal özellikleri ve reaksiyonları ile karakterize edilir. Biyokimya, canlı organizmaların bir parçası olan biyomolekülleri ve bunların katıldığı reaksiyonları inceler. Biyomoleküllerin çoğu, birden fazla monomer molekülünden oluşan karmaşık makromoleküllerdir (polimerler). Makromoleküllerin sentezi hücrelerde en fazla enerjinin tüketildiği süreçtir.

Biyokimya dersinde incelenen temel biyomolekül tipleri şunlardır:

- karbonhidratlar;
- lipitler;
- proteinler;
- enzimler;
- vitaminler;
- nükleik asitler.



Şekil 1.1. Biyomoleküller: protein (A) ve enzim (B)

Biyomoleküllerin yapısına katılan veya onların düzgün çalışmasını sağlayan elementlere biyojenik elementler veya biyoelementler denir. Biyomoleküllerde değişen miktarlarda bulunurlar. Organik biyomoleküllerin (karbonhidratlar, lipitler, proteinler ve nükleik asitler) çoğunluğunu oluşturan ve büyük miktarlarda bulunan biyoelementler karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve kükürttür. Karbon, biyomolekülleri oluşturan temel biyoelementtir. Karbon atomları, tekli, çiftli veya üçlü bağlar kullanarak dallanmış ve dallanmamış karbon zincirlerinin yanı sıra halkalı yapılar oluşturma ve bağ oluşturma yeteneğine sahiptir. Karbon aynı zamanda diğer elementlerle bağ yaparak çeşitli fonksiyonel gruplar (karbonil, karboksil, keto vb.) oluşturur ve bunun sonucunda çok çeşitli biyomoleküller meydana gelir. Karbon en önemli biyoelementtir, çünkü tüm biyomoleküller karbon içerir. Örneğin fosfor veya azot (kolesterol) içermeyen lipitler bulunabilir, ancak karbon içermeyen biyomolekül yoktur.

Hidrojen de su molekülünü oluşturan elementlerden biri olan biyojenik bir elementtir. Yaşam için esas önemi vardır ve organik moleküllerdeki karbon zincirlerinin bir parçasıdır. Bir biyomolekül ne kadar fazla hidrojene sahipse, o kadar küçük olacak ve oksitlenmesi daha kolay olacak, bu da daha fazla enerji yaratacaktır. Oksijen hidrojenle birleşerek su molekülünü oluşturur. Bir su molekülünde bir oksijen atomu iki hidrojen atomuna polar kovalent bağlarla bağlanmıştır. Çözücü olarak suyun önemi büyüktür. Polar moleküllerden veya iyonlardan oluşan bileşikler içinde çözünür (benzer benzeri çözer).

Azot, tüm aminoasitlerin yapısında bulunan biyojenik bir elementtir; Proteinlerin oluşumu sırasında aminoasitler azot aracılığıyla peptit bağları oluştururlar. Bu biyoelement aynı zamanda nükleik asitlerin azotlu bazlarında da bulunur ve vücuttan üre formunda atılır. Dünya atmosferinde azotun bol miktarda bulunması nedeniyle ilk oluşan biyomoleküllerden biri adenosin trifosfattır (ATP). Fosfor esas olarak nükleotidlerin bir parçası olan fosfat (PO_4^{3-}) halinde bulunur ve DNA'nın yapısına girerek nükleotidlere fosfodiester bağıyla bağlanır. Kükürt, proteinlerin üçüncül ve dördüncül yapılarında stabiliteyi sağlamak için disülfid bağlarının önemli olduğu sistein gibi bazı aminoasitlerin bir parçası olarak -SH grubunda bulunan biyojenik bir elementtir. Kükürt, Krebs döngüsü gibi bazı metabolik süreçlerde büyük öneme sahip olan koenzim A'nın yapısında da bulunur.

Diğer biyojenik elementler kalsiyum (Ca), sodyum (Na), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve klordur (Cl). Biyomolekül oluşturmazlar, ancak normal hücre fonksiyonu için özellikle önemlidirler, nöronların ve nörotransmitterlerin sinyalleme sürecinde kullanılırlar, ATP gibi yüklü biyomolekülleri stabilize ederler, kemik dokusunda bulunurlar, vb. Biyomoleküllerdeki bazı elementler çok küçük miktarlarda (eser miktarlarda) bulunur. Bu elementler bor (B), brom (Br), bakır (Cu), flor (F), manganez (Mn), silisyum (Si), demir (Fe), iyot (I) vb.'dir. Bunlar bazı canlı organizmalarda bulunur ve enzimlerin düzgün çalışması için önemlidir.

1.2. Karbonhidratlar Kavramı, Bölünmesi, Adlandırılması, Biosentezi ve Önemi

Karbonhidratlar canlı organizmaların yapısında ve günlük işlevlerinde büyük öneme sahip en yaygın ve önemli organik bileşiklerdendir. Doğada en çok bulunan ve canlıların varlığı onlarsız düşünülemeyen bileşiklerdir. Karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerle birlikte hücrelere enerji sağlayan besin öğeleridir. Enerji kaynağı olarak daha küçük, suda çözünen karbonhidrat molekülleri bir hücreden diğerine aktarılır. En önemli monosakkarit olan glikoz, kan yoluyla tüm hücrelere taşındığı için kan şekeri olarak da adlandırılır. Memeliler, sütte bulunan disakkarit laktozu, karbonhidratları anneden yavruya aktarmak için kullanırlar. Basit karbonhidratlardan, molekül kütlesi büyük olan ve polimer adı verilen daha karmaşık karbonhidratlar sentezlenir. Selüloz, hücrelerin yapımında rol alan bir polimerdir.

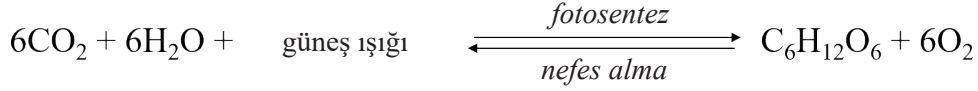
Karbonhidratların rolü ve önemine dair sayısız örnek var. Örneğin glikoz, bitkilerde güneş ışığının varlığında, fotosentez sürecinde karbondioksit ve sudan sentezlenir. Çok sayıda glikoz molekülü nişasta polimerinin uzun ipliklerini birbirine bağlar. Günlük tükettiğimiz pirinç, patates, makarna, ekmek gibi besinlerin yaklaşık %65'i karbonhidrattır. Karbonhidrat grubuna hem normal şeker (sakaroz) hem de sütte bulunan şeker (laktoz) dahildir.

Sindirim sırasında karbonhidratlar glikoza dönüştürülür, bu glikoz hücrelerde daha fazla oksitlenerek vücudumuzun kullandığı enerjiyi açığa çıkarır ve hücrelere protein, lipid ve nükleik asit moleküllerinin yapımında rol alan karbon atomları sağlar. Bitkiler selüloz adı verilen bir glikoz polimerinden oluşur. Selülozun başka kullanım alanları da vardır; mobilyaların yapıldığı ağaç, bu kitaptaki sayfalar ve pamuklu giysiler selülozdan yapılan nesnelere sadece birkaç örnektir. Karbonhidratların canlı organizmalardaki önemi ve rolü göz önüne alındığında, bunların üretimi, yapısı ve özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak oldukça önemlidir.

Karbonhidratlar, karbon, hidrojen ve oksijen elementlerini içeren oksijenli organik bileşiklerdir. Bu bileşik sınıfına karbonhidrat adı yıllar önce verilmiştir çünkü moleküler formüllerinin $(CH_2O)_n$ (n'nin 3 ile 7 arasında bir sayıdır) olduğu varsayılmıştır; bu da bunların karbon hidratları olduğu anlamına gelir. Ancak daha sonra bazı karbonhidratların, örneğin deoksiribozun $(C_5H_{10}O_4)$ bileşiminin önerilen moleküler formüle uymadığı keşfedildi. Bu, karbonhidratların basit karbon hidratları değil, en az üç ila binlerce C atomundan oluşan karmaşık bileşikler olduğu anlamına gelir.

Karbonhidratlar, güneş ışığının kullanılarak karbondioksit (CO_2) ve sudan (H_2O) gelen hidrojen ve oksijen atomlarının birleşerek karbonhidrat glikoza dönüştüğü fotosentez süreciyle üretilir.

Bu süreç bitkilerin yeşil kısımlarında gerçekleşir. Burada, fotosentez için gerekli fotokimyasal reaksiyonlardan sorumlu olan yeşil bitki pigmenti klorofil bulunur.



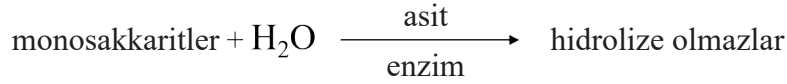
Denklemden görüldüğü gibi fotosentez sırasında CO_2 , H_2O ve güneş enerjisinden glikoz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) sentezlenirken, solunum sırasında glikoz CO_2 , H_2O 'ya oksitlenerek canlı organizmaların günlük işlevleri için kullandığı enerji açığa çıkar. Fotosentez ve solunum olayları canlılar ile atmosfer arasındaki karbon alışverişini içerir. Karbon döngüsü altında fotosentez süreciyle temsil edilir. Bitkiler fotosentez sırasında atmosferdeki karbondioksiti (CO_2) canlı organizmaları besleyen veya vücutlarının bir parçası olan organik bileşiklere dönüştürürler. Daha sonra çeşitli işlemlerle (solunum, yanma, ayrışma vb.) karbon çeşitli formlarda çevreye geri döner.

Karmaşıklık derecesine göre karbonhidratlar şu şekilde ayrılır:

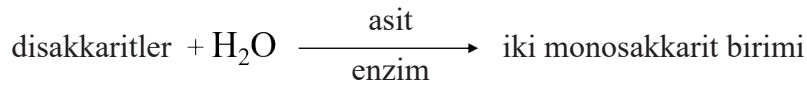
- basit karbonhidratlar;
- kompleks karbonhidratlar.

Basit karbonhidratlar monosakkaritler, kompleks karbonhidratlar ise oligosakkaritler ve polisakkaritlerdir.

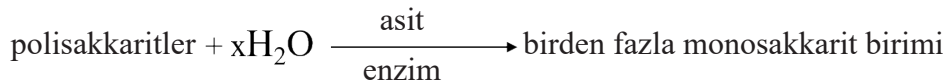
Monosakkaritler *hidrolize edilemeyen, yani daha küçük moleküllere parçalanamayan en basit karbonhidratlardır.* En önemli monosakkaritler glikoz, fruktoz, galaktoz, riboz, deoksiriboz vb.'dir.



Oligosakkaritler, *oksijen glikozidik bağıyla birbirine bağlı iki ila on monosakkarit biriminden oluşan karbonhidratlardır.* En önemli oligosakkaritler disakkaritlerdir. Hidrolizleri sonucunda iki monosakkarit birimi oluşur. En bilinen disakkaritler sukroz, maltoz, laktoz vb.'dir.

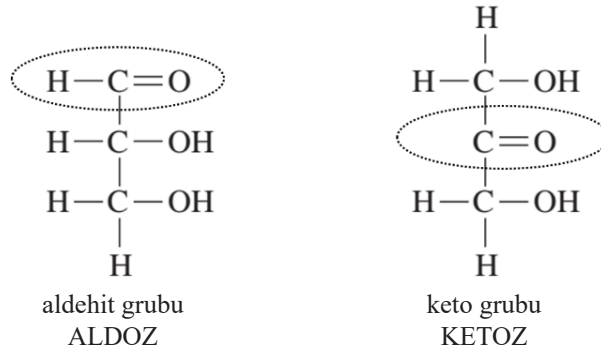


Polisakkaritler, *çok sayıda monosakkarit birimi içeren doğal polimerler olan karbonhidratlardır.* Polisakkaritler hidroliz sırasında daha fazla sayıda monosakkarit molekülüne parçalanır. Polisakkarit grubuna nişasta, selüloz, glikojen vb. dahildir.

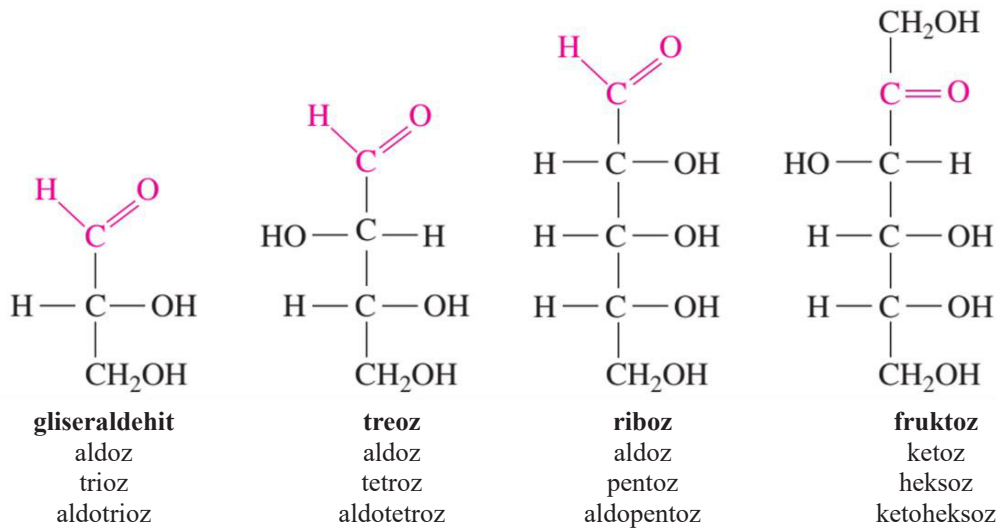


Monosakkaritler, üç ila sekiz C atomu içeren karbon zincirlerinden oluşur; bir karbon atomu karbonil grubunun bir parçasıdır ve kalan karbon atomları hidroksil gruplarına bağlıdır. Monosakkaritler fonksiyonel gruplarına göre aldoz ve ketoz olarak adlandırılırlar. **Aldozlar**, ilk

karbon atomunda aldehit fonksiyonel grubu ($-CHO$) bulunan monosakkaritlerdir. **Ketozlar**, ikinci karbon atomunda keto (karbonil) grubu bulunan monosakkaritlerdir.

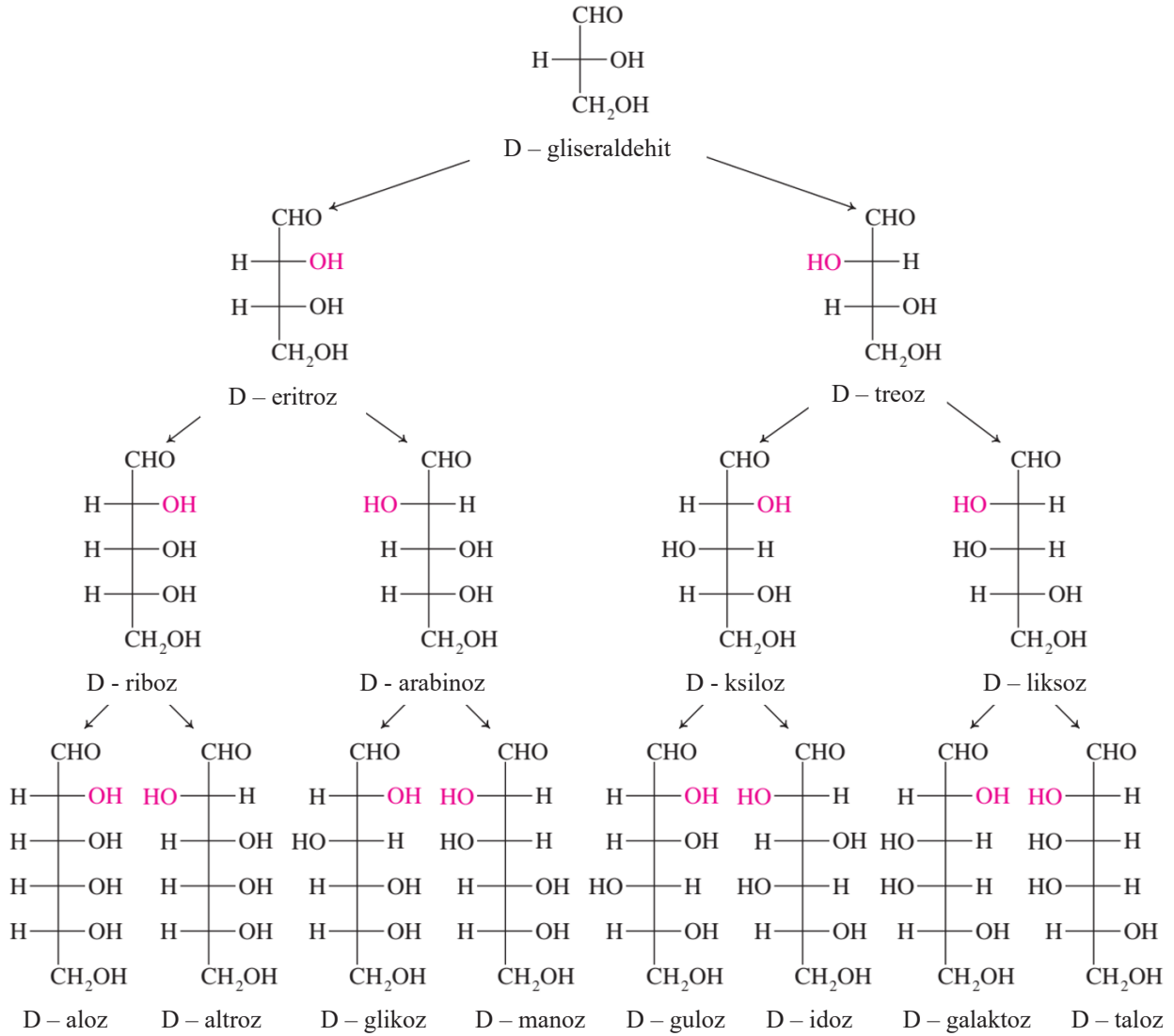


Karbon atomu sayısına bağlı olarak monosakkaritler triozlar (üç karbon atomu içeren monosakkaritler), tetrozlar (dört karbon atomu içerenler), pentozlar (beş karbon atomu içerenler), heksozlar (altı karbon atomu içerenler) vb. olarak adlandırılır. Bu adlandırma kuralı karbon zincirindeki toplam C atomu sayısını belirtir. Monosakkaritler, içerdikleri karbonil grubunun türünü ve karbon atomu sayısını belirtmek için her iki şekilde de adlandırılabilir. Bu şekilde her monosakkaritin bileşimi ve yapısı hakkında daha fazla bilgi elde edilir. Buna göre, aldotrioz, bir aldehit grubu ve üç C atomu içeren bir monosakkarittir; ketotetroz, bir keto grubu ve dört C atomu içeren bir monosakkarittir; aldopentoz, bir aldehit grubu ve beş C atomu içeren bir monosakkarittir; ketoheksoz, bir keto grubu ve altı C atomu içeren bir monosakkarittir, vb.

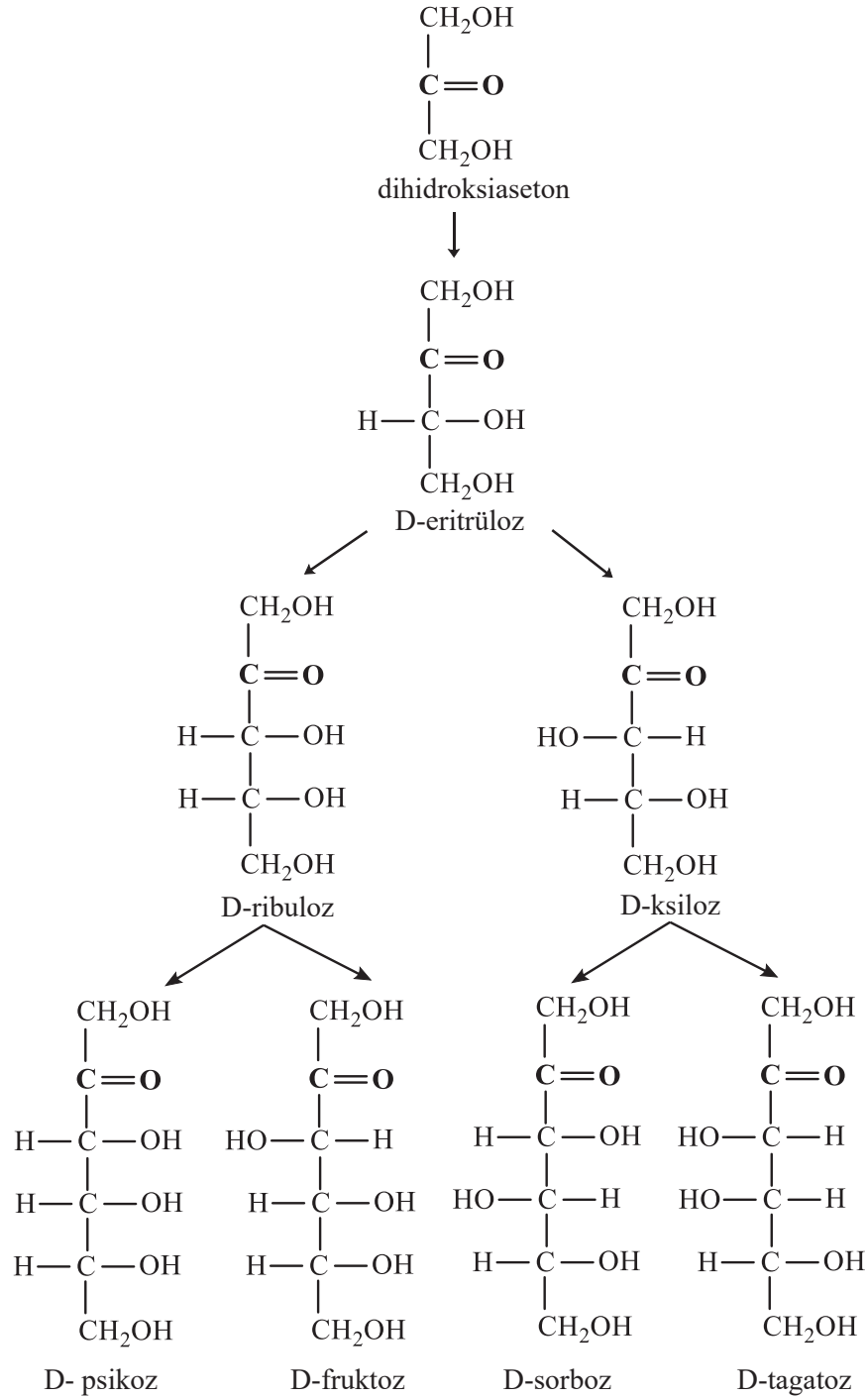


Gliseraldehit, üç karbon atomu ve bir aldehit grubu içeren en basit monosakkarittir, yani bir aldotriozdur. Formüllerden treozun bir aldotetroz, ribozun bir aldopentoz, fruktozun ise bir ketoheksoz olduğu görülebilir. Formüllerden de görülebileceği gibi monosakkaritler birden fazla hidroksil grubu içerir. Bu nedenle, bir aldehit grubu ve birden fazla hidroksil grubu içeren monosakkaritlere polihidroksil aldehitler, bir keto grubu ve birden fazla hidroksil grubu içeren

monosakkaritlere ise polihidroksil ketonlar denir. Aldoz ve ketozların bazı örneklerinin formülleri aşağıdaki şemalarda verilmiştir:



Şema 1.1. Bazı aldozların yapısal formülleri ve adları



Şema 1.2. Bazı ketozların yapısal formülleri ve isimleri

ALİŞTIRMALAR

Monosakkaritlerin, belirli bir formüle göre moleküldeki fonksiyonel grup ve karbon atomu sayısına göre sınıflandırılması.

Ödev 1

Glikoz za ribuloz monosakkaritleri fonksiyonel grup ve C atomu sayısına göre sınıflandırın.

ÇÖZÜM:

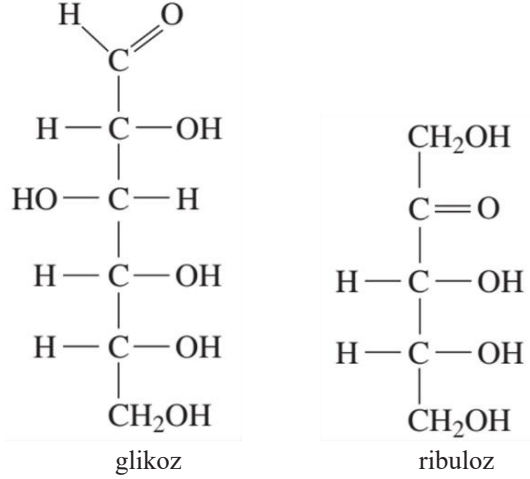
Aranan: Glikoz ve ribuloz monosakkaritleri aşağıdakilere göre sınıflandırmak:

- fonksiyonel grup;

– C atomlarının sayısı.

Glikozun formülünden aldehit fonksiyonel grubuna sahip olduğu, yani glukozun bir aldöz olduğu anlaşılmaktadır. C atomu sayısına göre glikoz, altı karbon atomuna sahip olduğundan bir heksozdur. Bu, glikozun *aldoheksoz* olduğu anlamına gelir.

Ribulozun formülünden keto fonksiyonel grubuna sahip olduğu, yani ribulozun ketoz olduğu anlaşılmaktadır. Ribuloz, C atomu sayısına göre beş karbon atomuna sahip olduğu için bir pentozdur. Bu, ribulozun *ketopentoz* olduğu anlamına gelir.



Ödev 2

Riboz hangi fonksiyonel grubu içerir ve kaç tane C atomu vardır?
İpucu: Riboz bir aldopentozdur.

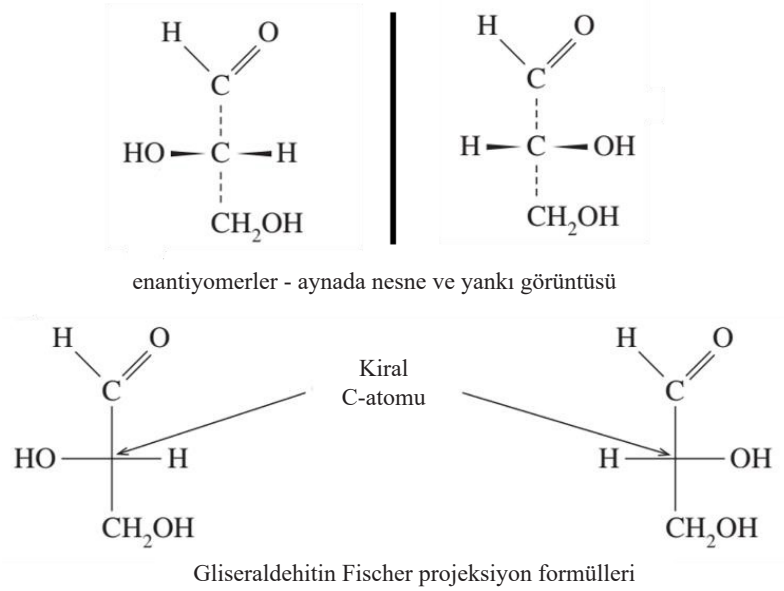
1.3. Karbonhidratlarda optik izomerizm

Optik izomerizm, en az bir kiral C atomu bulunan organik bileşiklerde bulunan bir stereoizomerizm türüdür. **Kiral karbon atomu**, dört farklı atoma veya atom grubuna bağlı olan atomdur. Kiral atom dört atoma veya atom gruplarına iki farklı şekilde bağlanabilir. Bunun sonucunda iki optik izomer (stereoizomer) oluşur ve bunlara *enantiyomer* denir. **Enantiyomerler** birbirlerinin ayna ve yankı görüntüsü gibi davranan stereoizomerlerdir. Optik izomerizme aynı zamanda **enantiyomerizm** de denir. Enantiyomer olarak var olabilen moleküllere kiral moleküller denir.

Fischer (Emil Fischer, 1852 – 1919) stereoizomerlerin yapısını göstermenin basit bir yolunu önerdi ve formüller onun onuruna **Fischer projeksiyon formülleri** olarak adlandırıldı. Fischer projeksiyonu, kesikli ve noktalı çizgiler yerine, yatay ve dikey olmak üzere iki çizginin kullanıldığı ve bu çizgilerin kesişiminde monosakkaritin C atomlarının düzenlendiği iki boyutlu bir molekül çizimidir. Formüllerdeki dikey çizgide serinin C atomları, yatay çizgilerde ise hidrojen atomları ve hidroksil grupları yer alır. Çizgilerin kesişim noktasında kiral C atomları bulunur.

Gliseraldehitin formülünden, dört farklı atom ve atom grubuna bağlı bir kiral C atomundan oluştuğu görülebilir. Formülde karbonil grubu kiral C atomunun üstüne, -CH₂OH grubu ise kiral

C atomunun altına yazılır hidrojen atomu (–H) ve hidroksil grubu (–OH) ise, kiral C atomuna göre sola ve sağa doğru yazılır. Bunlar iki şekilde düzenlenebilir. Bir stereoizomerde, –OH grubu kiral C atomunun solunda yer alır ve L-izomeri olarak belirtilir. Diğer stereoizomerde ise –OH grubu kiral C atomunun sağında yer alır ve D-izomeri olarak belirtilir.



Fischer projeksiyon formülleri, beş veya altı karbon atomu içeren monosakkaritler gibi daha fazla sayıda kiral C atomu içeren monosakkaritler için de yazılabilir. Stereoizomerin hangi tip olduğunu (L-izomer veya D-izomer) belirlemek için karbonil grubuna göre en uzak kiral C atomundaki hidroksil grubunun (–OH) pozisyonu kullanılır.

ALİŞTIRMALAR

Önemli monosakkaritlerin L-formu ve D-formunun gösterimi.

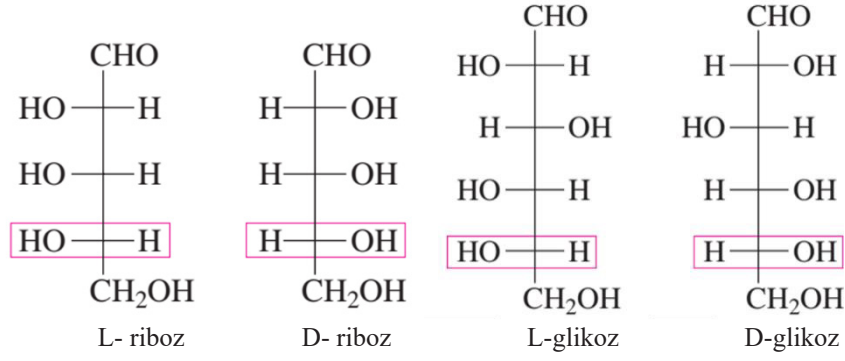
Ödev 3

Fischer projeksiyon formüllerini kullanarak riboz ve glikozun L-izomerini ve D-izomerini gösteriniz.

ÇÖZÜM:

Aranan: Riboz ve glikozun L-izomerini ve D-izomerini göstermek.

Riboz, üç kiral karbon atomuna sahip bir aldopentozdur. L-izomeri ve D-izomeri, aldehit grubuna göre en uzak kiral karbon atomundaki –OH grubunun pozisyonuna göre belirlenir. Glikoz, dört kiral C atomuna sahip bir aldohexozdur. Ribozda olduğu gibi, L- ve D-izomeri, aldehit grubuna göre en uzak kiral C atomundaki –OH grubunun pozisyonuna göre belirlenir. Buna göre, riboz ve glikoz için Fisher projeksiyon formülleri aşağıdaki gibi gösterilebilir:

**Ödev 4**

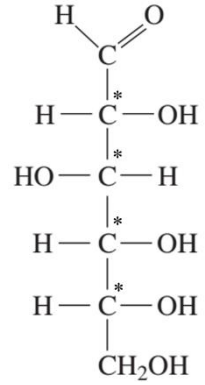
Fischer projeksiyon formüllerini kullanarak fruktoz ve galaktozun L-izomerini ve D-izomerini gösteriniz.

Kiral C atomu, sembolünün yanında bir yıldız işaretiyle gösterilir. Kiral C atomlarının sayısı farklı monosakkaritler arasında değişir. Örneğin, glikozun formülde yıldız işaretiyle işaretlenmiş 4 kiral C atomu vardır.

Optik izomerlerin sayısı (i), kiral C atomlarının sayısına (n) bağlıdır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$i = 2^n$$

Formülü uygulayarak glikozun 16 optik izomerinin ($i=2^4$) olduğu hesaplanabilir.

**ALİŞTIRMALAR**

Karbonhidrat moleküllerinde kiral karbon atomlarının belirlenmesi ve optik izomer sayısının hesaplanması

Ödev 5

Gliseraldehit, treoz, riboz ve fruktoz moleküllerinde hangi C atomlarının kiral olduğunu belirleyin ve optik izomerlerin sayısını hesaplayın.

ÇÖZÜM:

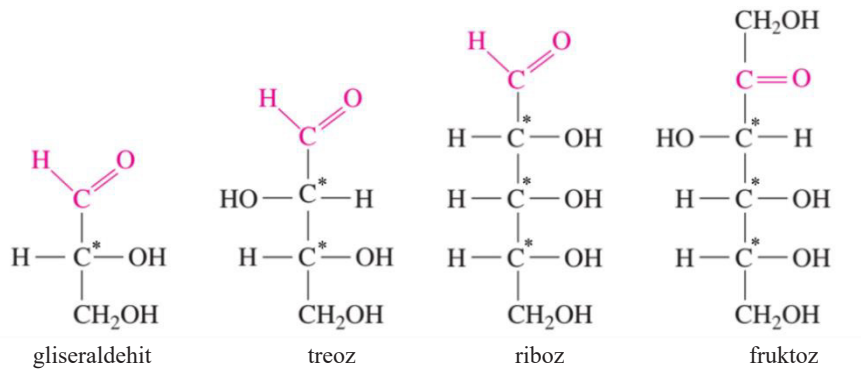
Aranan: Gliseraldehit, treoz, riboz ve fruktozun kaç tane kiral C atomu ve kaç tane optik izomeri vardır?

Kiral C atomları, dört farklı atoma veya atom grubuna bağlı karbon atomlarıdır. Dolayısıyla monosakkaritlerin formüllerinden gliseraldehitin bir kiral C atomuna, treozun iki kiral C atomuna, ribozun üç kiral C atomuna ve fruktozun da riboz gibi üç kiral C atomuna sahip olduğu görülebilir. Optik izomerlerin sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanır

$$i = 2^n$$

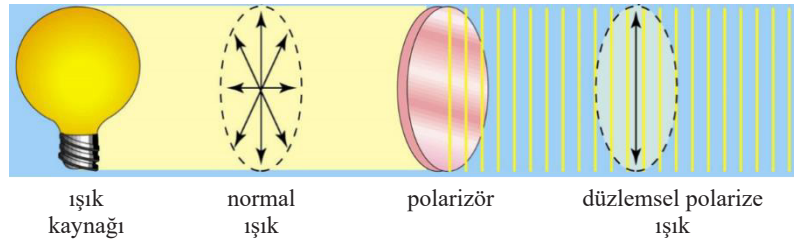
Bu nedenle optik izomerlerin sayısı şu şekilde olacaktır:

- gliseraldehit: $i = 2^n = 2^1 = 2$;
- treoz: $i = 2^n = 2^2 = 4$;
- riboz: $i = 2^n = 2^3 = 8$;
- fruktoz: $i = 2^n = 2^3 = 8$.

**Ödev 6**

Eritroz, arabinoz ve galaktoz moleküllerinde hangi C atomlarının kiral olduğunu belirleyin ve optik izomerlerin sayısını hesaplayın.

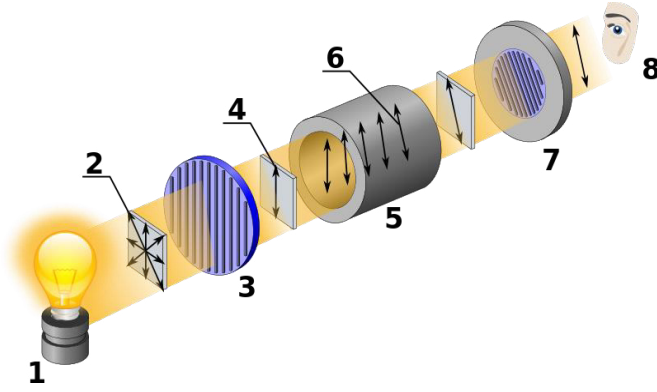
Optik aktif bileşikler optik özellikleri bakımından farklılık gösterirler, örneğin düzlem polarize ışık düzlemiyle etkileşimleri farklıdır. Düzlem-polarize ışığın elektromanyetik dalgaları yalnızca bir düzlemde yayılırken, sıradan (polarize olmayan) ışık, ışığın ilerlediği yöne dik olarak her yönde (düzlemlerde) titreşen elektromanyetik dalgalardan oluşur. Sıradan ışık bir polarizatörden geçtiğinde polarize olur ve düzlem polarize ışığa dönüşür.



Şekil 1.2. Düzlemsel polarize ışığın elde edilmesi

Optik aktif bileşikler, düzlemsel polarize ışık düzlemini farklı yönde belirli bir açıyla döndürürler. *Birbirlerinin ayna görüntüsü gibi davranırlar* ve bunlara, zıt anlamına gelen Yunanca *enantios* kelimesinden türetilen **enantiyomerler** denir. *Enantiyomerler, düzlem polarize ışık düzlemini aynı açıyla, ancak ters yönde döndürdükleri için onlar optik antipodlar olarak da adlandırılırlar.*

Enantiyomerlerin düzlemsel polarize ışık düzlemini belirli bir açıyla döndürme özelliği, çözeltideki konsantrasyonlarını belirlemek için kullanılır, çünkü dönme açısı konsantrasyonla orantılıdır. Dönme açısını ölçmek için kullanılan aletlere **polarimetre**, kullanılan tekniğe ise **polarimetri** adı verilir.



- 1 – ışık kaynağı;
- 2 – polarize olmayan ışık;
- 3 – polarizör;
- 4 – polarize ışık;
- 5 – küvet (polarimetrik tüp);
- 6 – polarize ışığın dönmesi;
- 7 – analizör;
- 8 – dedektör.

Şekil 1.3. Dönüş açısını ölçmek için polarimetre

Düzlemsel polarize ışığın dönüş açısı ile konsantrasyon arasındaki ilişki aşağıdaki formülle verilmiştir:

$$\alpha = [\alpha]_D \cdot c \cdot l$$

α – dönüş açısı

$[\alpha]_D$ – özgül dönüş açısı

c – test edilen çözeltide optik olarak aktif bileşiğin konsantrasyonu

l – ışığın geçtiği yolun uzunluğu (küvetin uzunluğu)

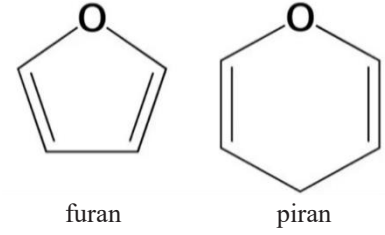
Özgül dönme açısı her optik olarak aktif bileşiğin bir karakteristiğidir. Değeri, bileşiğin bilinen konsantrasyonunda ve sabit sıcaklıkta (20 °C) belirlenir.

Düzlemsel polarize ışık düzlemini saat yönünde belirli bir açıyla döndüren optik izomerlere (enantiyomerler) **dekstrogir** adı verilir ve (+)-izomerler olarak işaretlenir. Düzlemsel polarize ışık düzlemini saat yönünün tersine döndüren optik izomerlere ise **levogir** adı verilir ve (–)-izomerler ile işaretlenir. Örneğin, glikozun özgül dönme açısı +52,7° olup, glikozun düzlemsel polarize ışık düzlemini sağa döndürdüğü anlamına gelir ve (+)-glikoz olarak belirlenir. Fruktozun özgül dönme açısı -92,4° olup, bu fruktozun düzlemsel polarize ışık düzlemini sola döndürdüğü anlamına gelir ve (–)-fruktoz olarak işaretlenir.

İki enantiyomerin eşit miktarda bulunduğu karışıma **rasemik karışım** denir. Enantiyomerler düzlem polarize ışık düzlemini aynı açıyla, ancak ters yönde döndürürler. Bu nedenle rasemik karışım optik olarak aktif değildir ve (±) ile gösterilir.

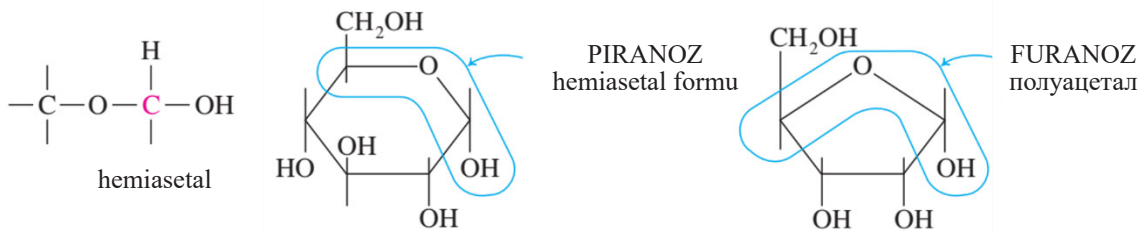
1.4. Monosakkaritlerin Döngüsel ve Hemiasetal Formları

Açık dizili formdaki glikoz hücrelerde çok düşük konsantrasyonlarda bulunur. Fizyolojik koşullar altında, karbonil grubundan en uzaktaki kiral C atomunun hidroksil grubu ile karbonil grubu arasında oluşan moleküller arası bağ sonucu oluşan döngüsel yapıya sahiptir.

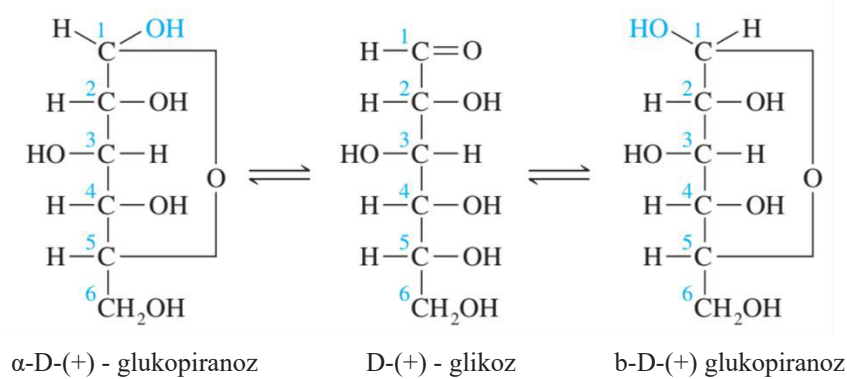


Monosakkaritlerin döngüsel olmayan veya açık dizideki karbonil grubu çok reaktiftir. Dolayısıyla kısa sürede monosakkarit molekülünde yeni bağlar oluşarak döngüsel bir yapı meydana gelir. Döngüsel yapılar, karbonil grubunun oluşumunda rol oynaması nedeniyle karardır. Döngüsel yapıları genellikle pentozlar ve heksozlar oluşturur. Bu yapıların halkasında bir oksijen atomu yer alır, pirana benzeyen altı üyeli halkalara **piranozlar**, furana benzeyen beş üyeli halkalara ise **furanozlar** adı verilir.

Organik kimyadan, aldehitlerin (veya ketonların) alkollerle tepkimesiyle hemiasetal (yarımasetal) adı verilen bileşiklerin oluştuğu bilinmektedir. Bu bileşiklerde aynı karbon atomu hem eter bağı hem de hidroksil grubuyla bağ içerir. Monosakkaritlerin döngüsel formları, karbonil C atomu ile karbonil grubundan en uzakta bulunan kiral C atomunun –OH grubu arasındaki moleküller arası bağ ile oluşan hemiasetal formlardır.

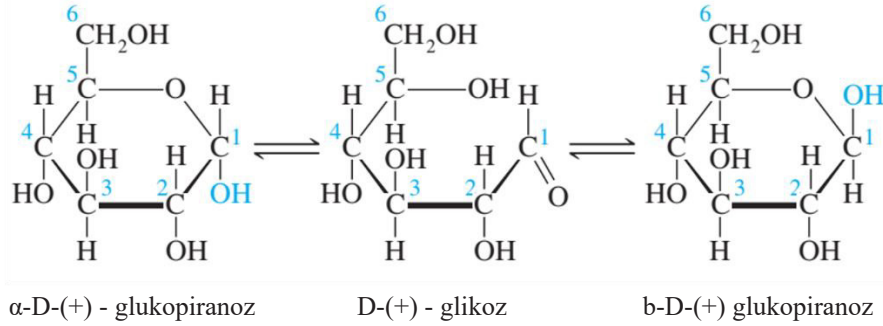


Döngüsel yapıları yazarken, döngüsel olmayan formdaki monosakkaritin formülünden hareket ederiz. Bunun nasıl yapıldığı D-(+)-glikoz örneği kullanılarak açıklanmıştır.



Bir sayısı ile işaretlenen karbonil C atomu ile beşinci C atomunun hidroksil grubu arasında oluşan moleküller arası bağ sonucu, içine –OH grubundan gelen oksijenin girdiği heterosiklik

bir halka oluşur. Hemiasetal formunda karbonil C atomunda yeni bir –OH grubu oluşur, buna hemiasetal hidroksil grubu denir ve karbon atomuna *hemiasetal karbon atomu* denir. Bu –OH grubu, Yunan harfleri α (alfa) ve β (beta) ile gösterilen iki pozisyonda bulunabilir. Bu nedenle glikozun iki izomeri α -D-(+)-glukopiranoz ve β -D-(+)-glukopiranoz olarak adlandırılır. α -formunda, –OH grubu 1 sayısı ile işaretlenmiş C atomunun (aldehit grubunun C atomu) sağında yer alırken, β -formunda bu C atomunun solundadır. D-(+)-glikozun döngüsel formları aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Döngüsel formlarda, –H atomu ve –OH grubu altıgen düzleminin üstüne ve altına yazılır. α -formunda, hemiasetal –OH grubu halka düzleminin altına (alt) yazılırken, β -formunda, hemiasetal –OH grubu halka düzleminin üstüne (üst) yazılır. Döngüsel formda ikinci, üçüncü ve dördüncü C atomlarındaki –OH grupları, halka düzleminin altına yazılırken, döngüsel olmayan formda C atomunun sağında yer alırlar. Döngüsel olmayan formda C atomunun solunda yer alan –OH grupları ise, döngüsel formda halka düzleminin üstüne yazılır. Döngüsel olmayan formda 6 rakamı ile işaretlenen atom, halkasal formda halka düzleminin üstüne yazılır.

D-glikozun döngüsel formlarından, yalnızca ilk C atomundaki grupların düzenlenmesinin farklı olduğu görülebilir. Ancak bu görünüşte küçük yapısal farkın, izomerlerin özellikleri üzerinde büyük bir etkisi vardır, çünkü molekülün şekli çoğu zaman biyolojik uygulamasını belirler.

D-glikozun iki döngüsel formu, düzlemsel polarize ışığın dönüşü açısından farklılık gösteren diastereoizomerlerdir. Örneğin, α -D-(+)-glukopiranoz işaretli formun $+112,2^\circ$ 'lik özgül dönme açısı varken, β -D-(+)-glukopiranoz işaretli formun $+18,7^\circ$ 'lik özgül dönme açısı vardır. Bu iki glikoz formu belirli bir süre ayrı çözeltilerde kalırsa her iki formun özgül dönme açısı $+52,7^\circ$ 'ye değişir. Bu olguya *mutarotasyon* adı verilir. Bunun nedeni, D-glikoz çözeltisinde hem döngüsel formun hem de açık zincirli formun dengede bulunmasıdır. İki döngüsel form, sadece hemiasetal –OH grubunun yöneliminde farklılık gösteren optik izomerlerdir. Çözeltide, α -D-(+)-glukopiranoz, dengeye ulaşılan kadar β -D-(+)-glukopiranoz'a dönüşür ve tersi. *Hemiasetal C atomunun etrafındaki bağların uzaysal düzenlenmesinde farklılık gösteren stereoizomerlere*

anomer adı verilir. Aslında anomerler hemiasetal –OH grubunun konfigürasyonunda farklılık gösterir. Anomerler α -D-(+)-glukopiranoz ve β -D-(+)-glukopiranozdur. Mutarotasyonda bir anomer diğerine geçer ve tersi.

ALİŞTIRMALAR

Bir monosakkaritin (glukoz, fruktoz) döngüsel hemiasetal formunun molekülündeki kiral karbon atomu sayısının belirlenmesi ve bunun döngüsel olmayan formdaki moleküldeki kiral karbon atomu sayısı ile karşılaştırılması.

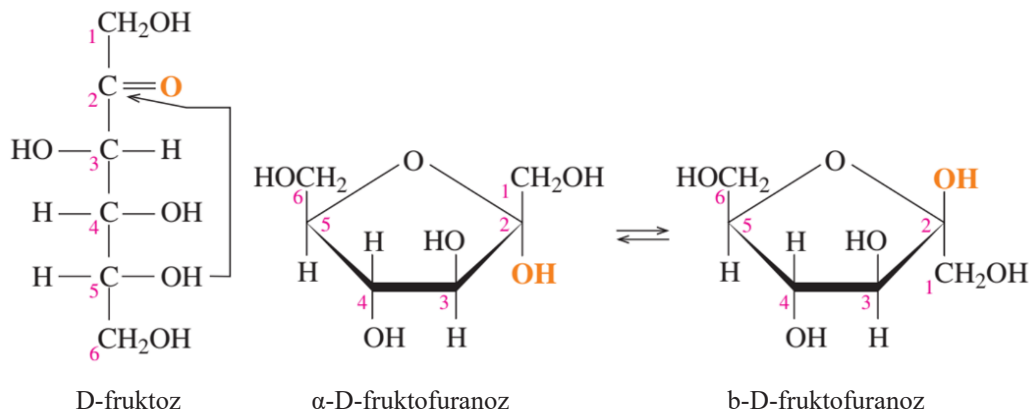
Ödev 7

Fruktozun döngüsel hemiasetal formundaki ve döngüsel olmayan formundaki kiral C atomlarının sayısını karşılaştırın.

ÇÖZÜM:

Aranan: Fruktozun döngüsel hemiasetal formundaki ve döngüsel olmayan formundaki kiral C atomlarının sayısının karşılaştırılması.

Döngüsel olmayan (D-fruktoz) ve hemiasetal döngüsel formların (α -D-fruktofuranoz ve β -D-fruktofuranoz) formülleri aşağıda verilmiştir. Formülünden döngüsel olmayan formdaki kiral C atomlarının 3, 4 ve 5 rakamlarıyla işaretlenmiş atomlar olduğu görülebilir, yani fruktozun üç kiral C atomu vardır. İki döngüsel hemiasetal form için durum farklıdır. Bunlarda kiral C atomları 2, 3, 4 ve 5 rakamlarıyla numaralandırılmış atomlardır. Bu formda bulunan hemiasetal –OH grubunun yer aldığı C atomu kiraldir. Bu, iki döngüsel hemiasetal formun döngüsel olmayan forma kıyasen bir tane daha fazla kiral C atomuna sahip olduğu anlamına gelir.



Ödev 8

Glikozun döngüsel hemiasetal formunda ve döngüsel olmayan formunda kiral C atomlarının sayısını belirleyiniz.

1.5. Monosakkaritlerin Kimyasal Özellikleri

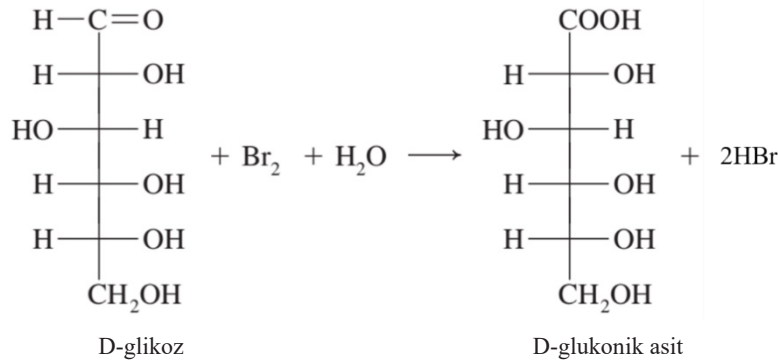
Monosakkaritler çeşitli kimyasal reaksiyonlara katılabilen işlevsel gruplar içerir. Örneğin, aldozların aldehit grubu oksitlenerek karboksilik asit elde edilebilir. Aldozların ve ketozların karbonil grubu indirgenerek idroksil grubu elde edilebilir. Monosakkaritlerin hidroksil grupları diğer bileşiklerle reaksiyona girerek çeşitli türevler oluşturabilir ve bunlar önemli biyobileşiklerdir.

Monosakkaritlerin Oksidasyonu

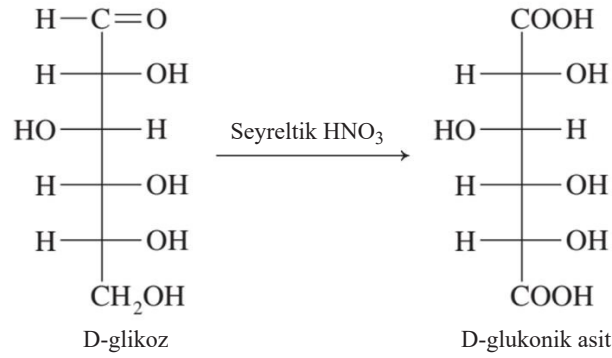
Karbonhidratların oksitlenebilme yeteneği yaşam için temeldir. Hemen tüm hücreler glikozun oksidasyonundan enerji elde eder. Aslında, beyin gibi bazı dokular tüm enerji ihtiyaçlarını karşılamak için glikozun oksidasyonuna bağımlıdır. Oksidasyon sırasında, C atomunun oksijenle çift bağ (iki bağ) oluşturduğu aldehit fonksiyonel grubu (–CHO), karbonun oksijenle üç bağ oluşturduğu bir karboksil grubuna (–COOH) dönüştürülür. Oksidasyon süreci sırasında enerji serbestlenir. Monosakkaritlerin oksidasyonu sırasında çeşitli karboksilik asitler elde edilir. Diğer maddeleri indirgeyerek oksitlenen monosakkaritlere **indirgeyici şekerler** denir.

Monosakkaritler çoğunlukla döngüsel formlarda bulunur, ancak bir aldehit grubu içeren açık zincirli bir form veya döngüsel olmayan form her zaman küçük bir yüzdede bulunur. Monosakkaritlerin oksidasyonu sırasında aldehit grubu oksitlenerek **aldonik asit** oluşturur, altıncı C atomundaki –OH grubu **üronik asit** oluşturmak üzere oksitlenebilirken, altıncı C atomundaki hem aldehit hem de –OH grupları aynı anda oksitlenirse **aldarik asit** elde edilir.

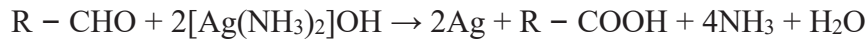
Glikozun brom suyu (sudaki Br₂ çözeltisi) gibi güçlü bir oksidan olmayan bir oksitleyici madde ile oksidasyonu sırasında D-glikozun aldehit grubu karboksil grubuna oksitlenir ve bu arada D-glukonik asit elde edilir.



D-glukozun oksidasyonu kuvvetli bir oksitleyici madde olan seyreltik nitrik asitle yapıldığı takdirde, altıncı C atomundaki aldehit grubu ve -OH grubu aynı anda oksitlenerek dikarboksilik asit olan D-glukarik asit meydana gelir.

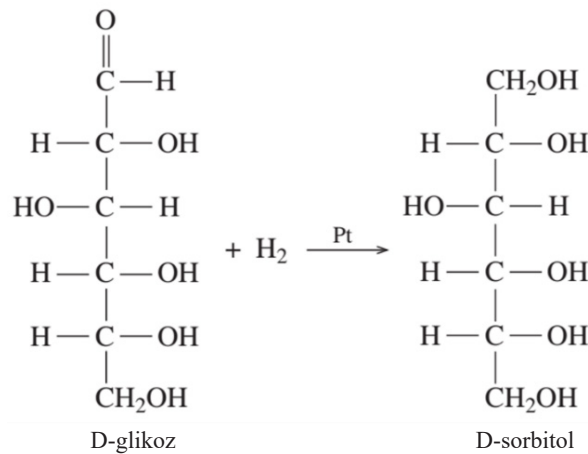


Monosakkaritlerin oksidasyonu, Tollens reaktifi (diammingümüş(I) hidroksit, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$) ile de gerçekleştirilebilir. Bu sırada karşılık gelen aldonik asidi elde edilir, Tollens reaktifindeki gümüş iyonları (Ag^+) ise, gümüş aynası şeklinde kabın duvarlarına biriken elementel gümüşe (Ag) indirgenir. Gümüş aynası reaksiyonu, aldehit grubunun varlığını kanıtlamak için kullanılır.



Monosakkaritlerin İndirgenmesi

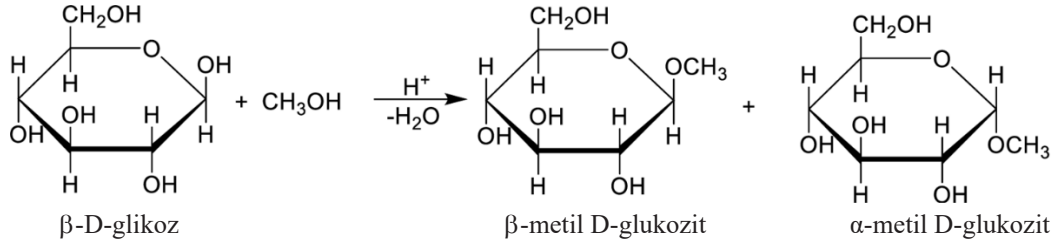
Monosakaritler, platin katalizörü (H_2/Pt) veya sodyum amalgam ($\text{Na}(\text{Hg})$) varlığında hidrojenle polihidroksi alkollere indirgenir. Monosakkaritlerdeki karbonil grubunun indirgenmesi ile alkoller üretilir. Örneğin, D-glikoz, D-sorbitol olarak bilinen bir alkole indirgenir. Monosakkaritlerin indirgenmesiyle elde edilen alkollere şeker alkolleri denir ve birçok üründe şeker yerine tatlandırıcı olarak kullanılır. Bu şekilde diyet ürünleri ve diyabet hastalarına yönelik ürünler elde edilir.



Glikozitlerin Elde Edilmesi

Monosakaritlerin alkollerle reaksiyonu sırasında, glikozit adı verilen eterler oluşur. Asidik bir ortamda, monosakkaritin hemiasetal $-\text{OH}$ grubundan (diğer $-\text{OH}$ gruplarından daha reaktif) ve

alkolün –OH grubundan su ayrılır ve karşılık gelen **glikozit** elde edilir. Örneğin, β -D-glikoz ve metanol reaksiyona girdiğinde β -metil D-glikozit ve α -metil D-glikozit karışımı elde edilir



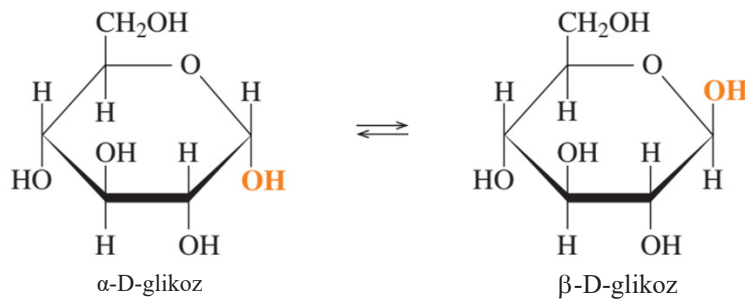
Glukozitler canlı organizmalarda çok önemli bir rol oynar. Bitkiler glukozitleri daha sonra enzimatik hidrolizle aktive edilmek üzere inaktif bir formda depolarlar, böylece kullanıma hazır hale gelen şeker bileşeni ayrılır.

1.6. Monosakkaritlerin Daha Önemli Temsilcileri

Çok sayıda monosakkarit sentezlenmiştir, ancak bunlardan yalnızca birkaçı biyolojik öneme sahiptir. Riboz ve deoksiriboz gibi pentozlar nükleik asitlerin bir parçasıdır, heksozlar ise hücreler için önemli bir enerji kaynağıdır. En önemli heksozlar glikoz, galaktoz ve fruktozdur. Doğada, hücrelerin içeriğinde giren D-izomerleri en sık bulunur.

Glikoz

Glikoz, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ moleküler formülüne sahip bir aldohexozdur. İnsan vücudundaki en önemli şekerdir. Glikoz, glikoliz sürecinde karbondioksit ve suya parçalanır ve büyük miktarda enerji serbestlenir. Glikoza dekstroza da denir çünkü düzlemsel polarize ışık düzlemini sağa döndürür (D-(+)-glikoz). D-glikoz iki anomerik formda bulunur: α -D-glikoz (α -D-glukopiranoz) ve β -D-glikoz (β -D-glukopiranoz)

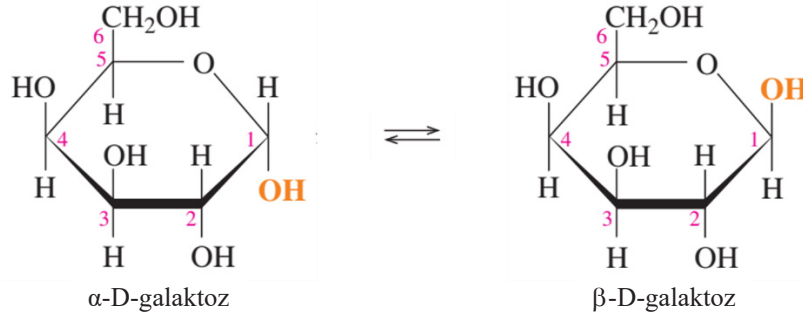


Glikoz, üzümlerde bulunduğu için *üzüm şekeri* olarak da bilinir ve ayrıca meyvelerde, sebzelerde, mısır şurubunda, balda vb. bulunur. Bal, glikoz ve fruktozun doğal bir karışımıdır, sakaroz (sıradan şeker) ise bir glikoz molekülünden ve bir fruktoz molekülünden oluşan bileşiktir. D-glikoz, sakaroz, laktoz ve maltoz disakkaritlerinin ve nişasta, selüloz ve glikojen polisakkaritlerinin içeriğinde girer. Glikoz, kan dolaşımı yoluyla tüm hücrelere taşındığı için

kan şekeri olarak da adlandırılır. Diyabetli kişilerin idrarında bulunur ve idrarda glikoz atıldığı duruma glukozüri denir.

Galaktoz

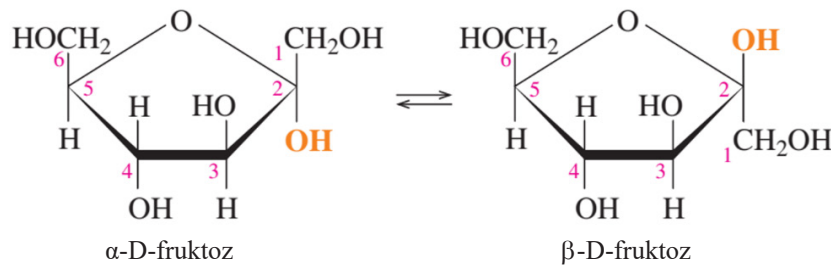
Galaktoz, glikoza bağlı bir aldohexozdur ve disakkarit laktozda ve bazı oligosakkaritlerde ve polisakkaritlerde bulunur. Galaktoz, beyin ve sinir sisteminin hücre zarlarının içeriğinde giren bir bileşenidir. Glikozun bir izomeridir, D-glikoz ve D-galaktozun yapısındaki fark, dördüncü karbon atomundaki –OH grubunun düzenlenmesindedir. Bu, α -D-galaktozun (α -D-galaktopiranoz) ve β -D-galaktozun (β -D-galaktopiranoz) döngüsel yapılarından görülebilir.



Galaktozu glikoza dönüştürmek için gereken enzimin işlevi kusurlu olduğu duruma galaktozemi denir. Galaktozun kanda ve dokularda birikmesi katarakta, zihinsel geriliğe ve siroza yol açabilir. Galaktozemi tedavisi, süt ve süt ürünleri gibi galaktoz içeren yiyecekleri diyetten çıkarmaktır.

Fruktoz

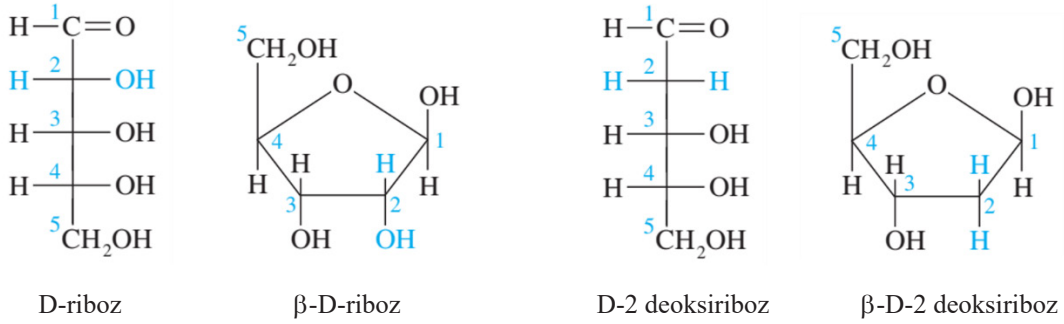
Fruktoz, glikoz ve galaktozdan farklı olarak bir ketoheksozdur. *Levüloz* olarak adlandırılır çünkü düzlemsel polarize ışık düzlemini sola döndürür. Fruktoz, meyvelerde ve meyve sularında bulunan *meyve şekeri* olarak da adlandırılır. Glikozla birlikte balda ve normal şeker veya sakarozda bulunur ve ayrıca inülin polisakkaritte de bulunur. Fruktozun yapısı, glikozun yapısından karbonil grubunun bulunduğu yer açısından farklıdır; karbonil grubu glikozda ilk C atomunda bulunurken, fruktozda karbonil grubu ikinci karbon atomundadır. D-fruktoz aşağıdaki gibi gösterilebilen iki döngüsel yapıda bulunur: α -D-fruktoz (α -D-fruktofuranoz) ve β -D-fruktoz (β -D-fruktofuranoz).



Fruktoz, şekerlerin en tatlısıdır, sakarozdan iki kat daha tatlıdır. Bu yüzden diyet yapan kişiler arasında fruktoz popülerdir, çünkü tatlı bir tat elde etmek için daha az fruktoz ve dolayısıyla daha az kalori gerekir. Sakkaroz, arılarda bulunan invertaz enzimi etkisi altında glikoz ve fruktoza parçalanır. Fruktoz doğrudan metabolize edilebilir, ancak karaciğerde de kolayca glikoza dönüştürülür.

Riboz ve deoksiriboz

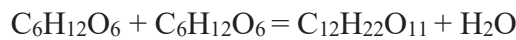
D-riboz ve D-2-deoksiriboz, nükleik asitlerin yapımında yer aldıkları için özellikle önemli pentozlar olan aldopentozlardır. Deoksiriboz adında D-2-deoksiribozdur durukun, 2 sayıısı deoksiribozdaki ikinci C atomunun bir oksijen atomunun eksik olduğunu gösterir. Ribozda bulunan –OH grubu yerine, deoksiribozda bir hidrojen atomu vardır. Aralarındaki fark, döngüsel olmayan ve sdöngüsel yapılarını temsil eden aşağıdaki formüllerden görülebilir.



D-riboz iki izomerik formda bulunur: α-D-riboz (α-D-ribofuranoz) ve β-D-riboz (β-D-ribofuranoz). Ribozun döngüsel yapısından üç kiral C atomu (2, 3 ve 4 sayılılarıyla işaretlenmiştir) olduğu görülebilirken, deoksiribozun iki kiral C atomu (3 ve 4 sayılılarıyla işaretlenmiştir) vardır. Buna göre, bu pentozların meydana geldiği optik izomerlerin sayısı farklı olacaktır.

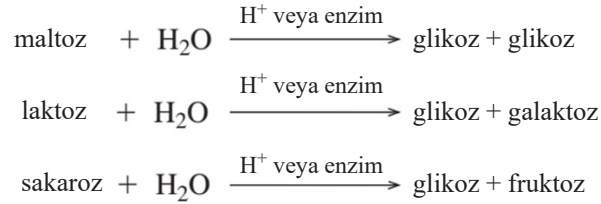
1.7. Disakkaritler

Disakkaritler, iki monosakkarit biriminden oluşan karbonhidratlardır. En yaygın rastlanan disakkaritler **maltoz**, **laktöz** ve **sakarozdur**. Disakkaritleri temsil etmek için kullanılabilen moleküler formül $C_{12}H_{22}O_{11}$ 'dir. Disakkarit oluşurken, monosakkarit molekülleri ($C_6H_{12}O_6$) birbirine bağlanarak bir su molekülü üretilir. Bu nedenle, disakkaritleri oluşturma reaksiyonuna *yoğunlaşma* reaksiyonu denir.



Denklemden, yoğunlaşmanın ters reaksiyonunun hidroliz olduğu görülebilir. Disakkaritler, asit veya enzim varlığında sulu çözeltilerde parçalanabilir ve iki monosakkarit molekülü elde edilir. Disakkaritlerin her birini parçalamak için farklı enzim kullanılır. Örneğin, **sakaroz**, *asit veya sakraz enzimi varlığında hidrolize edildiğinde, bir glikoz molekülüne ve bir fruktoz molekülüne*

ayrılır. **Laktoz**, *laktaz* enzimi varlığında glikoz ve galaktoza ayrılırken, **maltoz**, *maltaz* enzimi tarafından iki glikoz molekülüne ayrılır.



Maltoz

Maltoz, iki monosakkarit glikoz biriminden oluşan disakkarittir. Serbest halde bulunmaz, polisakkarit nişastasının hidrolizi sırasında elde edilir ve ayrıca çimlenen tahıllarda bulunur. Maltozun hidrolizi sırasında, arpa ve diğer tahıllardaki maya enzimlerinin etkisi altında glikoz elde edilir ve bundan fermantasyon sırasında etanol elde edilir. Maltoz tahıllara, şekerlemelere ve içecekler hazırlamada eklenir. Maltozdaki iki glikoz molekülünün bağlandığı kovalent bağa glikozidik bağ veya oksijen glikozidik bağı (O – glikozidik bağ) denir. İki D-glikoz molekülünün 1 ve 4 ile işaretlenen C atomları arasında oluşur ve bir su molekülü ayrılır.

ALİŞTIRMALAR

Önemli disakkaritlerdeki (maltoz, laktoz, trehaloz, sakaroza) monosakkarit birimlerine maltoz ve trehaloz bağlanmanın şeklinin sunumu, glikozidik bağların belirlenmesi ve kaydedilmesi.

Ödev 9

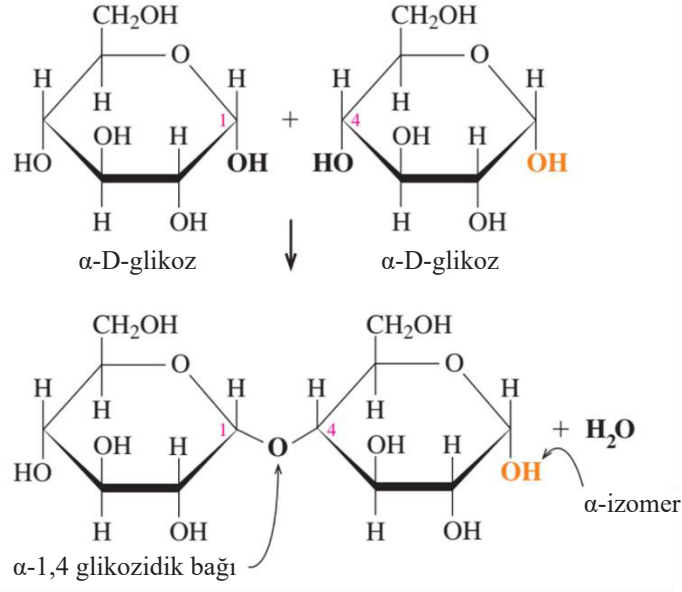
Disakkarit maltozdaki maltoz bağlanma örüntüsünü gösterin.

ÇÖZÜM:

Aranan:

Disakkarit maltozda maltoz bağlanma şekli sunulsun.

Disakkarit maltozdaki iki α -D-glikoz molekülü arasındaki glikozidik bağın oluşumunda, bir molekülün α -pozisyonunda bulunan hemiasetal –OH grubu (pozisyon 1) ve ikinci glikoz molekülünün 4. pozisyonunda bulunan –OH grubu rol oynar, Maltozdaki glikozidik bağ α -1,4 glikozidik bağı olarak adlandırılır. Böylece, bağın oluşumunda α -D-glikozun ilk molekülünün α karbon atomunda (pozisyon 1) bulunan –OH grubu ile α -D-glikozun içerdiği ikinci molekülünde C atomunun 4. pozisyonunda bulunan –OH grubu yer alır. α -1,4 glikozidik bağının oluşumu sırasında bir su molekülü ayrılır. Maltozda glikozidik bağının oluşumu aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Ödev 10 Maltozun b-izomerinin formülünü yazınız.

Maltozda iki glikoz molekülünün birbirine bağlanma biçimine **maltoz bağlanma biçimi** denir. Monosakkaritlerin maltoz bağlanma biçiminde, bir monosakkaritin hemiasetal –OH grubu ve diğer monosakkaritin hemiasetal olmayan –OH grubu glikozidik bağın oluşumuna katılır. Böylece özelliklerine etkileyen hemiasetal –OH grubu içeren disakkarit elde edilir. Maltozun hemiasetal –OH grubuna sahip olduğundan, hem α - hem β - izomeri oluşturabilir ve mutarotasyon gösterir. Maltozdaki açık zincirinde oksitlenebilen bir aldehit grubu bulunur . Bu nedenle maltoza *indirgeyici şeker* denir.

Laktoz

Laktoz, biri α -D- glikoz diğeri β -D-galaktoz olmak üzere iki monosakkarit biriminden oluşan ve maltoz bağlanma biçimine göre glikozidik bağ ile bağlanan disakkarittir. Laktoz, memelilerin sütünde ve süt ürünlerinde serbest halde bulunduğu için *süt şekeri* olarak da adlandırılır. Laktaz enzimi bebeklerin ince bağırsağında bulunur, bu nedenle diyetlerindeki süt yoluyla tükettikleri laktozu kolayca parçalayabilirler. Ancak insanlar yaşlandıkça bağırsakları laktaz enzimini üretmeyi bırakır ve laktozu sindiremezler. Bu nedenle laktoz, kalın bağırsakta yaşayan bakteriler tarafından metabolize edilir.

ALİŞTIRMALAR

Önemli disakkaritlerdeki (maltoz, laktoz, trehaloz, sakaroz) monosakkarit birimlerinin maltoz ve trehaloz bağlanma biçiminin sunumu, glikozidik bağların belirlenmesi ve yazılması.

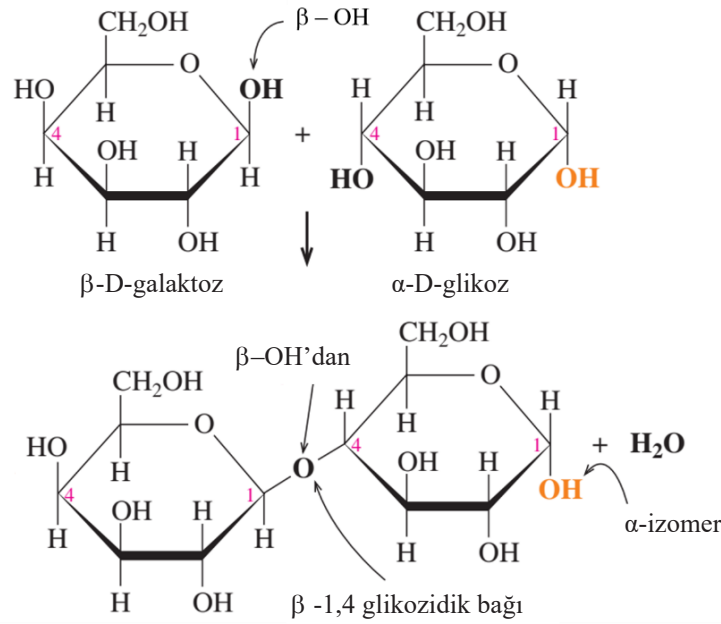
Ödev 11

Laktoz disakkaritinde maltoz bağlanma biçimini gösterin.

ÇÖZÜM:

Aranan: Disakkarit laktozdaki maltoz bağlanma biçimini sunmak.

Laktozdaki galaktoz ve glikoz monosakkaritleri maltoz bağlanma biçimine göre bağlanır. Bu arada β -D-galaktoz ile α -D-glikoz arasında oluşan glikozidik bağı β -1,4 glikozidik bağı olarak belirlenir. Bu, β -D-galaktozun 1. pozisyonundaki C atomunda bulunan hemiasetal -OH grubu ile α -D-glikozun 4. pozisyonundaki C atomundaki -OH grubu arasında oluşur. Laktozda glikozidik bağın oluşumu aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Ödev 12 Laktozun b-izomerinin formülünü yazınız.

Laktozun formülünden serbest hemiasetal -OH grubuna sahip olduğu görülebilir, bu da hem α hem de β izomerlerinde bulunabileceği anlamına gelir. Maltozda olduğu gibi laktoz da açık zincirinde oksitlenebilen bir aldehit grubuna sahiptir. Bu nedenle laktoza *indirgeyici şeker* denir.

Trehaloz

Trehaloz, glikozidik bağ ile bağlanmış iki α -D-glikoz molekülünden oluşan disakkarittir. Disakkaritlerde, glikozidik bağın oluşumunda monosakkarit moleküllerinin her iki hemiasetal -OH gruplarını katılabilir. Bu tür bağlanma *trehaloz bağlanma biçimi* olarak bilinir ve trehaloz ve sakaroz disakkaritlerinde bulunur.

ALIŞTIRMALAR

Daha önemli disakkaritlerde (maltoz, laktoz, trehaloz, sakaroz) monosakkarit birimlerinin maltoz ve trehaloz bağlanma biçimini sunmak, glikozidik bağın belirlenmesi ve yazılması.

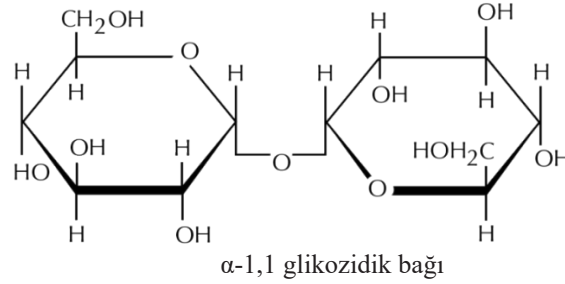
Ödev 13

Trehalozda trehaloz bağlanma biçimini temsil edin.

ÇÖZÜM:

Aranan: Trehalozdaki trehaloz bağlanma biçimini temsil etmek.

Trehaloz, α -D-glikozun iki molekülünden oluşan bir disakkarittir. Glikozidik bağın oluşumunda, iki α -D-glikoz molekülünden 1 ile işaretlenen C atomunun hemiasetal -OH gruplarını yer almaktadır. Disakkarit trehalozdaki trehaloz bağının oluşturduğu glikozidik bağı α -1,1 glikozidik bağı olarak işaretlenir. Bu bağın oluşumu aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Trehaloz bağlanma biçimi ile elde edilen disakkaritte serbest hemiasetal -OH grubu bulunmaz, çünkü iki monosakkarit aslında hemiasetal -OH grubu ile bağlanır.

Ödev 14 Trehaloz α ve β -formlarında bulunabilir mi? Açıklayın.

Trehalozun formülünden hemiasetal -OH grubuna sahip olmadığı görülebilir. Genellikle hemiasetal -OH grubuna sahip olmayan disakkaritler, hemiasetal -OH grubuna sahip olan disakkaritlerden özellikleri bakımından farklıdır. Bu nedenle trehaloz indirgeyici bir şeker değildir, mutarotasyon göstermez ve α ve β izomeri olarak var olamaz.

Sakaroz

Sakaroz, bir molekül α -D-glikoz ve bir molekül β -D-fruktozun glikozidik bağ ile bağlanmasıyla oluşan bir disakkarittir. Sakarozdaki glikozidik bağ, trehaloz bağlanma biçimiyle oluşur. Buna sıradan şeker denir, serbest halde bulunur ve günlük yiyeceklerde kullanılır. Sakarozun çoğu şeker kamışından veya şeker pancarından elde edilir, akçaağaç şurubu da iyi bir sakaroz kaynağıdır. Hem rafine edilmiş hem de rafine edilmemiş şekerin her iki formu da sakarozdur.

ALİŞTIRMALAR

Önemli disakkaritlerdeki (maltoz, laktoz, trehaloz, sakaroz) monosakkarit birimlerinin maltoz ve trehaloz bağlanma biçimini sunmak, glikozidik bağların belirlenmesi ve yazılması.

Ödev 15

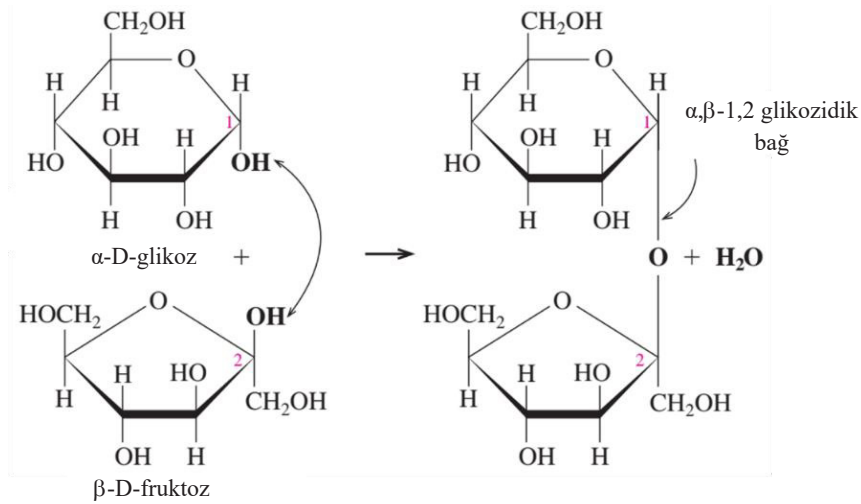
Sakaroz disakkaritinde trehaloz bağlanma biçimini gösterin.

ÇÖZÜM

Aranan: Sakaroz disakkaritinde trehaloz bağlanma biçimini sunmak.

Sakaroz, α -D-glikoz ve β -D-fruktozdan oluşan bir disakkarittir. Glikozidik bağ oluşumunda, α -D-glikoz molekülünde 1 ile işaretlenen C atomundan gelen hemiasetal -OH grubu ve β -D-fruktoz molekülünde 2 ile işaretlenen C atomundan gelen hemiasetal -OH grubu katılmaktadır.

Sakarozda α -D-glikoz ve β -D-fruktoz arasında oluşan glikozidik bağ α -1,2 glikozidik bağ olarak işaretlenir. Oluşumu aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Ödev 16 Sakaroz ve hidroliziyle elde edilen ürünler indirgen şekerler midir? Açıklayınız.

Sakaroz molekülünden hemiasetal $-OH$ grubuna sahip olmadığı görülebilir, bu da oksitlenemeyeceği ve bu nedenle indirgeyici şeker olmadığı anlamına gelir.

Sakaroz, hidroliz sırasında bir glikoz molekülü ve bir fruktoz molekülü oluşturur. Sakaroz, düzlemsel polarize ışık düzlemini belirli bir açıyla sağa döndürür ((+)-sakaroz), glikoz, sakaroz gibi (+)-glukozdur, fruktoz ise düzlemsel polarize ışık düzlemini sola döndürür ((-)-fruktoz). Fruktozun dönme açısı glikoza göre daha büyüktür ve bu nedenle glikoz ve fruktoz karışımı (1: 1), düzlemsel polarize ışık düzlemini sakarozla kıyasla sola döndürür, sakaroz da onu sağa döndürür. Bu nedenle, glikoz ve fruktoz karışımına **invert şeker** denir. Bu, sakarozun hidrolizi ile inversiyona yol açar, daha doğrusu düzlemsel polarize ışık düzleminin dönüş yönünde bir değişikliğin meydana geldiği anlamına gelir.

Disakkaritlerin fiziksel özellikleri

Sakaroz, laktoz ve maltoz disakkaritlerin fiziksel özellikleri büyük ve polar moleküllerinden kaynaklanır. Katı halde bulunurlar ve suda kolayca çözünürler. Örneğin, sakarozun çözünürlüğü $0^\circ C$ 'de 100 g suda 200 g'dır. Sudaki yüksek çözünürlüğünün nedeni, su molekülleri ile disakkaritlerin $-OH$ grupları arasında oluşan hidrojen bağlarıdır. Disakkaritler kolayca erimez, aslında sadece laktozun belirli bir erime noktası vardır ($201,6^\circ C$), sakaroz ve maltoz sırasıyla $186^\circ C$ ve $103^\circ C$ 'ye ısıtıldığında ayrışır. Sakaroz yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında koyulaşır ve kısmen ayrışır. Elde edilen karışıma karamel adı verilir ve gıda ürünlerinde renk ve aroma olarak kullanılır.

1.8. Polisakkaritler

Polisakkaritler, çok sayıda monosakkaritten oluşan polimerlerdir. Tüm polisakkaritler için geçerli olan genel formül $(C_6H_{10}O_5)_n$ 'dir. En önemli polisakkaritler olan nişasta, selüloz ve glikojen D-glikozdan oluşur. Bu, hidrolizlerinin glikoz vereceği anlamına gelir. Hidroliz, asidik bir ortamda ve ısıtma sırasında gerçekleşir.

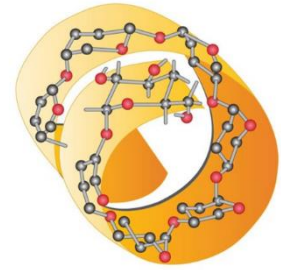


Polisakkaritler, monosakkaritler arasında oluşan glikozidik bağ türüne ve dallanma derecesine göre farklılık gösterir. Bitkiler güneş ışığını kullanma ve CO_2 ve H_2O 'dan monosakkarit sentezleme yeteneğine sahiptir, bunlardan daha sonra sakaroz (bitkilerdeki şekerin en büyük taşıma biçimi) ve nişasta (bitkiler tarafından depolanan bir polisakkarit) elde edilir.

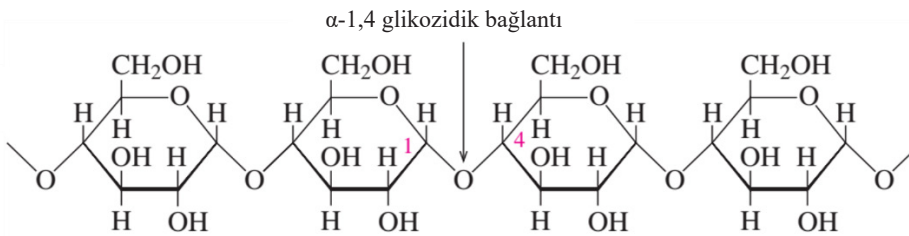
Polisakkaritler kimyasal bileşimlerine göre heteropolisakkaritler, homopolisakkaritler olarak ayrılır. **Heteropolisakkaritler**, iki veya daha fazla farklı monosakkaritten oluşan karbonhidratlardır. Aslında, heteropolisakkaritler farklı monosakkaritlerden veya üronik asitler gibi oksidasyon ürünlerinden oluşur. Bu grup pektinleri, hemiselülozları, agar-agar vb. içerir. Örneğin, pektinlerde ana zincir galakturonik asitten oluşurken, yan zincirler ksiloz, arabinoz, galaktoz, glikoz vb. monosakkaritlerden oluşur. **Homopolisakkaritler**, yalnızca bir tür monosakkarit içeren karbonhidratlardır. Homopolisakkaritler için örnek olarak monosakkarit glikozdan oluşan nişasta, selüloz ve glikojen verilebilir.

Nişasta

Nişasta, pirinç, patates, fasulye, tahıl vb.'de bulunan bir polisakkarittir. *Amiloz* ve *amilopektin* olmak üzere iki polimerden oluşur. Nişastanın yaklaşık %20'sini oluşturan amiloz, α -1,4 glikozidik bağlarıyla dallanmamış bir zincir halinde spiral (sarmal) biçiminde bağlanmış 250 ila 4.000 monosakkarit D-glikoz ünitesinden oluşur (Şekil 1.4).

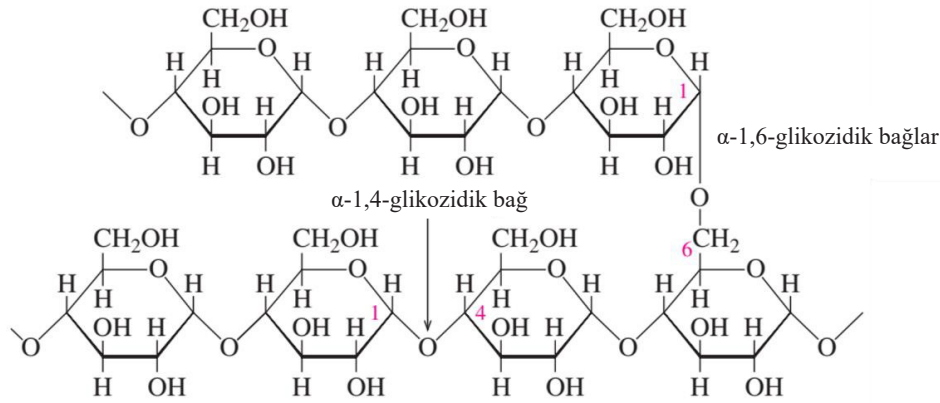


Şekil 1.4. Amilozun sarmal yapısı



Nişastanın %80'ini oluşturan *amilopektin*, dallanmış zincirli bir polimerdir. D-glikoz moleküllerinin bağlanma şekli, amilozdakiyle aynıdır ve α -1,4-glikozidik bağlarla gerçekleşir. Amilopektinin ana zinciri her 25 glikoz biriminde bir dallanır. Dallanmada, dalın C atomunun

(1. pozisyon) hemiasetal –OH grubu ile ana zincirin 6. pozisyonundaki C atomu arasında bir α -1,6-glikozidik bağ oluşur.

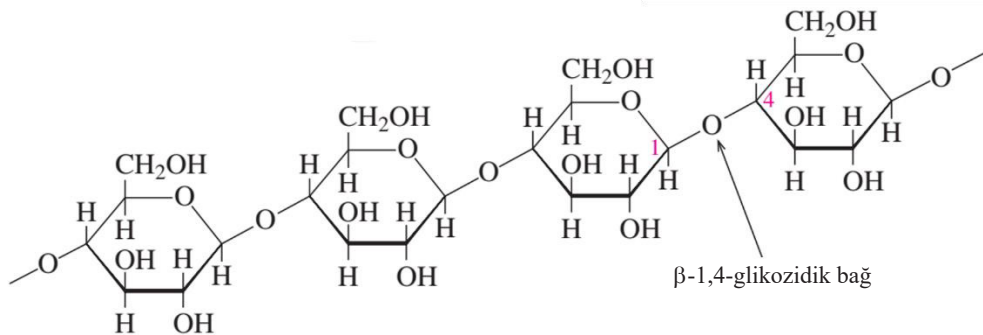


Nişasta, asit varlığında suda kolayca hidrolize olur ve daha sonra maltoza hidrolize edilen dekstrinler elde edilir ve son ürün olarak maltozun hidrolizi ile glikoz elde edilir. İnsan vücudunda kompleks karbonhidratlar, amilaz (tükürükte) ve maltaz (bağırsaklarda) enzimlerinin etkisi altında parçalanır. Parçalanmalarıyla elde edilen glikoz, gerekli besin kalorilerinin yaklaşık %50'sini sağlar.

Polar –OH gruplarının varlığına rağmen, nişasta molekülleri esas olarak boyutlarından dolayı soğuk suda çözünmez. Nişasta, sıcak suda kolayca kolloidal dispersiyon sistemleri oluşturur. İyot (I₂) katarak koyu mavi renk alırlar, bu da nişastanın varlığının kanıtıdır.

Selüloz

Selüloz, ağaçların ve bitkilerin ana yapısal malzemesidir, pamuk ise neredeyse saf selülozdur. Selülozda, D-glikoz molekülleri β -1,4-glikozidik bağlarla bağlıdır ve uzun dallanmamış zincirler oluşturur. Birbirine paralel olan zincirler arasında –OH gruplarını içeren hidrojen bağları oluşur, bu da selülozu suda çözünmez hale getirir.



İnsanların tükürüğünde ve pankreas sularında nişastanın α -1,4-glikozidik bağlarını hidrolize edebilen α -amilaz adı verilen enzimler bulunur, ancak bu enzimler selülozun β -1,4-glikozidik bağlarını hidrolize edemez. Bu nedenle selülozu sindiremezler. İnsanların aksine, bazı hayvanların

sindirim sisteminde selüloz, β -1,4-glikozidik bağları hidrolize etmek için selülaz enzimine sahip bakteriler tarafından glikoza parçalanır.

Glikojen

Glikojen veya *hayvansal nişasta*, insan ve hayvanların karaciğerinde ve kaslarında depolanan bir D-glikoz polimeridir. Hücrelerde kan glikoz seviyelerini koruyan ve öğünler arasında enerji sağlayan bir oranda hidrolize edilir. Glikojenin yapısı, bitkilerde bulunan amilopektinin yapısına çok benzer, ancak glikojen daha dallı bir polimerdir. Glikojenin ana zincirinde, glikoz birimleri α -1,4-glikozidik bağlarla birleşir ve her 10-15 glikoz biriminde oluşan dallar α -1,6-glikozidik bağlarla bağlanır.

ÖZET

Biyokimya, biyobileşiklerin, keşfinin, üretiminin, yapısının, özelliklerinin ve canlı organizmalardaki rolünün incelenmesiyle ilgilenen kimya dalıdır.

Biyobileşikler, canlı organizmalar için önemli olan organik bileşiklerdir.

Biyomoleküller, canlı organizmaların inşasında ve işleyişinde rol oynayan organik bileşiklerdir.

Biyojenik elementler (biyoelementler), biyomoleküllerin inşasında rol oynayan veya düzgün çalışmasını sağlayan elementlerdir.

Karbonhidratlar, karbon, hidrojen ve oksijen elementlerini içeren oksijenli organik bileşiklerdir. Karbonhidratlar, karmaşıklıklarına göre basit ve karmaşık karbonhidratlar olarak ayrılır.

Monosakaritler, hidrolize edilemeyen, yani daha küçük moleküllere parçalanamayan en basit karbonhidratlardır.

Oligosakaritler, birbirine bağlı iki ila on monosakkarit biriminden oluşan karbonhidratlardır.

Disakaritler, iki monosakkarit biriminden oluşan karbonhidratlardır.

Polisakaritler, çok sayıda monosakkarit birimi içeren doğal polimerler olan karbonhidratlardır.

Homopolisakaritler, yalnızca bir tür monosakkarit içeren karbonhidratlardır.

Heteropolisakaritler, iki veya daha fazla farklı monosakkarit molekülünden oluşan karbonhidratlardır.

Aldozlar, ilk karbon atomunda bir aldehit fonksiyonel grubu ($-CHO$) bulunan monosakaritlerdir.

Ketozlar, ikinci karbon atomunda bir keto (karbonil) grubu bulunan monosakaritlerdir.

Triozlar, üç karbon atomu bulunan monosakaritlerdir, **tetrozlar**, dört karbon atomu bulunan monosakaritlerdir, **pentozlar** beş karbon atomuna sahiptir, **heksozlar** ise altı karbon atomu içerir.

Kiral karbon atomu, dört farklı atoma veya atom grubuna bağlı bir atomdur.

Optik izomerlerin sayısı (i), kiral C atomlarının sayısına (n) bağlıdır ve şu formülle hesaplanır:
 $i = 2^n$.

Enantiyomerler, birbirlerinin ayna görüntüleri gibi davranan stereoizomerlerdir. Optik izomerizm, **enantiyomerizm** olarak da adlandırılır.

Enantiyomerler, düzlemsel polarize ışığın düzlemini belirli bir açıyla döndürdükleri için **optik antipodlar** olarak da adlandırılırlar.

Polarimetreler, dönüş açısını ölçmek için kullanılan cihazlardır ve bu tekniğe polarimetri denir.

Dekstrogirler, düzlemsel polarize ışığın düzlemini saat yönünde belirli bir açıyla döndüren optik izomerlerdir, (+) izomerler.

Levogirler, düzlemsel polarize ışığın düzlemini saat yönünde belirli bir açıyla döndüren optik izomerlerdir.

Rasemik karışım, iki enantiyomerin eşit miktarlarını içeren bir karışımdır.

Piranozlar, piran gibi altı üyeli halkalardır, furanozlar ise furan gibi beş üyeli halkalardır.

Hemiasetal hidroksil grubu, monosakkaritlerin siklizasyonu ile hemiasetal formunda oluşan yeni $-OH$ grubudur.

Mutarotasyon, α - ve β -anomerler arasındaki denge değişikliği nedeniyle oluşan bir çözeltinin optik rotasyonundaki değişiktir.

İndirgeyici şekerler, diğer maddeleri indirgeyerek oksitlenen karbonhidratlardır.

Aldonik asit, monosakkaritlerdeki aldehit grubunun oksidasyonu ile elde edilir.

Üronik asit, altıncı C atomundaki $-OH$ grubunun oksidasyonu ile elde edilir.

Aldarik asit altıncı C atomundaki hem aldehit hem de $-OH$ grupları aynı anda oksitlenerek elde edilir. **Glikozitler**, monosakkaritlerin alkollerle reaksiyonuyla oluşan eterlerdir.

Sakaroz (sofra şekeri), trehaloz bağı olan glikoz ve fruktozdan oluşan bir disakkarittir.

Maltoz (meyve şekeri), maltoz bağı olan iki glikoz molekülünden oluşan bir disakkarittir.

Laktoz (süt şekeri), maltoz bağı olan glikoz ve galaktozdan oluşan bir disakkarittir.

İnvert şeker, sakkarozun hidrolizi ile elde edilen bir glikoz molekülü ve bir fruktoz molekülünün karışımıdır. Bu karışıma invert şeker denir çünkü optik dönüş açısı sakaroza göre yön değiştirir.

Polisakkaritler, çok sayıda monosakkaritten oluşan karbonhidratlardır. Tüm polisakkaritler için geçerli olan genel formül $(C_6H_{10}O_5)_n$ 'dir.

Nişasta, amiloz ve amilopektinden oluşan iki polimerden oluşan bir polisakkarittir.

Amiloz, nişastanın yaklaşık %20'sini oluşturan, α -1,4 glikozidik bağlarla dallanmamış bir zincirde birbirine bağlanmış 250 ila 4.000 monosakkarit D-glikoz biriminden oluşan bir polimerdir ve bir spiral şeklinde düzenlenmiştir.

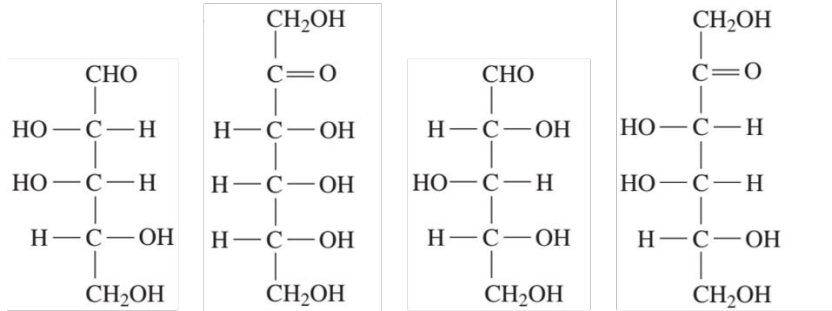
Amilopektin, nişastanın %80'ini oluşturan dallanmış zincirli bir polimerdir. Ana zincirdeki D-glikoz moleülleri α -1,4-glikozidik bağlarla bağlanır ve dallanmada bir α -1,6-glikozidik bağ oluşur.

Selüloz, D-glikoz moleüllerinin β -glikozidik bağlarla bağlandığı ve uzun dallanmamış zincirler oluşturduğu bir polisakkarittir.

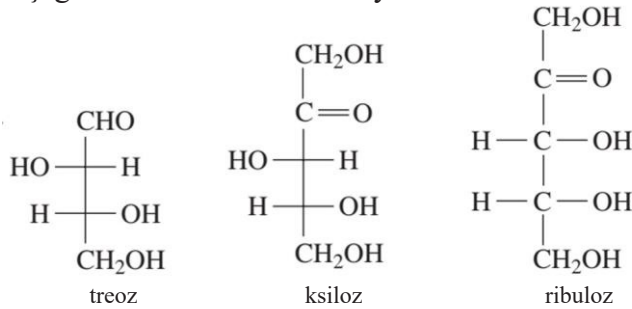
Glikojen veya hayvansal nişasta, hayvanların karaciğerinde ve kaslarında depolanan bir D-glikoz polimeridir.

SORULAR VE ÖDEVLER

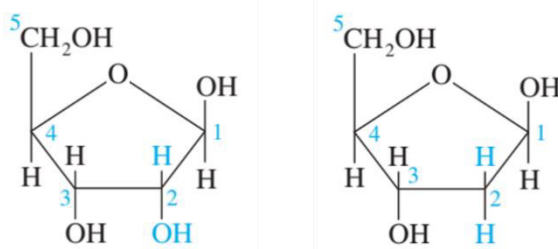
- 1) Fotosentez için hangi moleküllere ve solunum için hangilerine ihtiyaç vardır?
- 2) Monosakkaritler hangi fonksiyonel grupları içerir?
- 3) Aldoz ve ketoz arasındaki fark nedir?
- 4) Ketopentozda fonksiyonel gruplar nelerdir ve kaç karbon atomu vardır?
- 5) Aldoheksozda fonksiyonel gruplar nelerdir ve kaç karbon atomu vardır?
- 6) Aşağıdaki monosakkaritleri fonksiyonel gruba ve C atomu sayısına göre sınıflandırın



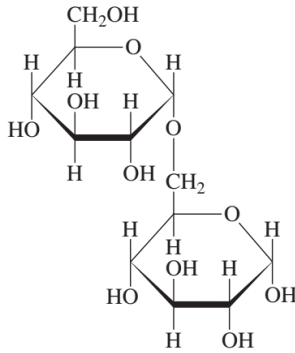
- 7) Gliseraldehitin neden sadece bir kiral C atomu vardır?
- 8) Aşağıdakilerin D-izomer mi yoksa L-izomer mi olduğunu belirleyin. Açıklayın.



- 9) Riboz için Fischer projeksiyon formüllerini çizin.
- 10) D-glikoz ve D-galaktozun Fischer projeksiyon formülleri arasındaki fark nedir?
- 11) D-glikoz ve D-fruktozun Fischer projeksiyon formülleri arasında bir fark var mıdır?
- 12) Galaktoz ve ribozun döngüsel olmayan formunu ve iki döngüsel hemiasetal formunu yazın ve iki monosakkaritin döngüsel hemiasetal formundaki ve döngüsel olmayan formundaki kiral C atomlarının sayısını karşılaştırın. Bunlar piranozlar mı yoksa furanozlar mıdır?
- 13) Laktozun hidrolizi ile hangi monosakkaritler elde edilir?
- 14) Aşağıda iki döngüsel hemiasetal formu verilmiştir



- a) Aynı monosakkariti mi ifade ediyorlar?
 b) α -formu mu yoksa β -formu mu temsil ediliyor?
 c) Her iki formdaki kiral C atomlarının sayısını belirleyin.
 d) Her iki form için optik izomer sayısı nedir?
- 15) D-ksilitol, D-ksilozun (aldopentoz) indirgenmesiyle elde edilen bir alkoldür. Reaksiyonun denklemini yazın.
- 16) D-ribozun oksidasyon reaksiyonunun ve indirgeme reaksiyonunun ürünlerini yazın.
- 17) Maltozdaki glikozidik bağ neden α -1,4-glikozidik bağ, laktozdaki glikozidik bağ ise β -1,4-glikozidik bağdır? Açıklayınız..
- 18) Disakkarit izomaltozdaki glikozidik bağın oluşum yöntemini formülünden hareket ederek açıklayın.



- a) İzomaltozun bileşiminde hangi monosakkaritler bulunur?
 b) İzomaltozda hangi tip glikozidik bağ bulunur?
 c) İzomaltoz bir indirgeyici şeker midir?
 d) İzomaltozun hidrolizi ile ne elde edilir?
- 19) Selülozun hidrolizi ile elde edilen, β -1,4-glikozidik bağ ile bağlanmış iki D-glikoz molekülünden oluşan bir disakkarit olan selobiyozun formülünü yazınız?
- 20) Aşağıdakilerden hangisi disakkarittir (birden fazla tanımlanmış olabilir)?
 a) sıradan şeker;
 b) süt ve süt ürünlerinde bulunur;
 c) hidroliz olduğunda glikoz ve galaktoz oluşturur;
 d) indirgeyici şeker değildir.
- 21) β -galaktozu suda eriterek, α -galaktozun da bulunduğu bir çözelti elde edilir. Açıklayınız.
- 22) İnvert şeker neden sakarozdan daha tatlıdır?
- 23) Selüloz ve amiloz dallanmamış polimer zincirleridir. Aralarındaki fark nedir?
- 24) Aşağıdaki şekilde tanımlanan polisakkariti tanımlayın:
 a) Karaciğer ve kaslarda depolanan bir polisakkarit;
 b) β -1,4 glikozidik bağları içeren dallanmamış bir polisakkarit;
 c) α -1,4 ve α -1,6 glikozidik bağları içeren bir polimer;
 d) β -1,4 glikozidik bağları içeren dallanmamış bir polisakkarit.
- 25) Nişastanın hidrolizi ile hangi disakkarit oluşur?

1.9. Lipitler Kavramı, Onların Sınıflandırılması, Rolü ve Önemi

Lipitler, kimyasal bileşimleri ve yapıları bakımından farklılık gösteren büyük bir doğal organik bileşik grubudur. “Lipit” kelimesi, “yağlı” veya “yağ” anlamına gelen Yunanca *lipos* kelimesinden gelir. Lipitler, polar olmayan organik çözücülerde (eter, aseton, kloroform, benzen, vb.) çözünen ancak suda çözünmeyen biyomoleküllerdir. Lipit grubuna çok sayıda bileşik aittir. Onların sınıflandırması için bir olasılık, polar olmayan organik çözücülerdeki çözünürlüklerine göre dir. Buna göre şu şekilde ayrılır:

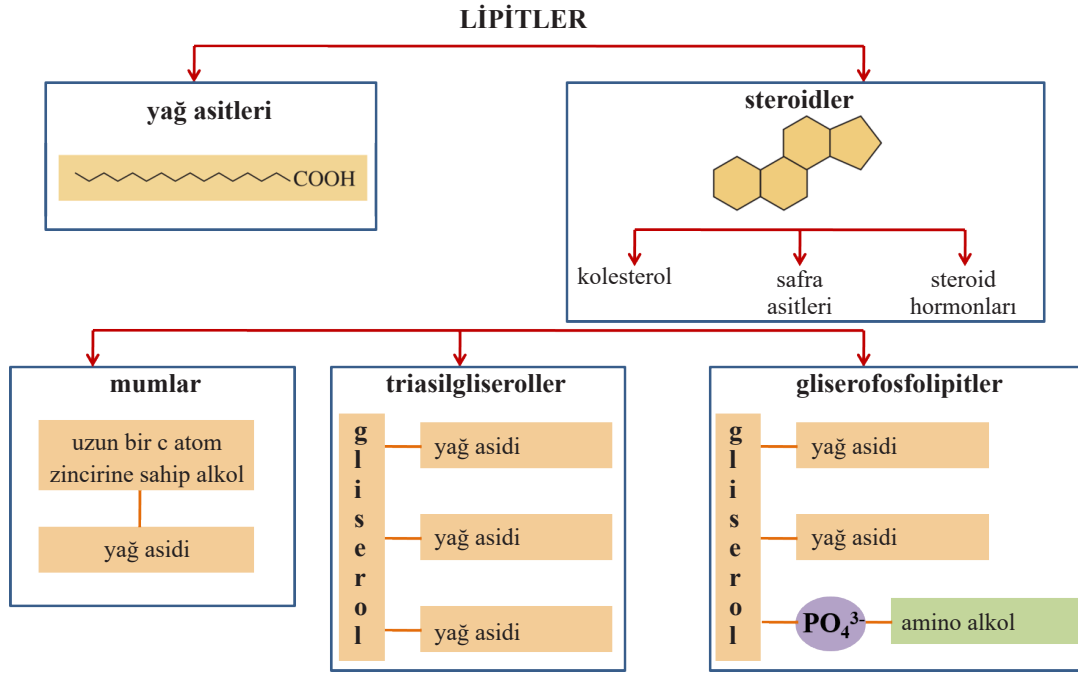
- ① Yüksek yağ asitleri (doymuş ve doymamış);
- ② Gliseritler (gliserol ve yüksek yağ asitlerinin esterleri);
- ③ Gliserit olmayan lipitler (mumlar, steroidler, sfingolipidler);
- ④ Karmaşık lipitler (lipoproteinler).

Lipitler, bitkiler, hayvanlar ve insanlar gibi tüm canlı organizmalarda bulunur. İnsanlar ve hayvanlar için çok önemli bir besindir çünkü protein ve karbonhidratlardan iki kat daha fazla enerji içerirler. Hayvan organizmalarında ve insanlarda tüketilen fazla gıda yağlara dönüştürülür ve dokularda yedek madde olarak depolanır.

Canlı organizmalarda lipitler birçok önemli işlevi yerine getirir, bunlardan bazıları şunlardır:

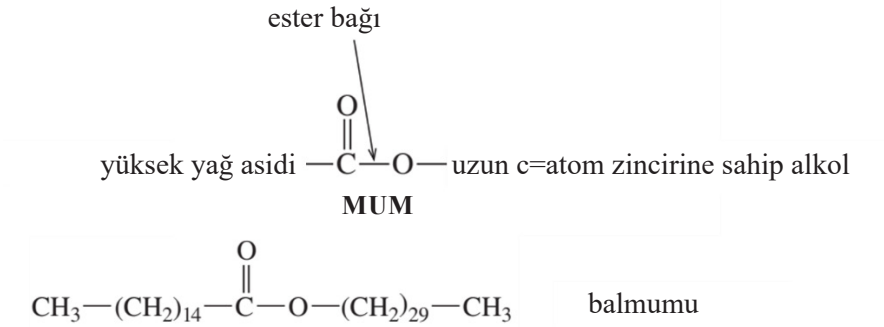
- *Enerji kaynağı.* Onlar çok iyi enerji kaynağıdır, örneğin 1 gr yağ oksitleyerek 9 kcal enerji serbestlenir.
- *Enerji depolama.*– Lipitler yedek maddelerdir, vücutta depolanan enerji lipitler biçimindedir.
- *Yapısal elemanlar.*– Bazı lipitler tüm hücre zarlarının temel yapısıdır.
- *Koruyucu rol.*– Yağlar darbe emici görevi görür ve iç organları korur.
- *Taşıyıcı rol.*– Bazı lipitler diğer maddelerin taşınmasında rol alır. Örneğin, besin yağları yağda çözünen vitaminlerin taşıyıcılarıdır.
- *Vitaminler.*– Suda çözünmeyen vitaminler bazı biyolojik süreçlerin düzenlenmesinde rolleri vardır.
- *Hormonlar.*– Steroid hormonlar dokular arasındaki iletişimi sağlar.

Mumlar, yağlar, sıvı yağlar ve gliserolfosfolipidler gibi lipitler, hidroliz üzerine daha yüksek yağ asitleri ve karşılık gelen alkol oluşturan esterlerdir. Steroidler, dört yoğunlaştırılmış karbosiklik (karbon) halkadan oluşan bir steroid çekirdeği ile karakterize edilir. Daha yüksek yağ asitleri içermezler ve hidrolize olmazlar. Lipitlere ait olan bileşiklerden bazıları aşağıdaki şemada gösterilmiştir.



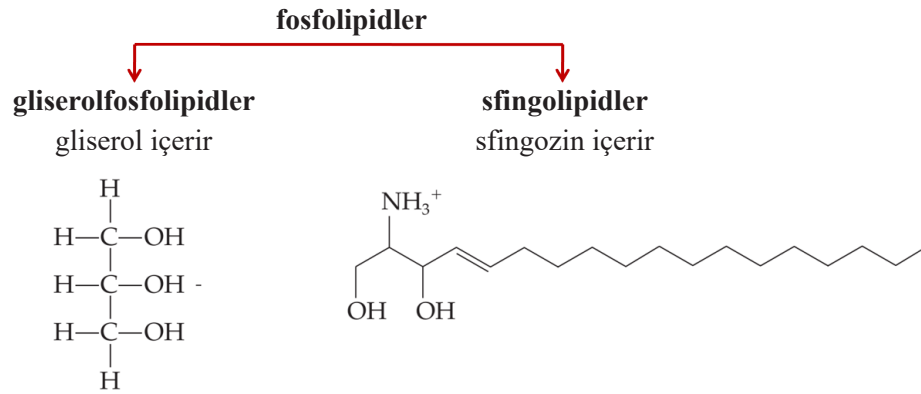
Şema 1.3. Lipit grubuna ait bileşiklerin sınıflandırılması

Mumlar lipit grubuna ait bileşiklerdir. Uzun bir karbon atomu zincirine (14 - 30 C atomu) sahip doymuş yağ asitleri ve alkollerin esterleridir.



Mumlar birçok bitki ve hayvanda bulunur. Bitkilerin meyveleri, yaprakları ve gövdelerindeki mumsu kaplama, su kaybını ve zararlıların etkilerini önlemeye yardımcı olur. Ayrıca, hayvanların derisinde, kürkünde ve tüylerinde bulunan mumlar su geçirmez bir kaplama sağlar.

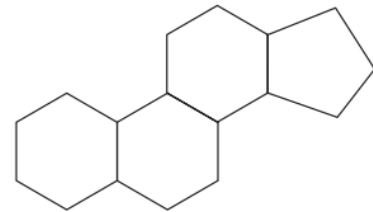
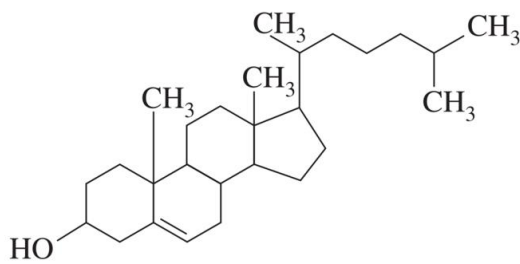
Fosfolipidler, gliserol ve sfingozin alkollerinin çeşitli yüksek yağ asitleri ve fosforik asitle esterleridir. İçerdikleri alkole bağlı olarak gliserofosfolipidlere ve sfingolipidlere ayrılırlar. Bu sınıflandırma kimyasal bileşime bağlı olarak yapılır.



Fosfolipidler en bol miktarda hücre zarlarında bulunur, ancak sinir dokusunda, bitki tohumlarında ve kuş yumurtalarında da bulunur. Suda çözünmezler, havada ise hızla oksitlenirler. Fosfolipidler hücre zarlarının yapımında rol alan proteinlerle kompleks bileşikler (lipoproteinler) oluştururlar.

Gliserofosfolipidler, *gliserolün çeşitli yüksek yağ asitleri ve fosforik asitle esterleridir*. Bu arada, fosforik asit alkol gliserol veya sfingozinle ve organik bazlar kolin ve etanolaminle veya amino asit serinle esterleştirilir.

Steroidler, üç sikloheksan ve bir siklopentan halkasından oluşan polisiklik bileşiklerdir. Steroid grubuna steroller, safra asitleri, steroid hormonları, cinsel hormonları, kortikoid hormonları vb. aittir.





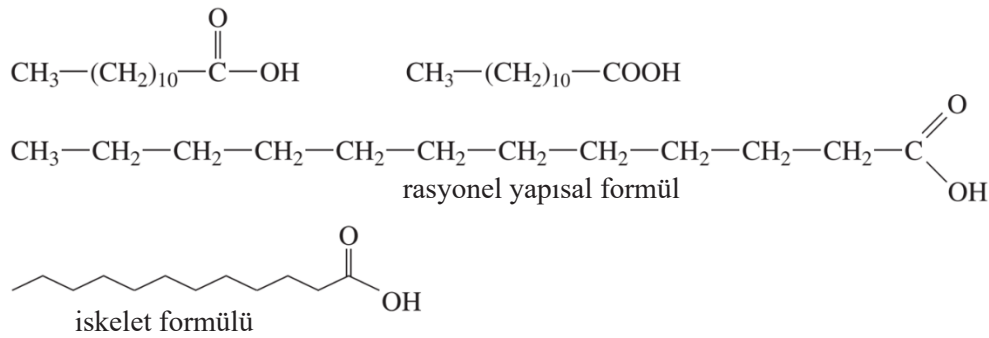
Kolesterol, sinir dokusunda, spermatozoidlerde, karaciğerde, yumurta sarısında, böbrek üstü bezlerinde, kırmızı kan hücresi zarlarında ve kanda bulunan bir steroiddir. Hücre zarlarının geçirgenliğini düzenlemede rol oynar. Kandaki yüksek kolesterol seviyeleri arterioskleroz ve kalp krizi riskini artırır.

1.10. Yağlar ve Sıvı Yağlar

Yağlar ve sıvı yağlar, temel bileşenlerinin gliserol ve daha yüksek yağ asitleri arasındaki çeşitli esterler olduğu çeşitli bileşiklerin karmaşık doğal karışımlarıdır. Gliserol, IUPAC adı ile propan-1,2,3-triol olan trihidroksi alkoldür. Daha yüksek yağ asitleri, uzun dallanmamış karbon zinciri içeren ve zincirin bir ucunda bir karboksil fonksiyonel grubu ($-\text{COOH}$) bulunan organik asitlerdir. Daha yüksek yağ asitlerindeki karbon zinciri, moleküllerinin polar olmayan kısmıdır

ve hidrofobiktir, karboksil grubu ise polar ve hidrofiliktir. Karbon zinciri, karboksil grubuna kıyasla daha uzun olduğundan, aslında moleküldeki baskın kısımdır ve bu nedenle daha yüksek yağ asitleri polar olmayan bileşiklerdir ve suda çözünmezler.

Doğal yağ asitleri genellikle çift sayıda karbon atomuna sahiptir (10 ile 20 arasında). Örneğin, hindistan cevizi yağında bulunan laurik asit, 12 C atomuna sahip daha yüksek bir yağ asididir, palmitik asit 16 C atomuna, stearik asit 18 C atomuna sahiptir, vb. Daha yüksek yağ asitlerini temsil etmek için genellikle iskelet formülleri kullanılır, zincirin uçlarında ve kıvrımlarda C atomları bulunur. Laurik asidi temsil etmek için kullanılabilen farklı formüller şunlardır:



Yüksek yağ asitleri, yağlarda ve yağlarda bulunan esterlerin içeriğinde bulunur, en yaygın olanları palmitik, oleik, stearik, araşidonik, linoleik ve linoleniktir. Tek veya çift bağ içerip içermediklerine bağlı olarak yüksek yağ asitleri şu şekilde ayrılır:

- ① Doymuş yüksek yağ asitleri.
- ② Doymamış yüksek yağ asitleri.

Doymuş yüksek yağ asitlerinin genel formülü, n'nin bir tam sayı olduğu $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ 'dir. Aynı sayıda C atomu içeren doymamış yüksek yağ asitlerinde, hidrojen atomu sayısı daha küçüktür ve çift bağ sayısına bağlıdır.

Tablo 1. Yüksek yağ asitlerinin isimlendirilmesi

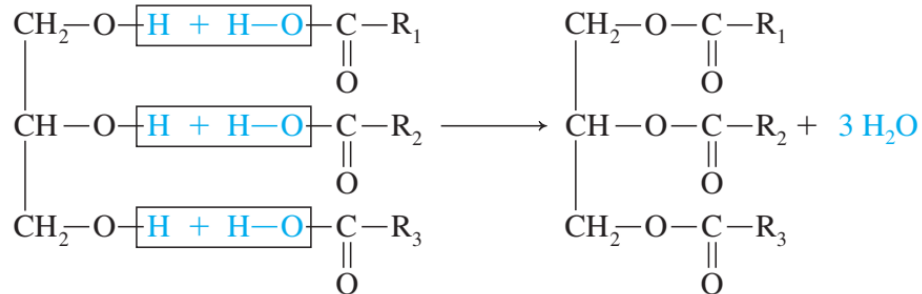
Formül	Yaygın isim	IUPAC
Doymuş daha yüksek yağlı asitler		
$\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$	Laurik asit	dodekanoik asit
$\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$	Miristik	tetradenanoik asit
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Palmitik	heksadekanoik asit
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Stearik	oktadekanoik asit
Doymamış daha yüksek yağlı asitler		
$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	Oleik	oktadeka-9-enoik asit
$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Linolenik	oktadeka-9,12-dienoik asit
$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	linoleik	oktadeka-9,12,15-trienoik asit
$\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$	Araşidonik	oktadeka-5,8,11,14-tetraenoik asit

Doymuş yüksek yağ asitlerinde, karbon zincirindeki C atomları arasında yalnızca tek bağlar bulunur. Molekülleri daha yoğun bir şekilde paketlenmiştir çünkü karbon zincirleri arasında güçlü moleküller arası etkileşimler vardır. Bu yüzden, doymuş yüksek yağ asitleri oda sıcaklığında katı agregat halindedir. C atomu sayısının artmasıyla, yüksek yağ asitlerindeki karbon zincirleri arasındaki etkileşimler daha güçlüdür ve bunun sonucu olarak erime noktası artar. Doymuş yüksek yağ asitleri laurik, miristik, palmitik ve stearik asittir. Onlar yağları oluşturan esterlerin içeriğine girerler.

Doymamış yüksek yağ asitlerinde karbon zincirinde, C atomları arasında bir veya daha fazla çift bağ bulunur. Geometrik izomerizm (çift bağdaki cis-trans) nedeniyle, doymamış yağ asitlerinin molekülleri düzensiz bir şekle sahiptir ve aralarındaki etkileşim daha zayıftır. Bu nedenle, sıvı haldedirler ve daha düşük sıcaklıkta erirler. Doymamış yüksek yağ asitleri oleik, linoleik, linolenik, araşidonik asit vb.'dir. Linolenik ve araşidonik asit omega-6 yüksek yağ asitleri olarak adlandırılır, linoleik asit ise omega-3 yüksek yağ asididir. Doymamış yüksek yağ asitleri sıvı yağların bileşiminde bulunur. İnsan vücudu çoğu yağ asidini karbondihidratlardan veya diğer yağ asitlerinden sentezleyebilir, ancak linoleik asit, linolenik asit ve araşidonik asit gibi bazı doymamış yağ asitlerini yeterli miktarda sentezleyemez. Bu doymamış yüksek yağ asitleri besin yoluyla alınır ve bu nedenle **esansiyel yüksek yağ asitleri** olarak bilinirler.

Doymamış yüksek yağ asitlerinin erime noktası C atomu sayısına ve çift bağ sayısına bağlıdır. Erime noktası karbon atomu sayısının artmasıyla artar ve doymamışlık derecesinin (çift bağ sayısının) artmasıyla azalır.

Yağlar ve sıvıyağlar, gliserol (propan-1,2,3-triol) ve daha yüksek yağ asitleri arasındaki **esterleşme** reaksiyonuyla elde edilir. Genel formdaki reaksiyon denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



Formülde R₁, R₂ ve R₃ yağ asidi kalıntılarıdır. Esterleşmenin ters reaksiyonuna **hidroliz** denir, çünkü asidik bir ortamda su ile yağlar ve sıvı yağlar gliserol ve daha yüksek yağ asitlerine ayrışır. Hidroliz güçlü bazların (NaOH, KOH) varlığında gerçekleştiğinde, sabunların aktif

bileşenleri olan daha yüksek yağ asitlerinin alkali tuzları elde edilir. Bu durumda hidrolize **sabunlaşma** denir.

Polihidroksil alkoller, monohidroksil alkollerden farklı olarak, bir veya daha fazla –OH grubuyla esterleşme reaksiyonuna katılabilir. Gliserolün kaç –OH grubunun daha yüksek yağ asitleriyle esterleştirildiğine bağlı olarak şunlar elde edilir:

- ① Monoasilgliseroller;
- ② Diasilgliseroller;
- ③ Triasilgliseroller.

Monoasilgliseroller (*monogliseridler*), bir –OH grubu gliserolün daha yüksek bir yağ asidiyle esterleştirildiğinde elde edilen esterlerdir. **Diasilgliseroller** (*digliseridler*), iki –OH grubu gliserolün daha yüksek yağ asitleriyle esterleştirildiği esterlerdir. **Triasilgliseroller** (*trigliseridler*), üç –OH grubu gliserolün daha yüksek yağ asitleriyle esterleştirildiği esterlerdir. Aşağıdaki çözülmüş ödevler yardımıyla monoasilgliserol, diasilgliserol ve triasilgliserolün oluşumu açıklanmıştır.

ALİŞTIRMALAR Yağ ve sıvı yağları elde etme reaksiyon denklemlerinin yazılması.

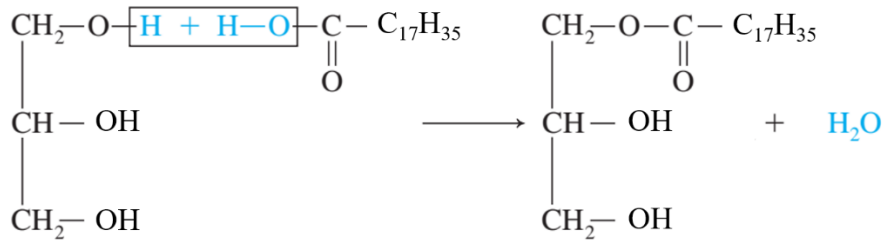
Ödev 17

Gliserolün bir stearik asit molekülüyle esterleşme tepkimesinin denklemini yazınız.

ÇÖZÜM:

Aranan: Gliserolün bir stearik asit molekülüyle esterleşme tepkimesinin denklemi yazılsın.

Bir gliserol –OH grubunun bir stearik asit molekülüyle esterleştirildiğinde monoasilgliserol elde edilir. Tepkimenin ürünü olarak, denklemden belirtildiği gibi ester yanısıra bir su molekülü de ayrılır. Su, karboksilik asidin –COOH grubunun bir parçası olan –OH grubundan ve alkolün –OH grubundan hidrojen atomundan ayrılır. Monoasilgliserolün oluşumu reaksiyonunun denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



Elde edilen ürünün adı 1-stearoilglycerol'dür.

Ödev 18

Gliserol ile bir palmitik asit molekülü arasındaki esterleşme reaksiyonunun denklemini yazınız.

ALİŞTIRMALAR

Yağ ve sıvı yağları elde etme reaksiyon denklemlerinin yazılması.

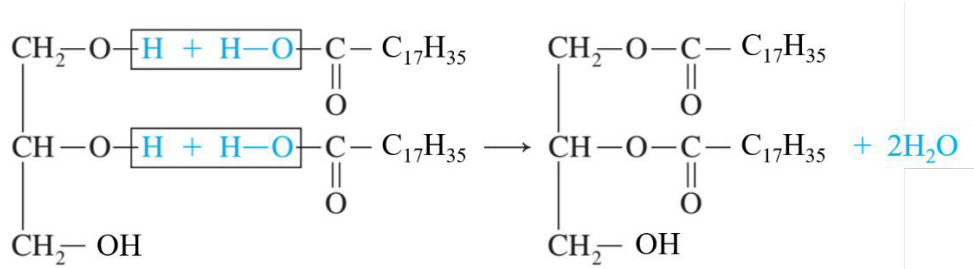
Ödev 19

Gliserolün iki stearik asit molekülü ile esterleşme tepkimesinin denklemini yazınız.

ÇÖZÜM:

Aranan: Gliserolün iki stearik asit molekülüyle esterleşme tepkimesinin denklemi yazılsın.

İki gliserol –OH grubunun iki stearik asit molekülüyle esterleştirildiğinde diasilgliserol elde edilir. Tepkimenin ürünü olarak, denklemde belirtildiği gibi ester yanısıra iki su molekülü de ayrılır. Diasilgliserolün oluşumu reaksiyonunun denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



Elde edilen ürünün adı 1,2-distearoilgliserol'dür.

Ödev 20

Gliserol ile iki palmitik asit molekülü arasındaki esterleşme reaksiyonunun denklemini yazınız.

ALİŞTIRMALAR

Yağ ve sıvı yağları elde etme reaksiyon denklemlerinin yazılması.

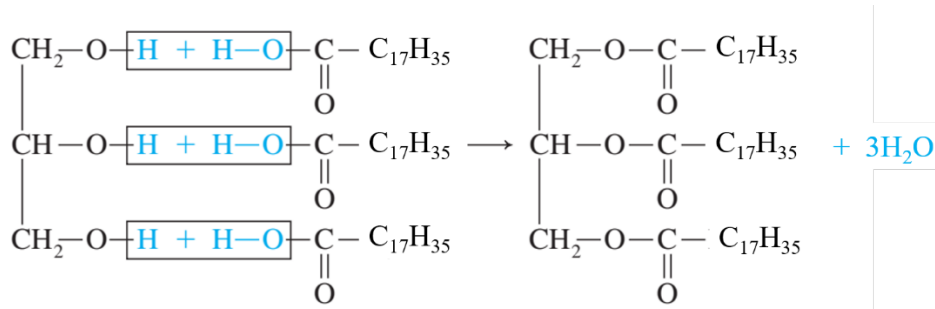
Ödev 21

Gliserolün üç molekül stearik asitle esterleşme tepkimesinin denklemini yazınız.

ÇÖZÜM:

Aranan: Gliserolün üç stearik asit molekülüyle esterleşme tepkimesinin denklemi yazılsın.

Üç –OH gliserol grubu üç stearik asit molekülüyle esterleştirildiğinde triasilgliserol elde edilir. Reaksiyonun bir ürünü olarak ester yanısıra, denklemde belirtildiği gibi üç su molekülü de ayrılır. Triasilgliserol oluşumunun reaksiyon denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:



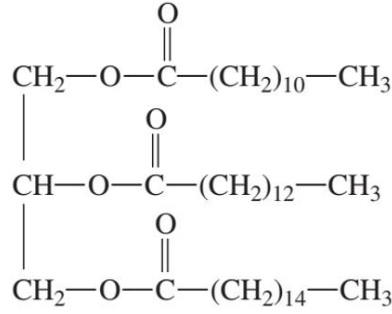
Elde edilen ürünün adı 1,2,3-tristearoilgliserol'dür.

Ödev 22

Gliserol ile üç palmitik asit molekülü arasındaki esterleşme reaksiyonunun denklemini yazınız.

Yağlar ve sıvıyağlar içeriğinde çoğunlukla triasilgliseroller girmektedir. Bu arada, gliserolün –OH grupları aynı veya farklı yüksek yağ asitleriyle esterleştirilebilir.

Bileşimlerinde farklı yüksek yağ asitleri bulunan triasilgliserollere karışık triasilgliseroller denir. Karışık triasilgliserolün bir örneği aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Triasilgliserol formülünden, bileşiminde hangi yüksek yağ asitlerin bulunduğu belirlenebilir. C atomu sayısına göre, yüksek yağ asitlerinin laurik ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$), miristik ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$) ve palmitik ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) asit olduğu görülebilir. Esterin içeriğinde tüm asitlerin doymuş olduğu göz önüne alındığında, triasilgliserol yağların bileşiminde yer alır.

Buna göre, yağlar, doymuş yüksek yağ asitleri içerdikleri için oda sıcaklığında katı agregat halindedir. Yağların ana kaynakları et, süt, tereyağı ve peynirdir. Doymuş yağlar katı yağlar olarak da bilinir. Balık ve kümes hayvanlarında yağ varlığı, hayvansal yağlara veya kırmızı ete kıyasla daha düşüktür. Yağ açısından zengin yiyeceklerin tüketilmesinin kolesterol seviyelerini artırabileceği bilinmektedir.

Yağlardan farklı olarak, sıvı yağların içeriğinde doymamış yüksek yağ asitleri bulunur, bu yüzden oda sıcaklığında sıvı agregat haldedirler. Sıvı yağların ana kaynağı zeytin, ayçiçeği, mısır, susam, fıstık, hindistan cevizi vb. gibi yağlı tohumlardır.

ÖZET

Lipitler, kimyasal bileşimleri ve yapıları bakımından farklılık gösteren büyük bir doğal organik bileşik grubudur.

Mumlar, uzun karbon atomu zincirine (14 - 30 C atomu) sahip doymuş yağ asitleri ve alkollerin esterleridir.

Fosfolipidler, çeşitli yüksek yağ asitleri ve fosforik asitle gliserol ve sfingozin alkollerinin esterleridir.

Gliserofosfolipidler, çeşitli yüksek yağ asitleri ve fosforik asitle gliserolün esterleridir.

Lipoproteinler, hücre zarlarının yapımında rol alan karmaşık bileşiklerdir (fosfolipitlerden ve proteinlerden oluşur).

Steroidler, üç sikloheksan ve bir siklopentan halkasından oluşan polisiklik bileşiklerdir.

Kolesterol, sinir dokularında, spermde, karaciğerde, yumurta sarısında, böbrek üstü bezlerinde, eritrosit zarlarında ve kanda bulunan bir steroidir.

Yağlar ve sıvı yağlar, temel bileşenlerinin gliserol ve daha yüksek yağ asitleri arasındaki çeşitli esterler olduğu çeşitli bileşiklerin karmaşık doğal karışımlarıdır.

Gliserol, IUPAC adı propan-1,2,3-triol olan trihidroksi alkoldür.

Daha yüksek yağ asitleri, uzun dallanmamış karbon zinciri içeren ve zincirin bir ucunda bir karboksil fonksiyonel grubu ($-COOH$) bulunan organik asitlerdir.

Esansiyel daha yüksek yağ asitleri, beslenme yoluyla alınan ve insan vücudunda yeterli miktarda sentezlenmeyen veya hiç sentezlenmeyen doymamış daha yüksek yağ asitleridir.

Esterleşme, gliserol (propan-1,2,3-triol) ve daha yüksek yağ asitleri arasındaki, yağlar ve sıvı yağlar üretmek için gerçekleşen reaksiyondur.

Hidroliz, gliserol ve daha yüksek yağ asitleri üretmek için esterleşmenin ters reaksiyonudur.

Sabunlaşma, güçlü bazların ($NaOH$, KOH) varlığında gerçekleşen yağların ve yağların hidrolizidir ve böylece sabunların aktif bileşenleri olan yüksek yağ asitlerinin alkalik tuzları elde edilir.

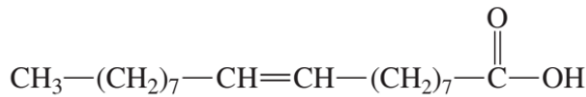
Monoasilgliseroller (monogliseridler), bir $-OH$ grubu gliserolün daha yüksek bir yağ asidiyle esterleştirilmesiyle elde edilen esterlerdir.

Diasilgliseroller (digliseridler), iki $-OH$ grubu gliserolün daha yüksek yağ asitleriyle esterleştirildiği esterlerdir.

Triasilgliseroller (trigliseridler), üç $-OH$ grubu gliserolün daha yüksek yağ asitleriyle esterleştirildiği esterlerdir.

SORULAR VE ÖDEVLER

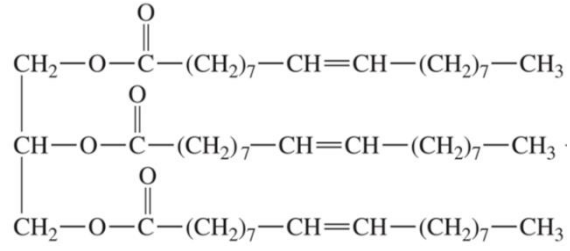
- 1) Lipitler suda çözünmez. Onlar polar mı yoksa polar olmayan moleküller midir?
- 2) Lipitler yapılarına göre nasıl sınıflandırılır?
- 3) Hangi bileşikler lipit grubuna aittir?
- 4) Hangi lipitler yüksek yağ asitleri içermiyor?
- 5) Lipitlerin biyolojik işlevlerini sayın.
- 6) Mumlar nelerdir ve nasıl elde edilirler?
- 7) Balmumunun bir parçası olan alkol ve asidi tanımlayın ve adlandırın.
- 8) Steroidler nelerdir? En çok bilinen steroid hangisidir?
- 9) Yağlar ve sıvı yağlar nedir?
- 10) Doymuş yüksek yağ asitleri ile doymamış yüksek yağ asitlerinin yapısındaki benzerlikleri ve farklılıkları açıklayın.
- 11) Tablo 1’de (sayfa 39) verilen asitlerden hangisinin erime noktası en yüksektir ve hangisinin en düşüktür? Çözünürlükleri farklı mıdır? Açıklayınız.
- 12) Daha yüksek bir yağ asidinin formülü aşağıdaki gibidir:



- a) Neden asit olduğunu ve ne tür bir asit olduğunu açıklayın?
- b) Asitte kaç C atomu var?
- c) Doymuş mu yoksa doymamış yüksek yağ asidi midir?
- d) Oda sıcaklığında agerga hali nedir?
- 13) Stearik ve linolenik asitin 18’er C atomu vardır. Stearik asit 69° C’de erirken, neden linolenik asit -9°C’de erir ?
- 14) Yüksek yağ asitlerindeki karbon zincirinin uzunluğunun erime noktasındaki artışa etkisi nedir? Laurik ve stearik asit örneğini kullanarak açıklayın.
- 15) Aşağıdaki yüksek yağ asidi çiftlerinden hangisinin daha düşük erime noktasına sahip olduğunu belirleyin ve nedenini açıklayın.
 - a) palmitik ve oleik;
 - b) linolenik ve stearik;
 - c) miristik ve linoleik;
 - d) laurik ve stearik.
- 16) C₁₅H₃₁COOH asidinin rasyonel yapısal formülünü ve iskelet formülünü gösterin. Hangi asit söz konusudur?
- 17) Aşağıdaki esterleşme reaksiyonlarının denklemlerini yazın:
 - a) bir molekül linoleik asit içeren gliserol;
 - b) iki molekül linolenik asit içeren gliserol;
 - c) üç molekül oleik asit içeren gliserol;
- 18) Yağlar ve sıvı yağlar arasındaki farkları listeleyin.

19) Triasilgliseroller ile gliserolfosfolipidler arasındaki fark nedir?

20) Bileşiğin formülüne göre, aşağıdaki soruları cevaplayın



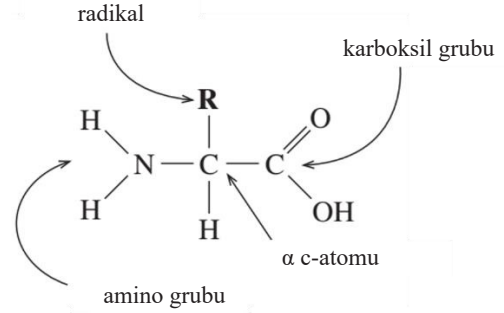
- a) Nasıl bir asilgliserol söz konusudur?
- b) Hangi yüksek yağ asitlerinden oluşur?
- c) Yağların veya sıvı yağların içeriğinde girer mi?
- d) Yüksek yağ asitlerini ve asilgliserolü adlandırın.

1.11. Amino Asitler ve Peptitler

Proteinler, amino asitlerden oluşan uzun polipeptit zincirlerinden oluşan organik biyomoleküllerdir. Proteinlerin yapısını anlamak için, öncelikle amino asitlerin yapısını ve özelliklerini ve peptit ve polipeptit oluşturmak için bağlanma şekillerini bilmek gerekir.

Amino asitler

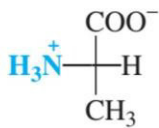
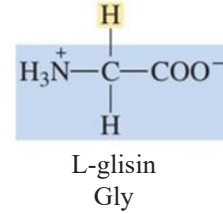
Proteinler yirmi farklı amino asitten yapıldır. **Amino asitler**, iki fonksiyonel gruba bağlı karbon atomuna sahip organik asitlerdir: amino ($-\text{NH}_2$) ve karboksil grubu ($-\text{COOH}$). Karbon atomu ayrıca bir hidrojen atomuna ($-\text{H}$) ve bir radikale ($-\text{R}$) bağlıdır. Bu arada, proteinleri oluşturan yirmi amino asit, radikalın doğası bakımından birbirinden farklıdır.



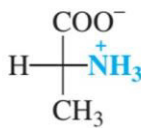
Genel formül ile, amino grubu ve karboksil grubu olan bir amino asidi nötr formda gösterilir. Ancak vücut sıvılarında, amino asitlerdeki fonksiyonel gruplar iyonize olur. $-\text{NH}_2$ grubu bir H^+ iyonu kabul eder ve $-\text{NH}_3^+$ grubuna dönüşüyor, $-\text{COOH}$ ise bir H^+ iyonu kaybeder ve $-\text{COO}^-$ grubuna geçer. Bu nedenle, amino asitler iyonize formda bulunur. Hem pozitif hem negatif yüke sahip iyonize amino asitler **zwitterion** adı verilen bipolar iyonlardır. Zwitterionda toplam yük sıfırdır. Zwitterionlar olarak, amino asitler tuzlara benzer özelliklere sahiptir, yani yüksek erime noktalarına sahiptirler ve suda çözünürler, ancak organik çözücülerde çözünmezler.

Glisin hariç tüm amino asitler kiral moleküllerdir, çünkü α C atomu dört farklı atoma veya atom grubuna bağlıdır, yani kiraldir. Glisin, C atomu için bir radikal ($-\text{R}$) yerine iki hidrojen atomunun bağlandığı tek amino asittir. Bu nedenle glisin molekülü kiral değildir, diğer amino asitler ise L-izomerleri ve D-izomerleri olarak bulunur. Amino asitler için Fischer projeksiyon formülleri yazılırken karboksilat iyonu ($-\text{COO}^-$) dikey çizginin en üstüne, radikal ise en altına yazılır.

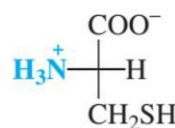
L-izomerde $-\text{NH}_3^+$ grubu sola, D-izomerde ise $-\text{NH}_3^+$ grubu kiral α C atomuna göre sağda yazılır.



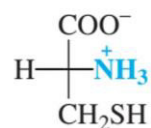
L-alanin



D-alanin

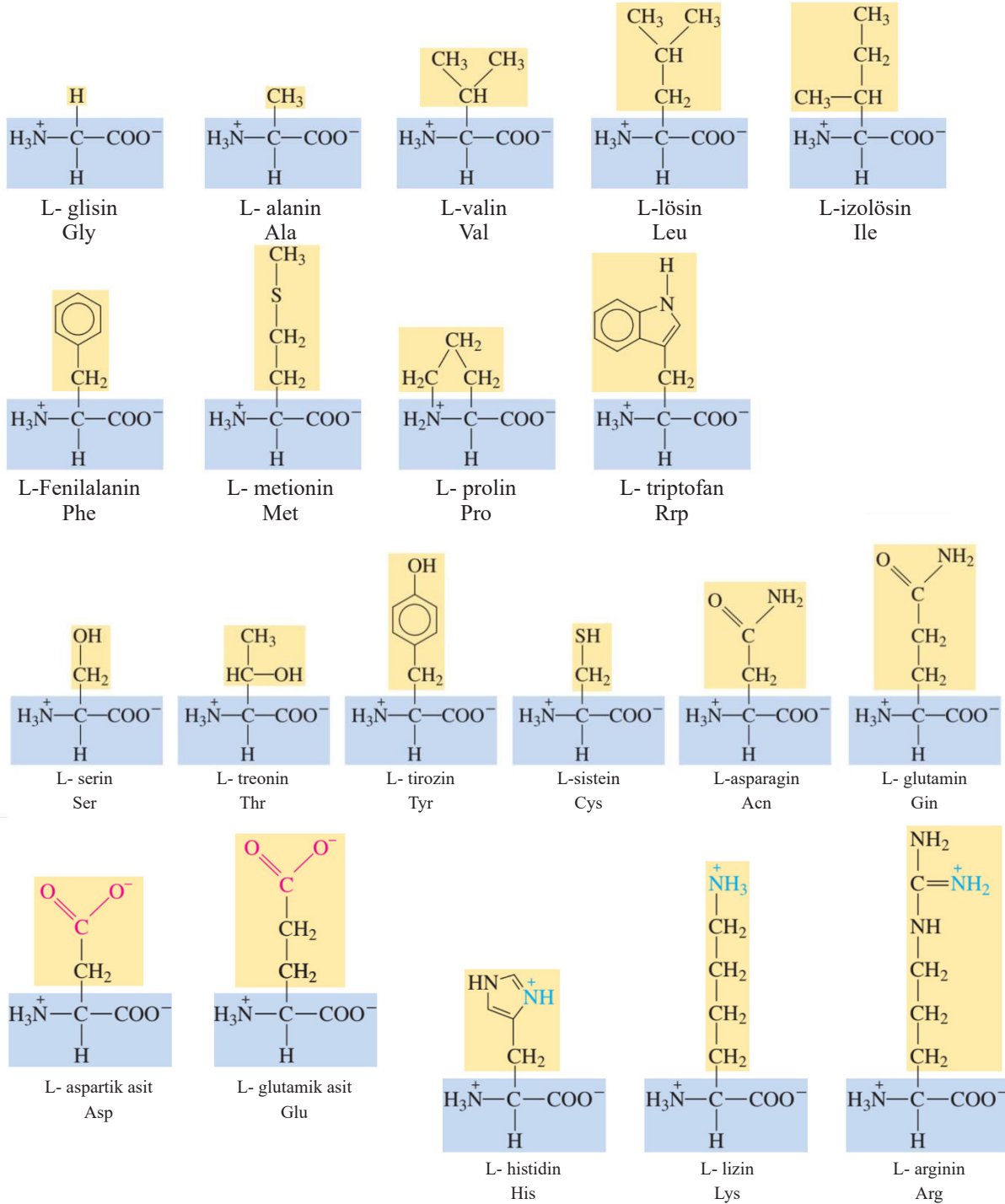


L-sistin



D-sistin

Proteinler, α -amino asitlerin L-izomerlerinden oluşur. **α -amino asitler**, amino grubunun karbon atomunda (karboksil grubuna bağlı C atomu) bulunduğu amino asitlerdir. Proteinleri oluşturan amino asitlerin formülleri, yaygın adları ve üç harfli kısaltmaları aşağıdaki gibidir:



Amino asitleri sınıflandırmanın bir olasılığı molekülde bulunan –R grupları açısındanadır. Bu gruplar sulu çözeltilerdeki amino asitlerin özelliklerini etkiler. Polar olmayan amino asitler bir –H atomuna ve polar olmayan bir alkil (–R) veya aromatik (–Ar) grubuna sahiptir, bu nedenle hidrofobiktirler. Polar amino asitler suyla moleküller arası etkileşime giren ve bu nedenle

hidrofilik olan –R gruplarına sahiptir. Polar gruplar hidroksil (–OH), tiyol (–SH) veya amino (–NH₂) gruplarıdır. –R grubunun içeriğinde bulunan karboksilat iyonu (–COO[–]) içeren amino asitler asidik özelliklere sahiptir, bir H⁺ iyonu kabul ederek –NH₃⁺ grubuna geçebilen bir amino (–NH₂) grubu içeriyorlarsa amino asitler bazik özelliklere sahiptir.

Proteinlerin yapımında rol alan 20 amino asitten sadece 10 tanesi insan vücudunda sentezlenebilir. Sentezlenmeyen kalan 10 amino asit ise besin protein tüketimi yoluyla elde edilir ve onlara **esansiyel amino asitler** denir. Esansiyel amino asitler Tablo 2’de verilmiştir.

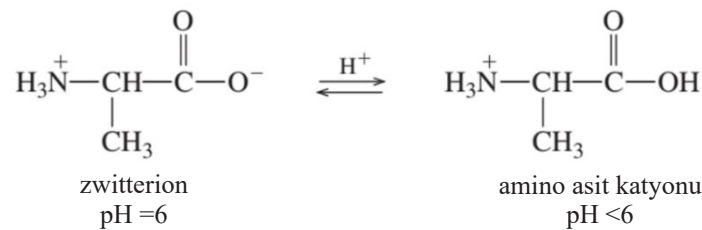
Tablo 2. Esansiyel amino asitlerin alışılmış isimleri ve kısaltmaları

Alışılmış isim	Kısaltma	Alışılmış isim	Kısaltma
Arginin	Arg	Metionin	Met
Histidin	His	Fenilalanin	Phe
İzolösin	İle	Treonin	Thr
Lösin	Leu	Triptofan	Trp
Lizin	Lys	Valin	Val

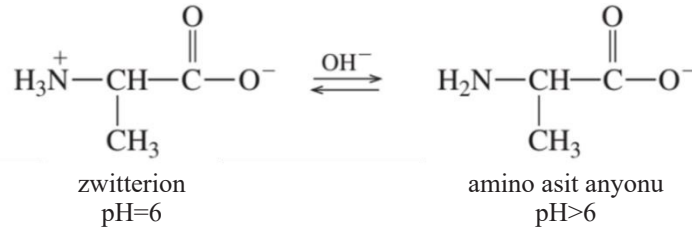
Yumurta, süt, et, balık ve kümes hayvanlarında tüm temel amino asitler bulunur. Un, yulaf, fasulye, mısır, bezelye, fındık, badem ve soya fasulyesi ise temel amino asitlerin sadece bir kısmını içerir. Besinde tüm temel α-amino asitleri alabilmek için farklı yiyecekleri birleştirmeniz gerekir.

Demek ki, belirttiğimiz gibi, amino asitler genellikle karboksil (–COOH) ve amino grubunun (–NH₂) iyonlaşması nedeniyle zwitterionlar olarak bulunur. Zwitterion aynı anda hem negatif hem de pozitif yüke sahiptir, ancak yalnızca **izoelektrik nokta (pI)** adı verilen belirli bir pH değerinde nötrdür. Ancak, belirli bir amino asit, çözelti asidikse ve pI’den düşük bir pH değerine sahipse (pH < 7) pozitif iyon olarak veya çözelti bazikse ve pI’den yüksek bir pH değerine sahipse (pH > 7) negatif iyon olarak bulunabilir.

Örneğin, alanin amino asidinin pI değeri 6,0’dır. Bu, pH = 6’da alaninin çözeltide bir zwitterion olarak var olacağı anlamına gelir. Bir zwitterion olarak var olduğunda, alanin bir –COO[–] ve bir –NH₃⁺ grubu içerir, bu nedenle alaninin toplam yükü sıfırdır. pH < pI olduğunda asidik bir ortamda, –COO[–] grubu bir H⁺ iyonu kabul eder ve –COOH’ya geçer. Bu nedenle, asidik bir ortamda alanin, –NH₃⁺ grubunun varlığı nedeniyle bir katyon olarak bulunur.



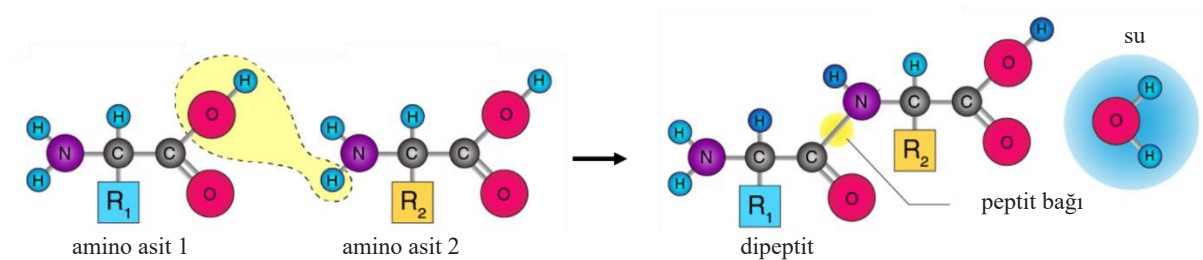
Alanin $pH > pI$ ($pH > 6$) olan bir çözeltide olduğunda, $-NH_3^+$ bir H^+ iyonu kaybederek $-NH_2$ grubu oluşturur. Bu nedenle, alanin amino asit anyonu adı verilen negatif yüklü bir iyon olarak bazik bir ortamda bulunur.



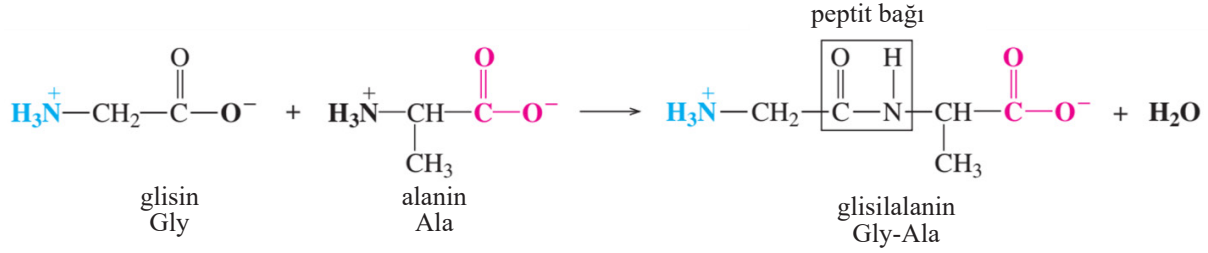
Asidik özelliklere sahip polar amino asitlerin (aspartik ve glutamik asit) pI değerleri $pH = 3$ civarındadır. Bu pH değerinde zwitterionlar olarak bulunurlar ve bu asitlerdeki radikalın karboksil grubu iyonize olmamıştır. Ancak daha yüksek pH değerleri için, örneğin fizyolojik çözeltide, $-COOH$ bir $-H^+$ iyonu verir ve bir $-COO^-$ grubu oluşur, yani amino asitler anyon olarak bulunurlar. Bazik özelliklere sahip amino asitlerin (lizin, arginin ve histidin) pI değerleri, fizyolojik çözeltilerin pH 'ından daha yüksektir. Değerleri 7,6 ile 10,8 arasındadır. Bu pH değerinde zwitterionlar olarak bulunurlar ve radikalın parçası olan amino grupları nötrdür. Fizyolojik çözeltilerde gibi daha düşük pH değerlerinde, $-NH_2$ grubu $-H^+$ iyonunu kabul eder ve $-NH_3^+$ grubu oluşur, yani amino asitler katyonlar halinde bulunur.

Peptitler

Peptitler, amino asitlerden oluşan biyomoleküllerdir. Amino asitleri birbirine bağlayan bağa peptit bağı denir. **Peptit bağı**, bir amino asit başka bir amino asitle reaksiyona girdiğinde oluşan amid bağıdır. Demek ki, iki veya daha fazla amino asit peptit bağlarıyla bağlandığında bir peptit oluşur. İki amino asit bir **dipeptit**, üç amino asit bir **tripeptit** ve dört amino asit bağlandığında bir **tetrapeptit** oluşur. Pentapeptit, beş amino asitten oluşan bir dizidir ve daha fazla sayıda amino asitten oluşan uzun diziler **polipeptittir**. Örneğin, iki amino asit arasında amid bağının oluşumunu inceleyelim. Bir dipeptit, bir amino asidin karboksil grubunun ($-COOH$) bir parçası olan karbonil grubu, diğer amino asidin amino grubunun ($-NH_2$) nitrojen atomuna bağlandığında oluşur. Bı sırada, $-NH_2$ grubunun hidrojen atomundan ve $-COOH$ grubunun hidroksil grubundan bir su molekülü ayrılır. Bu nedenle, dipeptitin oluşum reaksiyonuna dehidratasyon reaksiyonu denir. Reaksiyonun genel denklemi aşağıdaki gibi gösterilebilir:



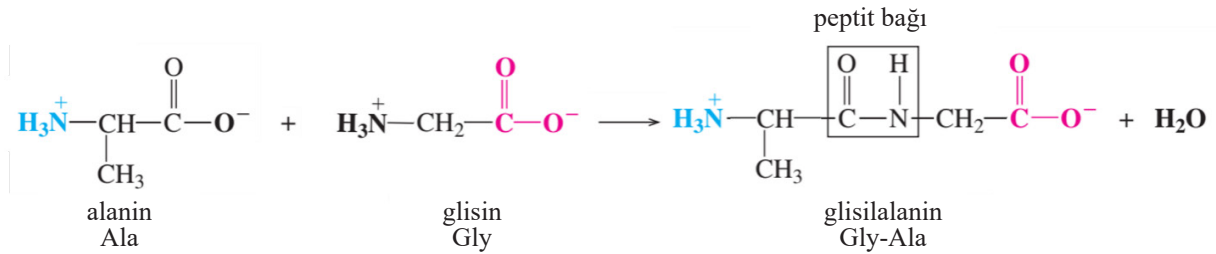
Örneğin, glisin ve alanin amino asitleri arasında dipeptitin oluşumu aşağıdaki denklemle gösterilebilir:



Genel denklemden farklı olarak, bu durumda amino asitler zwitterionlar olarak yazılır. Denklemden, glisinin karboksilat iyonunun ($-\text{COO}^-$) karbonil grubunun alaninin $-\text{NH}_3^+$ grubunun nitrojen atomuna bağlı olduğu görülebilir. Bu durumda, $-\text{NH}_3^+$ grubunun iki hidrojen atomundan ve $-\text{COO}^-$ grubunun oksijen atomundan bir su molekülü oluşur.

Peptitler isimlendirilirken, $-\text{COO}^-$ grubu ile peptit bağı oluşumuna katılan amino asidin adı *-il* ekiyle biter. Örnekte, glisin amino asidinin adındaki *-yn* eki *-il* olarak değiştirilir ve dipeptitte glisin yerine glisil okunur. $-\text{NH}_3^+$ grubu ile peptit bağı oluşumuna katılan amino asidin adı değişmez. Örnekte, amino asit alaninin adı değişmediğinden, dipeptit glisilalanin (Gly-Ala) olarak adlandırılır.

Alaninin $-\text{COO}^-$ grubuyla, glisinin ise $-\text{NH}_3^+$ grubuyla peptit bağının oluşumuna katıldığı durumda, dipeptit alanilglisin (Ala-Gly) oluşur.



Örnekten, amino asitlerin bağlanma sırası farklı olan iki amino asitten iki farklı dipeptitin (glisinalanil ve alanilglisin) oluşabileceği sonucuna varılabilir. Bu dipeptitler, farklı özelliklere sahip izomerlerdir.

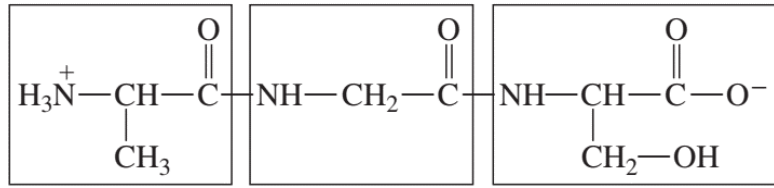
ALİŞTIRMALAR

Peptitlerin adlandırılması, peptit dizi parçalarının yazılması ve onların adlandırılması.

Ödev 23

Bir peptidin formülü aşağıda gösterilmiştir.

- Nasıl bir peptit söz konusudur?
- Peptit hangi amino asitlerden oluşmuştur?
- Peptidi adlandırın.



ÇÖZÜM:

- a) Peptidin formülü, üç amino asitten oluştuğunu göstermektedir, bu da bir tripeptit olduğu anlamına gelir.
- b) Tripeptitte bulunan amino asitler, yukarıda verilen formülleriyle tanımlanabilir. Tripeptitin bileşimindeki ilk amino asit alanin, ikincisi glisin, üçüncüsü ise serindir.
- c) Alanin ve glisinin $-\text{COO}^-$ grubu ile peptit bağının oluşumuna katıldığını göz önüne alarak, adlarındaki ek $-\text{in}'$ den $-\text{il}'$ e değişiyor, $-\text{NH}_3^+$ grubu ile peptit bağının oluşumuna katılan amino asit serinin adı ise değişmeden kalır. Buna göre, tripeptitin adı alanilglisilserin olacak ve işareti Ala-Gly-Ser olacaktır.

Ödev 24

Peptit valilprolinin formülünü yazın. Nasıl bir peptit söz konusudur? Hangi amino asitlerden oluşur ve nasıl işaretlanır?

ALİŞTIRMALAR

Peptitlerin adlandırılması, peptit dizi parçalarının yazılması ve onların adlandırılması.

Ödev 25

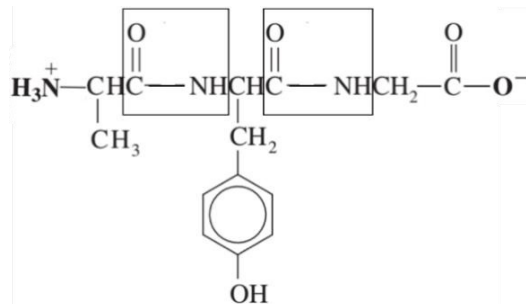
Ala-Tyr-Gly olarak işaretlenmiş peptinin formülünü yazınız.

ÇÖZÜM:

Aranan: Ala-Tyr-Gly peptidinin formülü yazılsın.

Peptidi temsil eden kısaltmadan, Ala, Tyr ve Gly kısaltmalarıyla gösterilen amino asitlerden oluşan bir tripeptit olduğu açıkça görünür. Ala kısaltması alanin amino asidini, Tyr kısaltması tirozin amino asidini, Gly kısaltması ise glisin amino asidini ifade eder. Buna göre, tripeptitin adı alaniltirozilglisin olacaktır.

Peptit bağı oluşurken, alanin ve tirozin amino asitleri $-\text{COO}^-$ grubuyla katılacak, glisin amino asidi ise $-\text{NH}_3^+$ grubuyla katılacaktır. Bu sırada, alaninin serbest bir $-\text{NH}_3^+$ grubuna ve glisinin serbest bir $-\text{COO}^-$ grubuna sahip olduğu bir tripeptit oluştururken, tirozin tripeptit oluştururken her iki fonksiyonel gruba ($-\text{COO}^-$ ve $-\text{NH}_3^+$) birlikte yer almaktadır. Tripeptitin formülü şöyle olacaktır:



Ödev 26

Seçtiğiniz amino asitlerden oluşan bir tetrapeptidin formülünü yazın. Seçilen amino asitlerle kaç farklı tetrapeptid oluşturulabileceğini belirleyin?

1.12. Proteinlerin Yapısı ve Önemi

Amino asitler peptit bağlarıyla bağlandığında polipeptit zincirleri ve proteinler oluşur. Proteinler, insan vücudunda bulunan en önemli biyomoleküllerden biridir. Protein kelimesi, ilk anlamına gelen Yunanca *proteios* kelimesinden gelir. Proteinler, çeşitli biyolojik işlevleri yerine getiren büyük bir biyobileşik grubudur. Örneğin, proteinler hücre zarlarının yapımında rol alır, kanda ve kaslarda oksijen taşır, metabolik süreçleri kontrol eder (örneğin, enzimler). bazı proteinler hatta enerji kaynağıdır. Kıkırdak, kas, saç ve tırnak gibi yapısal bileşenlerin yapımında rol alan proteinler vardır. Hayvanlardaki yün, ipek, tüy ve boynuzlar da proteinlerden oluşur. Enzim görevi gören proteinler, sindirim ve hücre metabolizması gibi biyolojik reaksiyonları düzenler. Hemoglobin ve miyogloblin gibi proteinler ise kanda ve kaslarda oksijen taşır. Bunlar, canlı organizmalar için rollerini ve önemlerini görebileceğimiz proteinlerin biyolojik işlevlerine dair sadece birkaç örnektir.

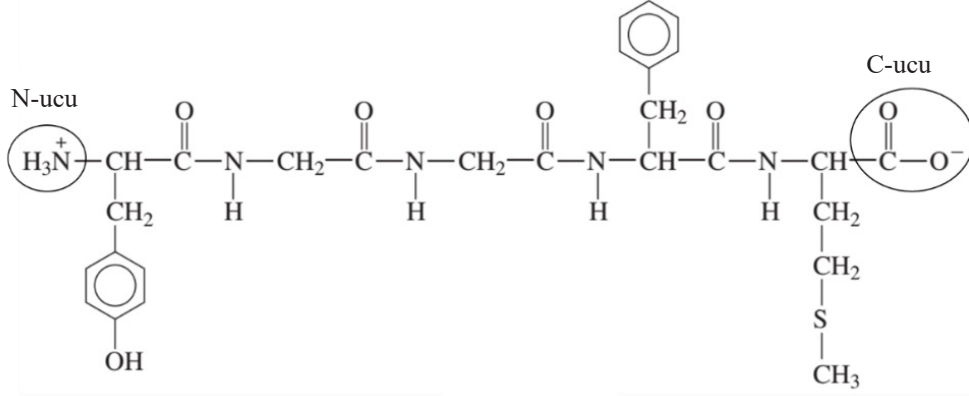
Protein molekülleri basit moleküllerden çok daha büyüktür. Biyolojik işlevleri, kendilerini oluşturan amino asitlerin yapısına ve kimyasal davranışına bağlıdır. Proteinler, en az 300 ila 1.000 amino asitten oluşan uzun polipeptit zincirlerinden oluşur. Aslında proteinler, işlevlerini etkileyen çok karmaşık bir yapıya ve belirli bir şekle sahip polimerlerdir. Proteinlerin oluşturulduğu amino asitler, peptit bağlarıyla bağlanan monomerlerdir. Peptit bağları, **polipeptit zincirinin omurgasını oluştururken**, amino asitlerin –R gruplarına **yan kalıntılar** denir. Proteinlerde aşağıdaki yapılar ayırt edilir:

- ① Birincil yapı;
- ② İkincil yapı;
- ③ Üçüncül yapı;
- ④ Dördüncül yapı.

Polipeptit zincirlerindeki amino asitlerin bağlantı sırasına amino asit dizisi denir. Amino asit dizisi, **proteinin birincil yapısını** temsil eder. Her proteinin farklı bir birincil yapısı vardır ve molekülü, polipeptit zincirinin uzunluğu boyunca farklı şekilde düzenlenmiş farklı amino asitler içerir. Birincil yapıda, polipeptit zincirindeki amino asitler, bir amino asidin karboksil grubu ile başka bir amino asidin amino grubu arasında oluşan kovalent peptit bağı ile bağlanır. Amino asitlerin üç harfli kısaltmalarla belirtildiği bir polipeptit zincirinin bir kısmı aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Polipektit zincirinden, hangi amino asitlerin onu oluşturduğunu belirlemek ve ayrıca amino asit dizisinin daha net bir resmini elde etmek mümkündür. Bir polipeptit zincirinin, onu oluşturan amino asitlerin formülleriyle gösterilen bir kısmı aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Polipektit zincirinin **N-terminal ucu** olarak adlandırılan sol ucunda NH_3^+ grubu, **C-terminal ucu** olarak adlandırılan sağ ucunda ise COO^- grubu bulunur. Proteinlerin özellikleri ve biyolojik fonksiyonları amino asit dizisine bağlıdır. Amino asit dizisinin biyolojik aktivite üzerindeki etkisi, tiroid bezini tiroksin salgılamaya teşvik eden hormon örneğiyle gösterilmiştir. Aslında bu, Glu-His-Pro amino asit dizisine sahip bir tripeptittir. Verilen amino asitlerden, His-Pro-Glu veya Pro-His-Glu gibi farklı amino asit dizilerine sahip üç farklı tripeptit oluşturma olasılığı vardır, ancak bunlar hormonal aktivite göstermezler. Bu örnek, amino asit dizisinin peptitlerin ve proteinlerin biyolojik aktivitesi üzerinde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yani, polipeptit zincirlerindeki amino asit dizisindeki bir değişiklik, proteini işlevsiz hale getirecek olan üçüncül ve dördüncül yapıda değişikliklere yol açabilir.

Birincil yapısı belirlenen ilk protein, kan glikoz seviyelerini düzenleyen hormon olan insülinidir (Şekil 1.5). İnsan insülininin birincil yapısı, sağdaki diyagramda gösterildiği gibi iki polipeptit zincirinden oluşur. Bir polipeptit zinciri daha kısadır ve 21 amino asitten oluşurken, diğeri 30 amino asitten oluşur. Polipeptit zincirleri, insülinin bir parçası olan bir amino asit olan sisteinin tiyol grupları (SH) arasında oluşan **disülfür bağları** ile bir arada tutulur.

Proteinin **ikincil yapısı**, bir peptit bağının NH grubunun hidrojen atomu ile başka bir peptit bağının karbonil grubunun oksijen atomu arasındaki hidrojen bağının sonucudur. Bir polipeptit zincirindeki hidrojen bağı sayısı fazladır. Zincirin farklı bölgelerinde farklı ikincil yapılar bulunur, ancak en yaygın ikincil yapı türleri şunlardır:

- α -heliks (spiral yapı);
- β -kıvrımlı yapı.

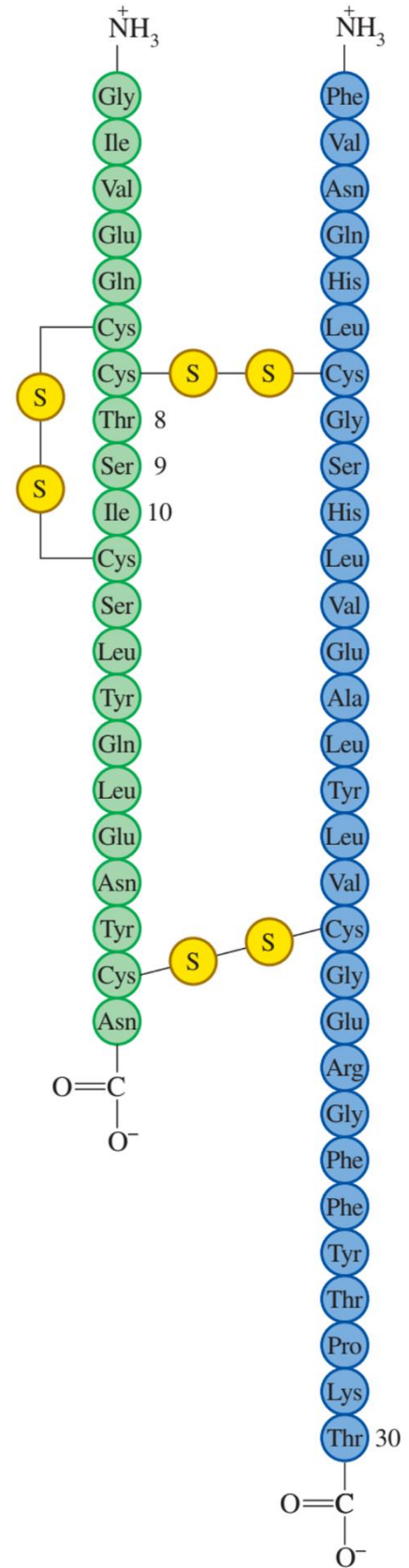
İkincil yapının en yaygın türü **α -heliks** olarak bilinen spiral (sarmal) yapıdır.

Spiral şekil, polipeptit zinciri boyunca çok sayıda hidrojen bağı bulunmasından kaynaklanır. Hidrojen bağları α -heliksin uzun zincirine paraleldir. Polipeptit zinciri çift sarmal şeklinde büküldüğünde hidrojen bağları α -sarmal yapısını stabilize eder. Bireysel amino asitlerin $-R$ grupları α -heliksin dışında yer alır.

β -kıvrımlı yapıda, karbonil grubunun oksijen atomları, $-NH$ grubunun hidrojen atomlarıyla hidrojen bağları oluşturur. Bu sayede polipeptit zincirleri uzar ve birbirine dolanır. Bu ikincil yapı bazı fibriler proteinlerde bulunur.

Üçüncül yapı, α -heliks veya β -kıvrımlı yapıya sahip bir polipeptit zincirinin ikincil yapısı bükülmeye devam ettiğinde oluşur. Bu yapı polipeptit zincirindeki aminoasitlerin radikalleri ($-R$ grupları) arasındaki etkileşimlerin sonucudur. Polipeptit zincirlerinin farklı kısımları arasındaki etkileşimler sonucunda zincirler bükülür ve proteinler üç boyutlu şekil kazanır. Bu arada, proteinlerin üçüncül yapısı, polipeptit dizisinin bir kısmındaki amino asitlerin $-R$ grupları ile dizinin diğer kısımlarındaki amino asitlerin $-R$ grupları arasındaki etkileşimler tarafından stabilize edilir. Polipeptit zincirleri arasında aşağıdaki etkileşim tipleri mevcuttur:

- *Hidrofobik etkileşimler* amino asitlerin polar olmayan $-R$ grupları arasında meydana gelir. Bı sırada, sulu ortamdan uzaklaşarak protein molekülünün içinde hidrofobik merkez oluştururlar.
- *Hidrofilik etkileşimler*, polar amino asitlerin $-R$ grupları ile dış su ortamı arasında meydana gelir ve bu etkileşimler polar amino asitlerin küresel proteinlerin dış yüzeyine doğru yer değiştirmesine ve burada suyla hidrojen bağları oluşturmaya yol açar.



Şekil 1.5. İnsülin

- *İyonik bağlar*, asidik veya bazik özellik gösteren amino asitlerin iyonize olmuş –R grupları arasında oluşur. Bu durumda bir amino asidin pozitif yüklü –R grupları, başka bir amino asidin negatif yüklü –R gruplarıyla iyonik bağlar oluşturur.
- *Hidrojen bağları*, polar –R gruplarındaki hidrojen atomları ile başka bir amino asidin oksijen veya azot atomları arasında oluşur.
- *Disülfür bağları*, polipeptit zincirlerindeki sistein amino asidinin -SH grupları arasında oluşan kovalent bağlardır.

Üçüncül yapıya küresel proteinler sahiptirler, bu nedenle kompakt yapılar oluştururlar.

İki veya daha fazla polipeptit zincirinden oluşan proteinler **dördüncül yapıyı** oluştururlar. Böyle bir örnek, dört polipeptit zincirinden oluşan hemoglobin proteinidir. Bu protein ancak dört polipeptit zinciri birbirine bağlı olduklarında işlevseldir. Dördüncül yapıda polipeptit zincirleri, hidrojen bağları, iyonik bağlar, disülfür bağları gibi üçüncül yapıları stabilize eden ve –R grupları arasındaki hidrofobik etkileşimler gibi aynı etkileşimlerle bir arada tutulur. Bazı durumlarda bir proteinin dördüncül yapısı, proteinin işlevi ve işlevselliğinin bağlı olduğu, **prostetik grubu** adı verilen protein olmayan bir grup içerir. Üçüncül ve dördüncül yapı proteinlerin nihai işlevini tanımlar. Bazı proteinler büyük mekanik dayanıklılığa sahip fibriler bir yapıya sahiptir, bunlar hücrelerin yapısal bileşenleridir ve organizmanın hareketliliğinden sorumludurlar. Diğer proteinler küresel şekle sahiptir ve taşıyıcı rol oynarlar, onlar hücreler arası iletişimi sağlarlar ve hücrelerin aktivitelerini yönlendirirler.

1.13. Proteinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Proteinler renksiz, homojen ve kristal yapılu maddelerdir ve genellikle tatları yoktur. Proteinlerin önemli bir fiziksel özelliği, ortamın pH'ına, çözücünün doğasına, tuzların varlığına, sıcaklığa vb. bağlı olan **çözünürlüktür**. Çözünürlük, izoelektrik noktaya karşılık gelen pH değerinde en düşük seviyededir ve ortamın asitliği veya alkalitesi arttıkça artar. Bazı proteinler suda çözünürler, bazıları ise çözünmez. Suya organik çözücüler (alkol veya aseton) eklenmesi proteinlerin çözünürlüğünü azaltır. Proteinlerin sulu çözeltilerdeki çözünürlüğü, sudaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla da azalır. Organik çözücünün varlığında veya bazı tuzların belirli konsantrasyonlarında **protein çökmesi** meydana gelir. Bu işleme **tuzlama** adı verilir, çünkü bu işlem tuzların varlığında yapılır. Çökelen proteine su eklenirse tekrar çözünecektir. Proteinlerin tuzlanması özelliklerini değiştirmez. Proteinlerin çözünürlüğü sıcaklık arttıkça artar, ancak sıcaklığın 40°C'yi geçmemesine dikkat edilmelidir, çünkü bu proteinlerin denatürasyonuna (yapısının bozulmasına) neden olur.

Proteinler optik olarak aktif L- α -amino asitlerden oluştukları için **optik aktif moleküllerdir**. Bu sırada, protein çözeltileri düzlemsel polarize ışık düzlemini sola doğru döndürürler, yani levorotator olurlar. Bu özellik, dönme açısının çözeltideki konsantrasyonlarıyla orantılı olması nedeniyle proteinlerin kantitatif tayininde kullanılabilir. Proteinlerin ikincil, üçüncül ve dördüncül yapılarını korumaktan sorumlu olan nispeten zayıf çekici kuvvetler kolayca bozulur ve bunun sonucunda proteinler biyolojik işlevlerini kaybederler. Yapının bu şekilde bozulmasına **denatürasyon** denir. Denatürasyonla elde edilen proteinlere **denatüre proteinler** denir. Protein denatürasyonu, ikincil, üçüncül veya dördüncül yapıyı stabilize eden -R grupları arasındaki etkileşimleri bozan bir değişiklik olduğunda meydana gelir. Denatürasyon sırasında birincil yapının kovalent peptit bağları etkilenmez. Denatürasyon, asit veya bazların (pH değeri), organik çözücülerin, ağır metallerin (Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} , vb.), deterjanların, mekanik stresin vb. varlığında, $50^{\circ}C$ 'nin üzerindeki bir sıcaklığa ısıtıldığında meydana gelir. Denatüre olmuş proteinler suda daha az çözünürler. Yüksek sıcaklıkta protein denatürasyonuna örnek olarak yumurtanın kaynatılması gösterilebilir. Pişirilen yumurtanın beyazı (proteini), pişmemiş yumurtanın beyazından farklıdır ve sıcaklığın düşürülmesiyle eski haline döndürülemez. Ancak denatürasyon geri dönüşümlü ise, denatüre olan maddenin çekilmesiyle denatüre olan protein eski haline döner. Bu işleme **renatürasyon**, proteine ise **renatüre protein** adı verilir.

Proteinler, sırasıyla asidik ve bazik özellikler gösteren bir karboksil ($-COOH$) ve amino ($-NH_2$) fonksiyonel grubunun varlığı nedeniyle **amfoterik özelliklere** sahiptir. Ortamın pH'ına bağlı olarak katyon, anyon veya bipolar zwitterion şeklinde bulunabilirler. Her protein için, pozitif yüklerin sayısının negatif yüklerin sayısına eşit olduğu belirli bir pH değeri vardır. Bu pH değerine **proteinin izoelektrik noktası** denir. Proteinlerin amfoterik yapılarına bağlı özellikleri protein ayırma ve analizinde kullanılır. Bu amaçla kullanılan tekniğe elektroforez adı verilir.

Hidroliz, proteinlerin asidik ortamda veya enzimlerin varlığında amino asitlere parçalanması reaksiyonudur. Proteinler, HCl gibi yoğun mineral asitlerin varlığında hidrolize olarak, karşılık gelen hidroklorürler formunda amino asitler oluştururlar. Nispeten ılımlı sıcaklık ve asiditede, pepsin ve tripsin gibi bazı proteolitik enzimler proteinleri hidrolize eder. Enzimatik hidroliz, triptofan gibi amino asitlerin izole edilmesinde kullanılır. Bu tip hidrolizin iki önemli dezavantajı, uzun süreli inkübasyona ihtiyaç duyulması ve hidrolizin eksik olabilmesidir. Proteinlerin bir diğer özelliği de tepkisellikleridir. Proteinlerin oluştuğu amino asitler, kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği reaktif merkezleri temsil eden fonksiyonel gruplara sahiptir. Proteinlerin amino asit sayısı arttıkça tepkiselliği de artar, dolayısıyla katıldıkları kimyasal reaksiyonların hızı da artar.

1.14. Proteinlerin Bölünmesi ve Önemli Temsilcileri

Protein parçalanması

Proteinler farklı kriterlere göre sınıflandırılabilen çok çeşitli biyomoleküllerden oluşan büyük bir gruptur, örneğin:

- ① Şekil;
- ② Kimyasal bileşim;
- ③ Fonksiyon.

Proteinler şekillerine göre öçyle ayrılırlar:

- küresel proteinler;
- fibriler proteinler.

Küresel proteinler veya **sferoproteinler**, –R grupları arasındaki çeşitli etkileşimler sonucu polipeptit zincirlerinin birbirinin üzerine binmesi sonucu kompakt, küresel bir şekle sahiptirler. Bu proteinler hücrenin sentez, taşıma, metabolizma gibi işlevlerini yerine getirirler. Küresel proteinler suda, asit ve bazların seyreltik çözeltilerinde ve tuzlarda çözünürler. Küresel proteinlere için örnek olarak globulinler, yumurtadaki albumin, serumdaki albumin, tüm enzimler, hemoglobin, insülin, glutelinler, histonlar, protaminler gibi hormonlar vb. verilebilir.

Fibriler proteinler veya **skleroproteinler**, uzun, ince, lif benzeri şekillerden oluşan proteinlerdir. Genellikle hücre ve dokuların yapısında görev alırlar. İki tip fibriler protein vardır: α - ve β -keratinler. α -keratinler saç, yün, deri ve tırnakları oluşturan proteinlerdir. Saçta üç spiral bir örgü gibi birbirine dolanarak bir telcik oluşturur. Fibril içerisinde heliksler, sistein amino asidinin –SH grupları arasındaki disülfür bağlarıyla bir arada tutulur. β -keratinler kuşların tüylerinde ve sürüngenlerin derisinde bulunan bir protein türüdür. β -keratinlerde polipeptit zincirleri baskın olarak β -kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Fibriler proteinler suda çözünmezler. Asit ve bazların konsantrasyonlarında çözünürler.

Proteinler kimyasal yapılarına göre şu şekilde ayrılır:

- basit proteinler;
- karmaşık proteinler.

Basit proteinler, peptit bağlarıyla birbirine bağlanmış sadece amino asitlerden oluşur. Basit proteinler enzimler tarafından hidrolize edildiğinde yalnızca amino asitler oluşur. Basit proteinler grubuna albüminler, globulinler, histonlar, kollajen, keratin, ribonükleaz enzimi vb. dahildir.

Karmaşık proteinler, protein bir kısım ve **prostetik grubu** adı verilen protein olmayan bir kısımdan oluşur. Prostetik grubu karmaşık proteinlerin fonksiyonunu etkiler. Karmaşık proteinler grubuna fosfoproteinler, glikoproteinler, kromoproteinler, nükleoproteinler, lipoproteinler ve metaloproteinler dahildir.

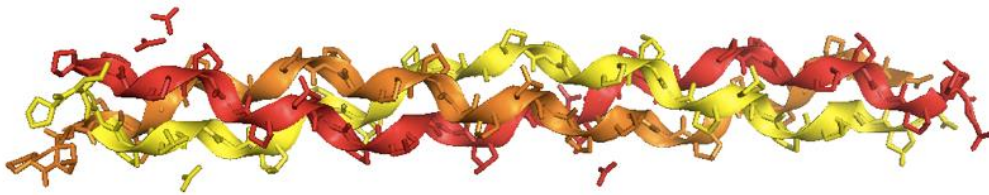
Glikoproteinler, protein kısmının protein olmayan bir karbonhidrat kısmına (tükürükteki mukus) bağlı olduğu proteinlerdir, nükleoproteinler, nükleik asitler (kromozomlar) içerir, fosfoproteinler, fosforik asit esterleri (sütteki kazein) içerir, lipoproteinler, lipidlerin protein olmayan bir kısmına (kandaki fibrin) sahiptir, kromoproteinler, kromofor grupları (hemoglobin, sitokrom) içerir, metaloproteinler ise metal iyonları (seruloplazmin) içerir, vb.

Proteinler işlevlerine göre şu şekilde ayrılırlar:

- yapısal proteinler (kolajen, keratin);
- enzimler veya katalitik proteinler (tripsin);
- hormonlar (insülin, büyüme hormonu);
- koruyucu proteinler (immünoglobulinler);
- düzenleyici proteinler (insülin);
- genetik proteinler (histonlar);
- taşıyıcı proteinler (hemoglobin, miyoglobin);
- haşlanmış proteinler (kazein, ferritin);
- solunum proteinleri;
- toksinler, vb.

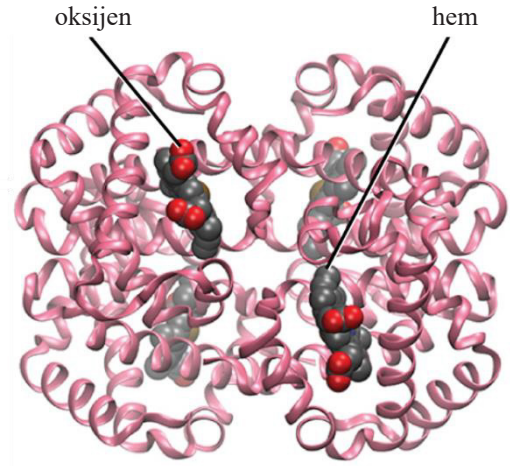
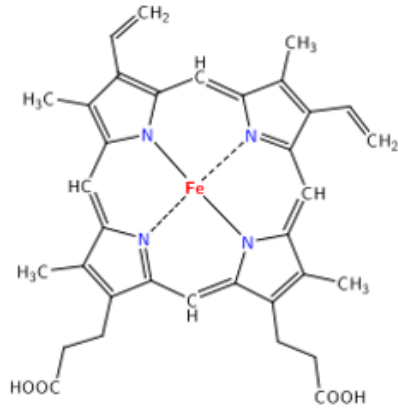
Önemli temsilciler

Kolajen vücutta en yaygın bulunan protein olup bağ dokusunda, kan damarlarında, deride, bağlarda, tendonlarda, gözün korneasında ve kıkırdakta bulunur. Kolajenin yapısı, spiral şeklinde bir örgü gibi birbirine bağlanmış üç polipeptit zincirinin sonucudur (bkz. Şekil 1.6). Kolajen; glisin, prolin, alanin, hidroksiprolin ve hidroksilizin içerir. Hidroksiprolin ve hidroksilizin amino asitlerinin -OH gruplarının yardımıyla polipeptit zincirleri arasında hidrojen bağları oluşur ve kolajen molekülünün dayanıklılığını artıran üçlü heliks oluşur. Hidroksiprolin ve hidroksilizin amin asitlerini oluşturmak için gereken enzimler C vitaminine ihtiyaç duyar, dolayısıyla beslenmede yeterli C vitamini bulunmadığında polipeptit zincirleri arasındaki bağlar zayıflar. Ayrıca, yaşlanma süreciyle birlikte kolajen de daha az elastik hale gelir çünkü polipeptit zincirleri arasında ek çapraz bağlar oluşur. Bu nedenle kemikler, kıkırdaklar ve tendonlar kırılabilir, kırışıklıklar ise cildin elastikiyetini kaybettiğinin göstergesidir.



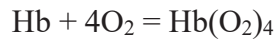
Şekil 1.6. Kolajenin β-kıvrımlı yapısı

Hemoglobin (Hb), kırmızı kan hücrelerinde bulunan küresel bir proteindir ve oksijenin taşınmasından sorumludur, bu nedenle taşıyıcı protein olarak adlandırılır. İki α -polipeptit zinciri ve iki β -polipeptit zinciri olmak üzere dört polipeptit zincirinden oluşur. Erişkin insanlardaki hemoglobin molekülünde, hemoglobinin taşıyıcı protein olarak düzgün çalışabilmesi için dört polipeptit zincirinin de birleşmesi gerekir. Hemoglobinin her bir polipeptit zinciri, **globin** adı verilen bir protein kısından ve **hem** adı verilen protein olmayan bir kısından oluşur.



Şekil 1.7. Hemoglobin

Hem, pH değeri yüksek ve karbondioksit konsantrasyonu düşük olduğunda oksijen moleküllerine geri dönüşümlü olarak bağlanan bir prostetik gruptur. Durum tersine döndüğünde ise (düşük pH değeri ve yüksek karbondioksit konsantrasyonu) hemoglobin dokulara oksijen salar. Hemin yapısında oksijen molekülleriyle (O_2) koordineli kovalent bağ oluşturan Fe^{2+} iyonları bulunur. Dolayısıyla hemoglobinin bir dördüncül yapısı dört oksijen molekülünü bağlayıp taşıyabilir.

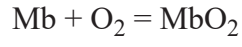


Dört oksijen molekülünün birleşmesiyle oluşan hemoglobine **oksihemoglobin** denir. Oksihemoglobin kan yoluyla hücrelere taşınır ve orada O_2 serbestlenir.

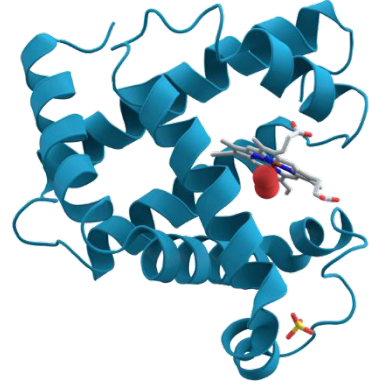
Hem grubundaki demirin Fe^{3+} oksidasyon durumunda bulunduğu hemoglobine **methemoglobin** adı verilir. Oksijen molekülleriyle geri dönüşümlü bağ oluşturamaz. Normalde hemoglobinin %1-2'si methemoglobindir. Methemoglobin oranının yüksek olmasının nedeni genetik olabilir veya çeşitli kimyasallara maruz kalma sonucu ortaya çıkabilir. Methemoglobin, konsantrasyonuna bağlı olarak ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir.

Miyoglobin (Mb), hemoglobin ile benzer biyolojik fonksiyona sahiptir. İskelet kaslarında oksijeni taşıyan ve depolayan küresel bir taşıyıcı proteindir. Miyoglobin, hemoglobinden farklı olarak oksijene daha fazla ilgi duyar ve bu nedenle oksijenin kan dolaşımından vücudun hücrelerine daha verimli bir şekilde taşınmasını sağlar. Miyoglobinin polipeptit zincirinin uzunluğunun yaklaşık dörtte üçü α -heliks biçiminde ikincil bir yapıya sahiptir ve kompakt üçüncül yapısı çeşitli tipteki etkileşimlerin sonucudur. Miyoglobin polipeptit zincirinin üçüncül yapısı, hemoglobin polipeptit zincirlerinin her birinin üçüncül yapısıyla aynıdır.

Miyoglobinin polipeptit zincirinin sonunda, tek bir oksijen molekülüne geri dönüşümlü olarak bağlanabilen bir prostetik grubu olan hem bulunur.



Fok ve balina gibi deniz memelilerinin kaslarında yüksek oranda miyoglobin bulunur ve bu sayede su altında uzun süre kalabilirler.



Şekil 1.8. Miyoglobin

ÖZET

Proteinler, amino asitlerden oluşan uzun polipeptit zincirlerinden oluşan organik biyomoleküllerdir.

Amino asitler, bir karbon atomunun iki fonksiyonel gruba bağlı olduğu organik asitlerdir: bir amino ($-\text{NH}_2$) ve bir karboksil grubu ($-\text{COOH}$).

Zwitterion, hem pozitif hem de negatif yüke sahip olan ve dipolar iyon olan iyonize bir amino asittir.

α -amino asitler, amino grubunun α karbon atomunda, yani karboksil grubuna bağlı C atomunda yer aldığı amino asitlerdir.

İzoelektrik nokta (pI), bir zwitteriyonun nötr olduğu pH değeridir.

Peptitler amino asitlerden oluşan biyomoleküllerdir.

Peptit bağı, amino asitleri birbirine bağlayan amid bağıdır.

İki amino asitten bir **dipeptit**, üç amino asitten bir **tripeptit**, dört amino asitten birleşerek de bir **tetrapeptit** oluşur.

Pentapeptit, beş amino asitten oluşan bir dizidir ve daha fazla sayıda amino asitten oluşan uzun dizilere **polipeptit** denir.

Amino asit dizisi, polipeptit zincirlerindeki amino asitlerin bağlanma sırasıdır.

Bir proteinin birincil yapısı aminoasit dizisi ile gösterilir.

N-terminal ucu, $-\text{NH}_3^+$ grubunun yer aldığı polipeptit zincirinin sol ucudur.

C-terminal ucu, $-\text{COO}^-$ grubunun yer aldığı polipeptit zincirinin sağ ucudur.

Disülfür bağları, polipeptit zincirlerini bir arada tutan amino asit sisteininin tiyol grupları ($-\text{SH}$) arasında oluşan **kovalent bağlardır**.

Proteinin ikincil yapısı, bir peptit bağının $-\text{NH}$ grubundaki hidrojen atomunun, diğer bir peptit bağının karbonil grubundaki oksijen atomuyla hidrojen bağı oluşturması sonucu oluşur.

β -kırımlı yapı, karbonil grubunun oksijen atomlarının, $-\text{NH}$ grubunun hidrojen atomlarıyla hidrojen bağları oluşturduğu ikincil bir yapıdır.

α -heliks, polipeptit zinciri boyunca çok sayıda hidrojen bağı bulunması nedeniyle spiral bir şekle sahip en yaygın ikincil yapı türüdür.

Üçüncül yapı, ikincil yapıya sahip bir polipeptit zincirinin bükülmeye devam etmesiyle oluşur. Bu protein yapısı, polipeptit zincirindeki amino asitlerin radikalleri ($-\text{R}$ grupları) arasındaki etkileşimleri içerir.

Dördüncül yapı, iki veya daha fazla polipeptit zincirinden oluşan proteinlerde oluşur.

Proteinin çökmesi veya tuzlanması, organik bir çözücünün varlığında veya bazı tuzların belirli konsantrasyonlarında meydana gelir.

Denatürasyon, proteinlerin yapısının bozulması sonucu biyolojik işlevlerini yitirmeleridir.

Denatüre proteinler denatürasyon yoluyla elde edilen proteinlerdir.

Renatürasyon, denatüre olmuş bir proteinin, denatüre edici etkenin uzaklaştırılmasından sonra orijinal haline dönmesi sürecidir.

Renatüre protein, renatürasyon yoluyla elde edilen proteindir.

Proteinin izoelektrik noktası, pozitif yüklerin sayısının negatif yüklerin sayısına eşit olduğu pH değeridir.

Küresel proteinler veya **sferoproteinler**, -R grupları arasındaki çeşitli etkileşimler sonucu polipeptit zincirlerinin üst üste gelmesi nedeniyle kompakt, küresel bir şekle sahiptirler.

Fibriler proteinler veya **skleroproteinler**, uzun, ince, lif benzeri şekillerden oluşan proteinlerdir.

Prostetik grup, karmaşık proteinlerin bir parçası olan protein olmayan bir kısımdır.

Kolajen vücutta en bol bulunan protein olup bağ dokusunda, kan damarlarında, deride, bağlarda, tendonlarda, gözün korneasında ve kıkırdakta bulunur.

Hemoglobin (Hb), kırmızı kan hücrelerinde bulunan küresel bir proteindir ve oksijenin taşınmasından sorumludur, bu nedenle taşıyıcı protein olarak adlandırılır.

Globin, hemoglobinin polipeptit zincirlerinin olduğu protein kısmıdır.

Hem, hemoglobinin polipeptit zincirlerini oluşturan protein olmayan kısımdır.

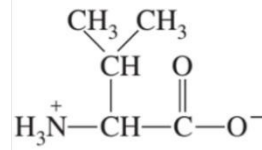
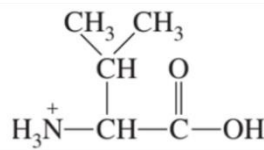
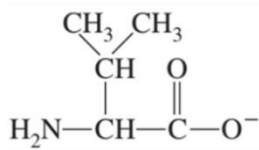
Oksihemoglobin, dört oksijen molekülünün bir araya gelerek oluşturduğu hemoglobindir.

Methemoglobin, hem grubundaki demirin Fe^{3+} oksidasyon durumunda bulunduğu hemoglobindir.

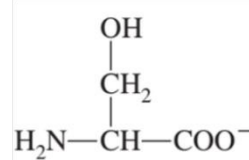
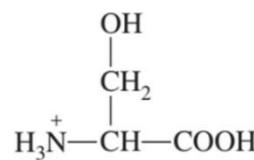
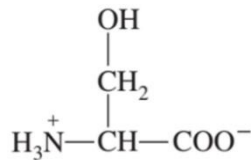
Miyoglobin (Mb), iskelet kasında oksijeni taşıyan ve depolayan küresel bir taşıma proteindir.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Amino asitlerde hangi fonksiyonel gruplar bulunur?
- 2) Aşağıdaki amino asitlerden hangisinin polar -R grubu içerdiğini belirleyiniz:
 - a) valin;
 - b) treonin;
 - c) lizin.
- 3) Aşağıdaki amino asitlerin zwitterion formüllerini yazınız:
 - a) valin;
 - b) serin;
 - c) treonin;
 - d) fenilalanin.
- 4) 3. sorudaki amino asitleri sınıflandırın. Bunlardan hangileri polar, polar olmayan, asidik veya baziktir?
- 5) Lösin ve serin amino asitlerindeki -R gruplarının polaritesinde bir fark var mıdır? Açıklayın.
- 6) Ala, Val, Lys, Cys, Trp, Met ve Gly üç harfli kısaltmasıyla gösterilen amino asitlerin adları nedir?
- 7) Sistein amino asidi için şunları belirleyin:
 - a) pI (izoelektrik nokta) ne kadardır?
 - b) Amino asit pH = 2 için hangi formda bulunur?
 - c) Amino asit pH = 8 için hangi formda bulunur?
- 8) Glisinin pI'si 6'dır. Çözeltinin pI'si 2 olduğunda glisin hangi formda ve pH = 8 olduğunda hangi formda olacaktır? Oluşan iyonların formüllerini yazınız.
- 9) Sistein ve treonin amino asitlerinin pH < 1 için formüllerini yazınız. Bu amino asitlerin adları için hangi semboller kullanılmıştır?
- 10) Valin amino asidinin aşağıdaki iyonları, izoelektrik nokta pI'den büyük, küçük veya eşit bir pH değerinde bulunabilir mi?

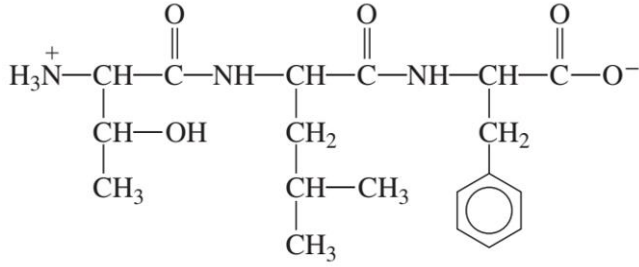


- 11) Aşağıdaki serin amino asidinin iyonları, izoelektrik nokta pI'den büyük, küçük veya eşit bir pH değerinde var olur mu?



- 12) Val-Pro etiketli dipeptit için şunları belirleyin:
 - a) Adı nedir?
 - b) Hangi amino asitlerden oluşur?
 - c) Peptit bağı oluşum yöntemini açıklayınız.
 - d) Dipeptit Pro-Val'den farkı nedir?
- 13) Aşağıdaki peptit için cevaplayın:

- Nasıl bir peptit söz konusudur?
- Hangi aminoasitlerden oluşur?
- Peptidin adını yazınız ve kısaltma ile belirtiniz.
- Peptit bağı oluşum yöntemini açıklayınız.



- Aşağıdaki peptitlerin formüllerini yazınız ve kısaltmaları ile gösteriniz:
 - alanilsistein;
 - serilfenilmetiyonin;
 - treoniltryptofan;
 - valilözölösilaspargik asit.
- Bir peptidin adı histidilglutaminilglutaminilglutaminilglutaminil şeklinde yazılır:
 - Peptid doğru isimlendirilmiş mi? Doğru değilse, aminoasitlerin sırasını değiştirmeden doğru şekilde adlandırın.
 - Bu ne tür bir peptittir?
 - Peptidin parçası olan aminoasitler hangileridir?
 - Formülünü yazıp kısaltma ile belirtiniz.
 - Listelenen aminoasitlerden kaç farklı peptit oluşabilir?
- C-terminal ucunda valin, prolin ve histidin olmak üzere iki molekülden oluşan olası tetrapeptitlerin kısaltmaları nelerdir?
- Aşağıdakilerin –R grupları arasında ne tür etkileşimler olacaktır:
 - sistein ve sistein;
 - glutamin ve lizin;
 - serin ve aspartik asit;
 - lösin ve lösin.
- Valin ve lösin üçüncül yapının içinde mi yoksa dışında mı olacaktır?
- Proteinlerin birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül yapılarında aşağıdaki bağ ve etkileşimlerden hangileri bulunur?
 - peptit bağları;
 - komşu peptitler arasındaki hidrojen bağları;
 - bir peptit grubu içindeki hidrojen bağları;
 - hidrofobik etkileşimler;
 - dört polipeptit zincirinden oluşan bir yapı;
 - Polipeptit dizisindeki disülfür bağları.
- Aynı aminoasitlerden oluşan iki proteinin farklı birincil yapıya sahip olması mümkün müdür? Açıklamak.
- α -heliks yapısı ile β -kırımlı yapı arasındaki ikincil yapı farkı nedir?
- Bir proteinin polipeptit dizisinin bir kısmı aşağıdaki gibi gösterilebilir: -Leu-Val-Cys-Asp-
 - Bu şekilde gösterilen yapı hangisidir?
 - Hangi aminoasitler disülfür bağı oluşturacaktır?

- c) Protein yapısının içerisinde hangi aminoasitler bulunacaktır?
- d) Protein yapısının dışında hangi aminoasitler yer alacaktır?
- 23) Basit ve karmaşık proteinler arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
- 24) Proteinler fonksiyonlarına göre kaç'a ayrılır?
- 25) Küresel ve fibriler proteinler arasındaki fark nedir?
- 26) Proteinlerin en önemli özellikleri nelerdir?
- 27) Proteinlerin amfoterik özellik göstermesinin nedeni nedir? Açıklayın.
- 28) Miyoglobin nedir? Dördüncül bir yapıya sahip olabilir mi? Açıklayın.
- 29) İnternette araştırma yapın, hemoglobinin aminoasit dizisi değişirse ne olur? Pozisyonunu mu kaybediyor?
- 30) Proteinleri denatüre etmenin birkaç yolunu sayınız.

1.15. Enzimler Kavramı Onların Adlandırılması, Sınıflandırılması ve Yapısı

Kimyasal tepkimeler sırasında *tepkimeye giren* maddeler, tepkime sonucu *ürünler* üretirler.. Bazı tepkimeler hızlı ilerlerken, bazı tepkimelerde, tepkimeye giren maddelerden ürün elde edilmesi uzun zaman alır. Yavaş tepkimelerin hızı, **katalizör** adı verilen maddelerin varlığında artar. Katalizör, bir reaksiyonun hızını artırır çünkü reaksiyonun ilerleme şeklini değiştirir, ancak reaksiyonun sonunda kimyasal ve nicel olarak değişmeden kalır.

Hücrelerde gerçekleşen reaksiyonlar tamamlanabilir, ancak bu hız canlının hayatta kalması için yeterli değildir. Örneğin, besinlerle alınan proteinlerin hidrolizi sonunda bir katalizör olmadan tamamlanacaktır; ancak bu, vücudun aminoasit ihtiyacını karşılayacak kadar hızlı olmayacaktır. Hücrelerdeki kimyasal reaksiyonların ılımlı koşullarda, örneğin pH değerinin 7,4 civarında ve vücut sıcaklığının 37 °C civarında olması da önemlidir.

*Canlılarda meydana gelen reaksiyonları hızlandıran katalizörlere **enzim** veya ferment* adı verilir. Enzimler, biyolojik açıdan önemli kimyasal reaksiyonları hızlandırdıkları için **biyokatalizörler** olarak da adlandırılırlar. Solunum, sindirim, kas ve sinir fonksiyonları vb. için gereklidirler. İnsan vücudundaki her hücre, içinde kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayan binlerce enzim içerir. Kataliz sürecinde enzimler değişmeden kaldığı için hücre her enzimi tekrar tekrar kullanabilir. Enzimler vücudun işleyişi ve genel sağlığı açısından hayati önem taşıyan belirli işlevlere yardımcı olur. Enzimlerin özelliklerini ve işlevlerini inceleyen bilim dalına **enzimoloji** denir.

Canlı organizmalarda gerçekleşen olaylarda enzimlerin önemi ve rolünü gösteren sayısız örnek vardır. Örneğin enzimler vücuttaki pek çok önemli süreçte rol oynarlar; Vücudun daha büyük ve karmaşık molekülleri daha küçük moleküllere parçalamasına yardımcı olurlar, böylece vücut bu süreçte açığa çıkan enerjiyi kullanabilir. Vücuttaki her hücre DNA içerir ve bir hücre bölündüğünde kendi DNA'sını kopyalar. Enzimler bu sürece yardımcı olur. Karaciğer vücuttaki toksinleri parçalar ve parçalanma sürecini kolaylaştıran çeşitli enzimleri kullanır.

Enzimlerin Adlandırılması

Enzim isimleri genellikle işlevleriyle ilişkilidir. Bunlar ya enzime bağlanan substratın isminden ya da katalize ettikleri reaksiyon türünden türetilir. Çoğu örnekte enzimin adı, substratın ismine -az eki eklenerek elde edilir. Örneğin, disakkarit sakkaroz, sakraz enzimi tarafından parçalanır, laktaz enzimi disakkarit laktozun hidroliz reaksiyonunu katalize eder ve lipitler lipaz enzimi tarafından hidrolize edilir.

Bazı enzimlerin isimleri katalizledikleri reaksiyonlardan gelir. Örneğin, oksidaz enzimi oksidasyon reaksiyonunu katalizler, dehidrogenaz dehidrojenasyon reaksiyonunu (hidrojenin

uzaklaştırılması) katalizler, dekarboksilaz organik moleküllerden karboksil gruplarının uzaklaştırılması reaksiyonunu hızlandıran enzimdir, vb.

Bazı enzimlerin isimlerinin ne substratla ne de katalizledikleri reaksiyonla ilişkili olmadığı örnekler de vardır. Bunlara örnek olarak katalaz, pepsin, tripsin ve kimotripsin enzimlerinin adları verilebilir. Bu durumda hangi substratlar üzerinde etki ettikleri veya bu enzimlerin katalize ettiği reaksiyonların hatırlanması gerekir.

Enzimlerin sınıflandırılması

Enzimler, hızlandırdıkları reaksiyonlara veya etki ettikleri substratlara (reaktantlara) göre sınıflandırılırlar. Sınıflandırma şu şekilde yapılabilir:

- oksidoredüktazlar;
- transferazlar;
- hidrolazlar;
- liyazlar;
- izomerazlar;
- ligazlar.

Oksidoredüktazlar, oksidasyon-redüksiyon (redoks) reaksiyonlarını hızlandıran enzimlerdir. *Oksidaz* enzimi oksidasyon reaksiyonunu hızlandırır, redüksiyon reaksiyonunu *redüktaz* enzimi hızlandırır, *oksidoredüktazlar* ise redoks reaksiyonlarını etkiler. Örneğin laktat dehidrogenaz enzimi laktattan hidrojenin uzaklaştırılmasını katalize eder.

Transferazlar, fonksiyonel grupların bir molekülünden diğerine aktarıldığı reaksiyonları hızlandıran enzimlerdir. *Transaminaz* amino grubu ($-NH_2$) transfer reaksiyonlarını hızlandırır, *kinaz* ise fosfat gruplarının transferini hızlandırır.

Hidrolazlar, hidroliz reaksiyonlarını, yani maddelerin suyun varlığında parçalandığı reaksiyonları katalizlerler. Bu grupta proteinlerdeki peptit bağlarını hidrolize eden *proteazlar*, lipidlerdeki ester bağlarını hidrolize eden *lipazlar*, karbonhidratlardaki glikozidik bağları hidrolize eden karbohidrazlar, nükleik asitleri hidrolize eden *nükleazlar* vb. yer alır.

Liyazlar, hidroliz olmaksızın çift bağlara atom veya atom gruplarının eklenmesini (eklenmesini) veya çıkarılmasını (eliminasyonunu) sağlayan enzimlerdir. *Karboksilaz*, CO_2 'nin eklendiği reaksiyonlarda kullanılır, *deaminaz* ise NH_3 'ün çekildiği reaksiyonları katalize eder.

İzomerazlar, izomerizasyon sürecinin, yani moleküller içindeki fonksiyonel grupların yeniden dağılımının gerçekleştiği enzimlerdir. *İzomeraz* *cis*-izomerleri *trans*-izomerlere dönüştürürken, *epimeraz* D-izomerleri L-izomerlere dönüştürür ve bunun tersi.

Ligazlar, daha basit bileşiklerden daha karmaşık bileşiklerin sentezlenmesini sağlayan reaksiyonları katalize eden enzimlerdir. Bir örnek olarak, iki molekülün birleşmesini katalize eden enzim *sentetaz* gösterilebilir ve bu enzim, adenosin trifosfatın (ATP) sağladığı enerjiyi kullanarak moleküller arasında bağların oluşmasını sağlar.

Enzimlerin yapısı

Enzimler, çok nadir görülen RNA'lar hariç, çok sayıda amino asitten oluşan küresel kimyasal proteinlerdir. Amino asit bileşimindeki -R gruplarının doğasına bağlı olarak farklı moleküller arası etkileşimlerle substratlara bağlanırlar. Her enzimin, katalitik etkisinde önemli rol oynayan kendine özgü üç boyutlu bir yapısı vardır. Enzimler içeriklerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

- ① Tek bileşenli enzimler;
- ② İki bileşenli enzimler.

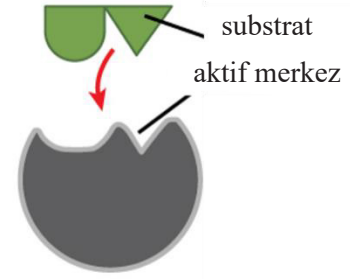
Tek bileşenli enzimler, sadece protein kısmından oluşan enzimlerdir. Ancak birçok enzim iki bileşenlidir, yani işlevlerini düzgün bir şekilde yerine getirebilmek için protein olmayan veya prostetik gruplara bağlıdırlar. Enzimin polipeptit zincirine **apoenzim**, prosteti grubuna ise **kofaktör** veya **koenzim** adı verilir. Bir enzimin bir kofaktöre veya koenzime ihtiyacı varsa, bu, ne enzimin, ne de kofaktör veya koenzimin ayrı ayrı katalitik aktivite göstermediği anlamına gelir. Ancak kofaktör veya koenzim enzimin protein kısmına bağlandığında enzim substrata bağlanır ve katalitik reaksiyon gerçekleşir. Kofaktörler bazı metal iyonları, organik bileşikler veya organometalik bileşikler, vitaminler vb. olabilir. Metal iyonları kofaktör olarak adlandırılır çünkü enzime doğrudan bağlı değildirler, organik moleküller ise koenzim olarak adlandırılır çünkü enzime doğrudan bağlıdırlar. Apoenzim ve kofaktör birlikte **holoenzim** adı verilen aktif bir enzimi oluştururlar.

1.16. Enzimlerin Özellikleri ve Etkileri

Enzimler makromoleküllerdir ve etki biçimleri inorganik katalizörlerin etkilerinden çok farklıdır. Yüksek oranda katalitik güç, özgüllük ve seçicilik ile karakterize edilirler. Enzimlerin en önemli özelliklerinden biri yüksek bağlı katalitik güce sahip olmalarıdır. Bu, katalizlenmeyen ve enzim katalizli kimyasal reaksiyonların hızları arasında çok büyük bir fark olduğu anlamına gelir. Az miktarda enzim, belirli bir kimyasal reaksiyonun hızını kat kat artırabilir.

Enzimler, **spesifik ve seçici** biyokatalizörlerdir; yani bir veya az sayıda moleküle bağlanıp etki edebilirler veya yalnızca bir reaksiyonu katalize edebilirler. Örneğin maltaz enzimi disakkarit maltozu parçalar, hidrolaz enzimi sadece hidroliz reaksiyonlarını katalize eder, vb. Enzimler özgüllüklerine göre farklılık gösterir; tüm enzimlerin özgüllüğü aynı değildir; Bazıları diğerlerinden daha spesifiktir.

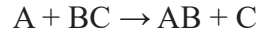
Enzimin etki ettiği maddeye **substrat** denir. Örnekte, maltaz enziminin etkisiyle disakkarit maltoz iki glikoz molekülüne parçalanır; maltaz enzimdir, maltoz ise substrattır. Katalitik bir reaksiyonda enzim ilk önce substrata bağlanır. Enzim, substrattan daha büyük bir moleküldür, ancak üçüncül yapısında aktif merkezler adı verilen kısımlar bulunur. **Aktif merkez**, bir enzimin bir veya daha fazla substrat molekülüne bağlanarak bir reaksiyonu katalize ettiği yerdir.



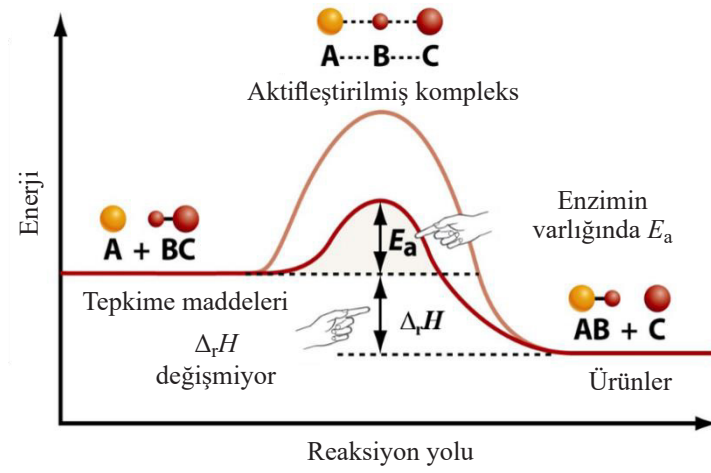
Şekil 1.9. Substrat ve aktif merkez

Enzimlerin etkisi

Enzimler, aktivasyon enerjisini (E_a) düşürdükleri için reaksiyon yolunu değiştirerek reaksiyonları hızlandırırlar. Aktivasyon enerjisi, substratların (reaktanların) ürünlere dönüşmesi için gereken enerjidir. Enzimlerin varlığında, aktifleştirilmiş kompleks (tüm tepkimeye giren parçacıkları içeren bir grupta) daha hızlı oluşur; bu da substratı ürünlere dönüştürmek için daha az enerji gerektiği anlamına gelir. Bu, katalizlenmeyen reaksiyonun hızına kıyasla reaksiyon hızını önemli ölçüde artırır. Genel tepki yolu



aşağıdaki enerji profili ile gösterilebilir



Şekil 1.10 Katalizli ve katalizsiz reaksiyon yolu

Enzimler kimyasal reaksiyonları hızlandırarak geri dönüşümlü reaksiyonlarda kimyasal denge durumunun daha çabuk oluşmasını sağlarlar, ancak denge sabitinin değerini etkilemezler. Denge konumu denge sabitlerinin değerlerine bağlıdır.

Michaelis-Menten teorisine göre enzimatik reaksiyonun mekanizması basit bir şekilde açıklanabilir. Bu teoriye göre, enzim katalizli reaksiyon iki adımda gerçekleşir. İlk adım, substratın

enzimin aktif bölgelerine bağlanması ve **enzim-substrat kompleksinin** oluşmasıdır. Kompleks, enzimin aminoasitlerinin substratla moleküller arası etkileşimleri sonucu oluşur. Reaksiyonun ikinci adımı enzim-substrat kompleksinden ürünün ve enzimin serbest bırakılmasıdır. Açığa çıkan enzim başka bir reaksiyonu katalize edebilir. Bir enzim (E) ile bir substrat (S) arasında bir ürün (P) üreten reaksiyon basit bir şekilde gösterilebilir.

İlk adım: $E + S \rightleftharpoons ES$

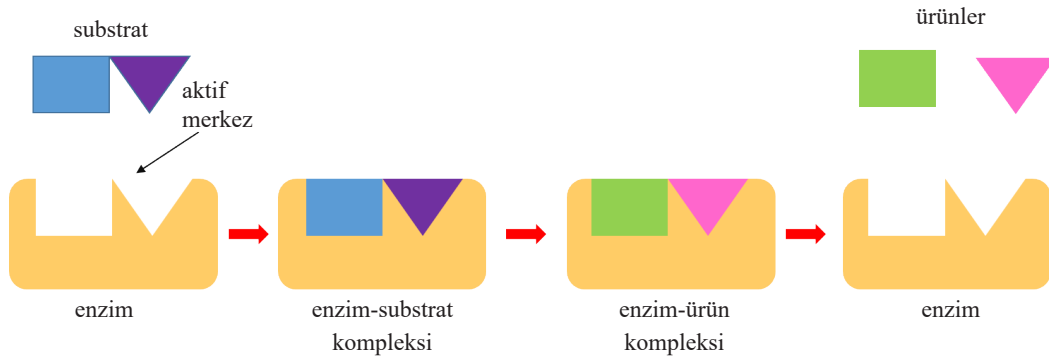
İkinci adım: $ES \rightarrow E + P$

Örneğin sakarozun (substrat) hidroliz reaksiyonunda sakaroz enziminin aktif merkezlerine bağlanarak, su varlığında sakarozdaki glikozidik bağları hidrolize eder. Bunun sonucunda sakarozdan glikoz ve fruktoz elde edilir. Ürünler sakaroz enziminin aktif bölgelerinden salınır ve daha sonra diğer sakaroz moleküllerinin hidrolizine katılabilir.

sakaroz + sakaroz $\rightleftharpoons$ sakaroz-sakaroz kompleksi

sakaroz-sakaroz kompleksi $\rightarrow$ glikoz + fruktoz + sakaroz

Aktif merkez çerçevesinde enzimin amino asitlerinin –R grupları, substratın fonksiyonel gruplarıyla moleküller arası etkileşime girer. Enzimin aktif merkezinin şekli, substratın şekline uymalıdır. Aslında enzim ve substrat bir anahtar ve kilit gibi çalışır, bir anahtar yalnızca bir kilidi açar. Enzim eyleminin bu modeline **anahtar - kilit modeli** adı verilir (Şekil 1.11).



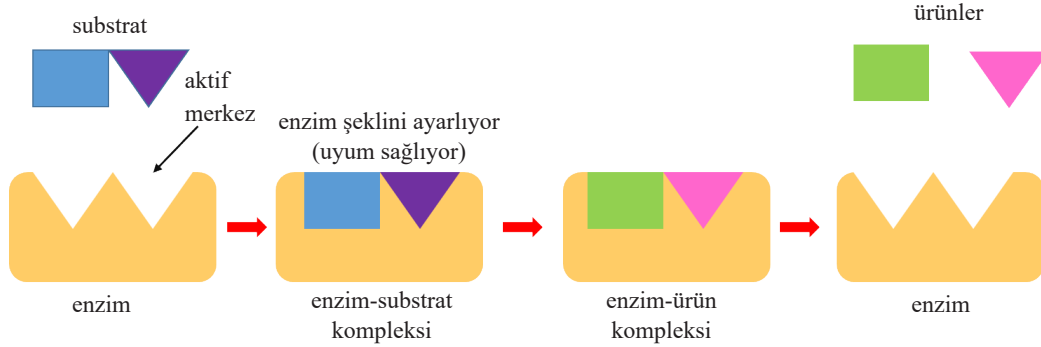
Şekil 1.11. Anahtar-kilit modelinin şematik gösterimi

Anahtar-kilit modeli ilk olarak 1894 yılında Fischer (Hermann Emil Louis Fischer, 1852 – 1919) tarafından tanımlanmıştır. Bu model, enzimlerin yüksek seçicilik ve özgülük ile karakterize edildiğini göstermektedir.

Çok sayıda enzimin etkisi Anahtar-kilit modeliyle açıklanır, ancak daha geniş aktivite yelpazesine sahip enzimler de vardır. Bunlar substratın şekline uyum sağlayan enzimlerdir veya substrat enzimin şekline uyum sağlayabilir. Bu modele **indüklenmiş uyum (ayarlama)**

modeli adı verilir ve ilk olarak 1958 yılında Koshland tarafından ortaya çıkmıştır (Daniel Edward Koshland, 1920 – 2007).

Bu modele göre enzimin aktif merkezlerinin şekli, substratın şekline yaklaşık olarak uymaktadır. Bu şekilde substrat, enzim molekülüne tam olarak yerleşir ve enzim-substrat kompleksi oluşur. Enzimin substratın şekline uyum sağladığı bir enzim-substrat kompleksinin oluşumu aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Şekil 1.12. İndüklenmiş uyum (ayarlama) modelinin şematik gösterimi

Her iki modelde de, enzim katalizli reaksiyonları tanımlayan anahtar-kilit modeli ve indüklenmiş-uyum modeli, substrat enzimin aktif merkezlerine bağlanır ve enzim-substrat kompleksi oluşur. Anahtar-kilit modelinde, substratın şeklinin enzimin aktif merkezinin şekline uyması gerekir. İndüklenmiş uyum modelinde ise, substrat ve enzim, enzim-substrat kompleksini oluşturmak için şekillerini ayarlarlar.

Enzimlerin aktivitesi çeşitli faktörlere bağlıdır, bunların en önemlileri şunlardır:

- Sıcaklık;
- Ortamın pH değeri;
- Substratın konsantrasyonu;
- Enzim konsantrasyonu;
- inhibitörlerin varlığı.

Enzimler sıcaklığa karşı çok duyarlıdır. Düşük sıcaklıklarda enzimler katalitik aktivite göstermezler, çünkü katalitik reaksiyonun gerçekleşmesi için yeterli enerji yoktur. Bu arada, daha yüksek sıcaklıklarda enzim aktivitesi artar. Enzimler en uygun sıcaklıkta, yani çoğu enzim için 37°C veya vücut sıcaklığında en aktif haldedir. 50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda enzimlerin üçüncül yapısı bozulur ve enzimatik aktivitelerini kaybederler.

Enzimlerin çoğu çok dar bir pH değeri aralığında aktiftir. Enzimlerin en iyi şekilde çalıştığı pH değerine **optimum pH değeri** denir. Çözeltinin asitleştirilmesi veya baz eklenmesi enzimlerin üçüncül yapısını bozarak –R gruplarının substratla etkileşimlerini bozar. Bunun sonucunda enzim artık substrata bağlanamaz ve katalitik reaksiyon gerçekleşmez. pH'daki küçük değişiklikler geri dönüşümlüdür ve enzimin yapısını ve aktivitesini yeniden kazanmasını sağlar, ancak optimum pH değerinden büyük sapmalar enzimin yapısını ve işlevini kalıcı olarak bozar.

Enzim katalizli her reaksiyonda, substratın önce enzime bağlanarak enzim-substrat kompleksi oluşturması gerekir. Enzim konsantrasyonu sabit tutulduğunda, substrat konsantrasyonunun artırılması reaksiyon hızını artırır, reaksiyon hızı başlangıçta en yüksek olur. Enzim substratla doyumluğa ulaştığında, yani enzimin aktif merkezleri substrata bağlandığında katalitik reaksiyon maksimum hızına ulaşır. Substrat konsantrasyonunun daha fazla artırılması reaksiyon hızını artırmayacaktır. Tepkime sonunda ürünler oluştuğunda enzim serbest kalır ve diğer substrat moleküllerine bağlanabilir.

Belirli bir substrat konsantrasyonu için enzim konsantrasyonunun artırılması katalitik reaksiyonun hızını artırır. Enzimin konsantrasyonu daha yüksek olduğunda, substratı bağlayabilen ve reaksiyonu katalize edebilen daha fazla molekül (daha aktif merkezler) bulunur. Substrat konsantrasyonu enzim konsantrasyonundan yüksek olduğu sürece enzim konsantrasyonu ile katalitik aktivitesi arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Enzim katalizli reaksiyonların çoğunda substrat konsantrasyonu enzim konsantrasyonundan çok daha yüksektir.

*Enzimlerin katalitik aktivitesi üzerinde etkili olan maddelere **efektör** denir.* Etkilerine göre efektörler aktivatör ve inhibitör olabilirler.

Aktivatörler *enzimlerin aktivitesini arttıran maddelerdir.* Örneğin kinaz, birçok hücresel süreçte önemli olan bir enzimdir. Kinazın etkisini hızlandıran bir aktivatör ise magnezyumdur. Bu örnekte magnezyum, kinazın enziminin yardımcı faktörüdür.

Katalitik reaksiyonların hızı, inhibitör adı verilen maddelerin varlığında önemli ölçüde azalır. **İnhibitörler**, *substratın enzimin aktif merkezlerinde bağlanmasını önleyen moleküllerdir.* İnhibitörlerin varlığında enzimler katalitik aktivitelerini kaybederler. Bir inhibitöre geri dönüşümlü olarak bağlanan bir enzim, enzimatik aktivitesini tekrar kazanabilir, ancak enzim bir inhibitöre geri dönüşümsüz olarak bağlanırsa, enzimatik aktivitesini kalıcı olarak kaybeder.

ÖZET

Katalizörler, varlığı yavaş reaksiyonların hızını artıran maddelerdir.

Enzimler veya **fermentler**, canlı organizmalarda gerçekleşen reaksiyonları hızlandıran katalizörlerdir. Enzimlere **biyokatalizörler** de denir.

Enzimoloji, enzimlerin özelliklerini ve işlevlerini inceleyen bilim dalıdır.

Oksidoredüktazlar, oksidasyon-redüksiyon (redoks) reaksiyonlarını hızlandıran enzimlerdir.

Transferazlar, fonksiyonel grupların bir molekülden diğerine aktarıldığı reaksiyonları hızlandıran enzimlerdir.

Hidrolazlar, hidroliz reaksiyonlarını, yani maddelerin suyun varlığında parçalandığı reaksiyonları katalizlerler.

Liyazlar, hidroliz olmaksızın çift bağlara atom veya atom gruplarının eklenmesini (eklenmesini) veya çıkarılmasını (eliminasyonunu) sağlayan enzimlerdir.

İzomerazlar, izomerizasyon sürecinin, yani moleküller içindeki fonksiyonel grupların yeniden dağılımının gerçekleştiği enzimlerdir.

Ligazlar, C – C, C – S, C – O ve C – N bağlarının oluşması veya kopması reaksiyonlarını katalize eden enzimlerdir.

Enzimin polipeptit dizisine **apoenzim** adı verilir.

Kofaktör veya **koenzime** prostetik grup denir.

Holoenzim, apoenzim ve kofaktörden oluşan aktif bir enzimdir.

Enzimin etki ettiği maddeye **substrat** denir.

Aktif merkez, bir enzimin bir veya daha fazla substrat molekülüne bağlanarak bir reaksiyonu katalize ettiği yerdir.

Enzim-substrat kompleksi, enzimin amino asitlerinin substratla moleküller arası etkileşimleri sonucu oluşan bir komplekstir.

Anahtar-kilit modeli, enzim ve substratın anahtar ve kilit gibi işlev gördüğü, bir anahtarın yalnızca bir kilidi açtığı bir etki modelidir.

İndüklenmiş uyum (ayarlama) modeli, enzimin substratın şekline uyum sağladığı veya substratın enzimin şekline uyum sağlayabildiği bir modeldir.

Efektörler, enzimlerin katalitik aktivitesi üzerinde etki gösteren maddelerdir.

Aktivatörler enzimlerin aktivitesini arttıran maddelerdir.

İnhibitörler, substratın enzimin aktif bölgelerine bağlanmasını önleyen moleküllerdir.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Enzimler nedir?
- 2) İnorganik katalizörler ile enzimler arasındaki fark nedir?
- 3) Enzimlerin rolünü ve önemini gösteren birkaç örnek veriniz.
- 4) Enzimlerin isimleri nasıl türetilir?
- 5) Enzimler sınıflandırmak için hangi kriterler kullanılır?
- 6) Kimyasal yapılarına göre enzimler nedir?
- 7) Tek bileşenli ve iki bileşenli enzimler arasındaki fark nedir?
- 8) Apoenzim ve koenzim eş anlamlı mıdır? Açıklayın.
- 9) Enzimlerin bağıl katalitik gücünden ne anlaşılmaktadır?
- 10) Enzimin aktif merkezini ve substratı tanımlayınız.
- 11) Sakaroz enzimi nişastayı hidrolize etmek için kullanılabilir mi? Açıklayın.
- 12) Enzim etki mekanizmasının Michaelis-Menten teorisini açıklayınız.
- 13) Anahtar-kilit modelini açıklayınız.
- 14) İndüklenen uyum modeli ile anahtar-kilit modeli arasındaki fark nedir? Açıklayın.
- 15) Enzim aktivitesini etkileyen faktörler nelerdir?
- 16) Enzim çalışması için en uygun sıcaklık hangisidir?
- 17) Vücut sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta aktif olan enzimler var mıdır? Literatürde araştırma yapın ve açıklayın.
- 18) Optimum pH değeri ne demektir?
- 19) Enzim katalizli bir reaksiyonun hızı üzerinde substrat konsantrasyonunun etkisi nedir?
- 20) Enzim konsantrasyonu enzimatik reaksiyonun hızını etkiler mi? Açıklayın.
- 21) Enzim konsantrasyonu düşük substrat konsantrasyonunda katalitik reaksiyonun hızını etkiler mi? Daha yüksek substrat konsantrasyonunda etki farklı olacak mı?
- 22) Aşağıdaki faktörler bir enzimatik reaksiyonun hızını nasıl etkiler?
 - a) pH değeri optimumdan düşük;
 - b) optimum sıcaklıktan daha yüksek;
 - c) Sabit sıcaklıkta substrat konsantrasyonunun artırılması.
- 23) Tripsin, pH 7,7 – 8,0'da peptit bağına hidrolize eden bir enzimdir. Aşağıdaki koşullar aktivitesini nasıl etkiler?
 - a) tripsin konsantrasyonunda azalma;
 - b) pH değerini 3,0'a değiştirin.
 - c) reaksiyonun 75° C'de gerçekleştirilmesi;
 - d) ek miktarda tripsin eklenmesi.

24) Pepsin proteinleri hidrolize eden bir enzimdir, etkisi pH 1,5-2,0 arasında optimum düzeydedir.

Aşağıdaki koşullar altında enzimatik reaksiyonun hızı nasıl değişir?

- a) protein konsantrasyonunda artış;
- b) pH'ın 5,0'a değişmesi;
- c) reaksiyonun 0 °C'de gerçekleştirilmesi;
- d) Pepsin konsantrasyonunun azalması.

25) Efektörleri, aktivatörleri ve inhibitörleri tanımlayınız.

1.17. Vitaminlerin Kavramı, Önemi ve Sınıflandırılması

Vitaminler keşfedilmeden önce, limon suyunun denizcilerde iskorbüt hastalığını önlediği ve morina karaciğeri yağının raşitizmi önleyebileceği biliniyormuş. 1912 yılında bilim insanları karbonhidrat, yağ ve proteinlere ek olarak vitaminlerin de besin yoluyla alınması gerektiğini keşfetmişler.

Vitaminler, vücutta sentezlenmeyen veya yeterli miktarda sentezlenmeyen ve bu nedenle beslenme yoluyla alınması gereken temel besleyici maddelerdir. İstisna olarak, triptofandan sentezlenebilen B₃ vitamini ve cilt güneş ışığına maruz kaldığında vücutta kolesterol türevlerinden sentezlenen D₃ vitaminidir. Bazı vitaminler, besin yoluyla alınan **provitamin** adı verilen belirli maddelerden vücutta sentezlenebilir. Örneğin β -karoten besinler yoluyla alınır ve vücutta A vitamini sentezlenir, yani A vitamininin provitaminidir.

Vitaminler vücudun çok sayıda işlevi için gereklidir, ancak küçük miktarlarda (izler halinde), bu nedenle **mikronutrient** olarak adlandırılırlar. Günlük karbonhidrat alımı 250 g'dır (makronutrient) ve günde 2 mg B₆ vitamini (mikronutrient) yeterlidir.

Suda çözünen vitaminler karmaşık koenzimlerin içeriğinde yer alır, ancak bazıları kendileri koenzim olarak işlev görür. **Koenzimler**, *enzimlerin katalitik etkisine yardımcı olan veya bunu mümkün kılan prostetik gruplarıdır*. Riboflavin, tiamin, niasin, pantotenik asit ve biotin gibi B vitaminleri koenzimlerin bir parçası olarak işlev görür. Bunlar, enzimlerle birleşip onları aktive eden küçük moleküllerdir. Enzimler, vücuttaki çoğu kimyasal reaksiyonu katalize eder, örneğin yiyecekleri sindirmek ve yeni bileşikler sentezlemek. Koenzim görevi gören B vitaminleri, vücudun hücreler için yeterli enerji üretmek amacıyla proteinleri, yağları ve karbonhidratları kullanmasına yardımcı olur.

Vitaminlerin sadece bir kısmı vücutta depolanabilir. *Uzun süre yeterli vitamin alınmaması sonucu oluşan durum **hipovitaminoz** olarak bilinir. **Avitaminoz**, belirli bir vitaminin yetersiz alınması sonucu oluşan durumdur. Diğer yandan, birkaç vitaminin yeterli miktarda tüketilmemesi durumunda oluşan duruma **poliavitaminoz** denir.* Hipovitaminoz, beriberi, pelagra, anemi, raşitizm ve iskorbüt gibi çeşitli hastalıklara yol açar. Literatürde, ek vitamin miktarları sağlansa bile, belirli bir vitaminin eksikliğinden kaynaklanan bodur büyüme geri döndürülemez olabileceğine dair veriler bulunmaktadır. Örneğin, çocukluk çağında D vitamini eksikliğinden kaynaklanan bozulmuş kemik yapılarını düzeltmek zordur. Bu nedenle, çocukların düzgün büyüme ve gelişmeleri için yeterli vitamin almaları özellikle önemlidir.

Suda çözünen vitaminler vücuttan idrarla atılır; bu vitaminler vücutta depolanmaz ve düzenli olarak beslenme yoluyla tüketilmelidir. Yağda çözünen vitaminlerin fazlası karaciğerde depolanırken, bu vitaminler beslenme yoluyla düzenli olarak tüketilmediğinde vücut depolarını

tüketir. Ancak, bu vitaminlerin daha yüksek konsantrasyonları toksik olabilir ve hipervitaminoza yol açabilir. **Hipervitaminoz**, *vücutta belirli vitaminlerin aşırı alımı durumudur.*

Vitaminler A, K, E, D, C vb. gibi büyük harflerle gösterilir. Adlandırmalarında sistematik bir isimlendirme kullanılmaz, ancak bazı özelliklerine, bulundukları yere, belirli bir vitaminin eksikliğiyle ortaya çıkan hastalığa (bu durumda -anti öneki eklenir) vb. göre verilen alışılmış isimleri vardır. Çözünürlüklerine göre vitaminler şu şekilde sınıflandırılır:

- ① *Yağda çözünen vitaminler (liposolubil);*
- ② *Suda çözünen vitaminler (hidrosolubil).*

Vitamin böyle sınıflandırmasından, vitaminlerin hangi gıda ürünlerinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu tahmin edilebilir. Yağda çözünen vitaminler, suda çözünen vitaminlerden işlevlerine göre farklılık gösterir.

1.18. Yağda Çözünen Vitaminler (temsilcileri, bulguları ve önemi)

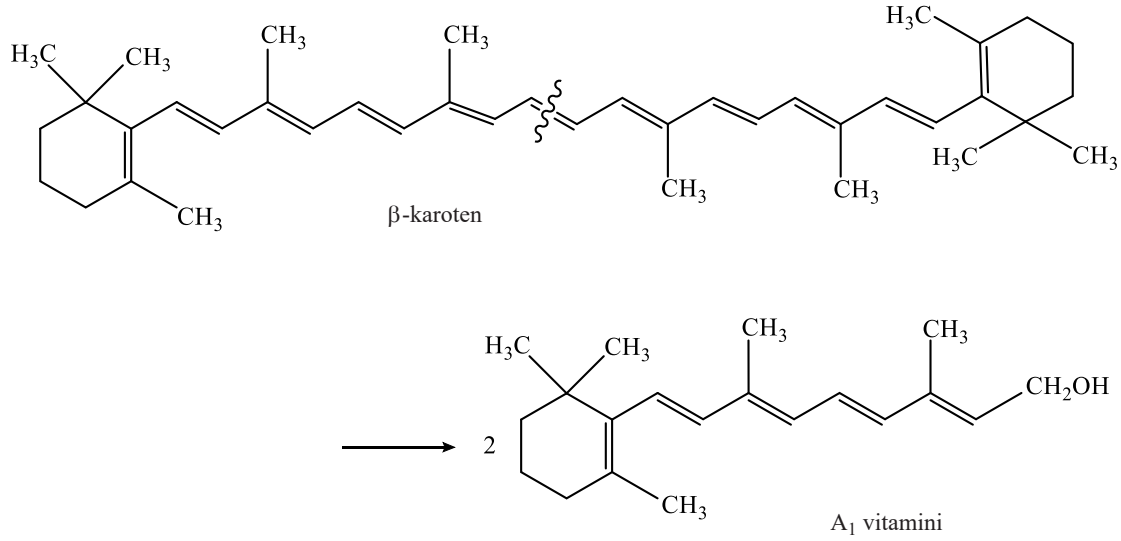
A, D, E ve K vitaminleri yağlarda çözünür ve belirli bir miktarda depolanabilirler. Bu vitaminlerin ihtiyaç duyulandan daha fazla miktarda alınması hipervitaminoza yol açabilir. Yağda çözünen vitaminlerin fazlası vücudun yağ birikintilerinde depolanır. Bu vitaminlerin eksikliklerinin klinik etkileri iyi bilinmektedir, ancak etki ettikleri mekanizmalar suda çözünen vitaminlerin mekanizmaları kadar iyi anlaşılmamıştır.

Yağda çözünen vitaminler yağlarda çözünen polar olmayan bileşiklerdir (lipidler) ve ince bağırsaktaki emilimleri lipid metabolizmasına bağlıdır. Kanda lipoprotein kompleksleri tarafından taşınırlar. Bu vitaminlerin vücutta çeşitli işlevleri vardır. D vitamini kalsiyum metabolizmasının düzenleyicisi olarak işlev görür, A vitamininin işlevlerinden biri görmeyi sağlayan pigmenti sağlamaktır, K vitamini ise normal kan pıhtılaşmasını sağlar.

A Vitamini

A Vitamini ilk olarak 1925 yılında İsviçreli kimyager Paul Karrer (1889 – 1971) tarafından sentezlenmiştir. Hayvansal dokularda, özellikle balık karaciğeri yağında, memeli karaciğerinde, yumurta sarısında, süt yağında, tereyağında, peynirde vb. bulunur. Vücut, gerekli A vitamini miktarının üçte ikisini bitkilerde bulunan provitamin β -karoten'den alır. Havuç ve brokoli gibi koyu yeşil ve sarı sebzeler, A vitamini için öncüllerin (diğer bileşiklerin elde edildiği başlangıç bileşikleri) mükemmel kaynaklarıdır. Buna göre, A vitamini vücuda beslenme yoluyla girer, ancak beslenme yoluyla giren β -karoten'den de sentezlenebilir. A vitamininin en yaygın yapısı retinol (A_1 vitamini) ve retinal olarak bilinen aldehitidir (A_2 vitamini). Formülünden görülebileceği

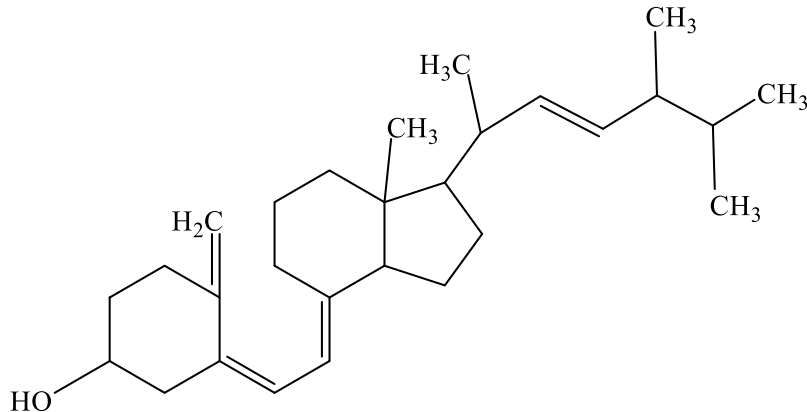
gibi, A vitamininin yapısında dört izopren birimi vardır. Aşağıdaki denklem ile β -karotenden retinol (A1 vitamini) elde etme reaksiyonu gösterilmiştir.



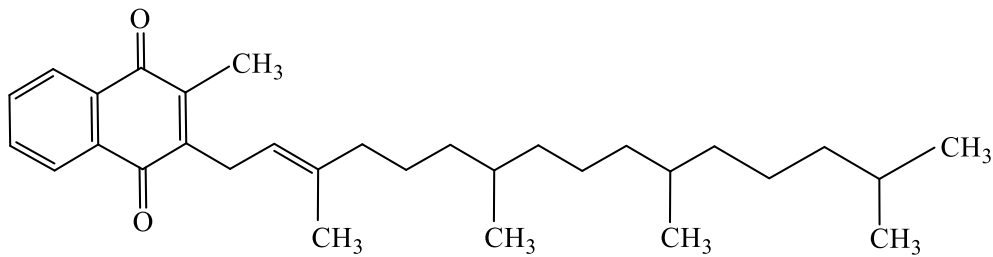
A vitamininin iki önemli işlevi vardır: retinal formunda, gözlerdeki rodopsinin ışığa duyarlı bileşeninin bir parçasıdır ve retinoik asit formunda, epitel için koruyucu bir faktördür ve büyüme vitamini. A vitamini ayrıca epitel korur, pigmentlerin sentezi için gereklidir, antioksidan bir role sahiptir, kemik ve dişlerin büyümesi ve üreme sisteminin normal işlevi için gereklidir, vb. A vitamini eksikliği yavaş büyümeye, gece körlüğüne, epitel zarlarının bozulmasına vb. yol açar. Bu vitaminin fazlalığı karaciğer hasarına, cildin soyulmasına ve ayrıca merkezi sinir sistemini (bulantı, anoreksi) etkiler.

D Vitamini

D Vitamini, iki formda bulunan bir steroid hormondur, kolekalsiferol (D₃) ve ergokalsiferol (D₂). Aşağıdaki formül, D vitamininin biyolojik olarak aktif formu olan kolekalsiferolü gösterir. Yapısal olarak kolesterole benzerdir ve bu nedenle, güneşten gelen ultraviyole ışığın etkisi altında fotoliz işlemi sırasında ciltte kolesterol türevinden sentezlenir.



beslenme yoluyla gerekli miktarda K vitamini alabilirsiniz. K vitamini yağ içeren yiyeceklerle birleştirildiğinde daha iyi emilir. Pişmiş sebzelerin sağlıklı yağlarla birleştirilmesi vücudunuzun üç kata kadar daha fazla K vitamini emmesine yardımcı olabilir. K1 vitamininin yapısal formülü aşağıdaki gibi gösterilebilir:



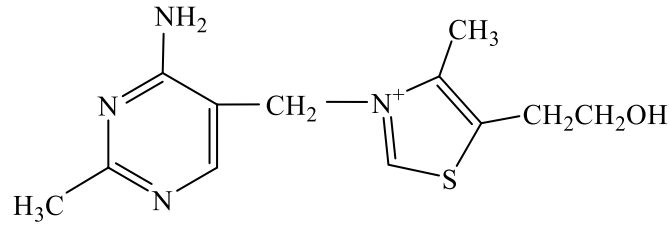
K vitamini birçok vücut fonksiyonunda rol oynar, insan vücudu onu normal pıhtılaşmayı koruyan proteinleri sentezlemek ve kemik yapısını oluşturmak ve korumak için kullanır. K vitamini, D vitamini ile birlikte kemiklerdeki kalsiyum seviyelerinin korunmasına katkıda bulunur. Öte yandan, aşırı E vitamini alımı, vücutta parçalanmasını uyardığı için K vitamini seviyelerini azaltabilir. Bu, normal kan pıhtılaşmasını bozabileceği ve kanama riskini artırabileceği için zaten düşük K vitamini seviyelerine sahip kişiler için özellikle zararlıdır. Dengeli beslenen sağlıklı yetişkinlerde K vitamini eksikliği yaygın değildir, ancak sağlığı bozuk kişilerde ortaya çıkabilir. Antikoagülan kullanan kişilerde, yiyecek ve besin maddelerinin emilimi bozulabilir ve böylece K vitamini metabolizması engellenebilir. K vitamini eksikliği ayrıca kolay morarmaya ve kanamaya neden olabilir. Öte yandan, aşırı K vitamini (diyetten veya takviyelerden) ilaçların antikoagülan etkilerini engelleyebilir ve kan pıhtılaşmasına, karaciğer fonksiyon bozukluğuna, sarılığa vb. neden olabilir.

1.19. Suda Çözünen Vitaminler (temsilcileri, bulguları ve önemi)

Suda çözünen vitaminler $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ ve diğer polar gruplara sahiptir, bu yüzden suda çözünürler. Bu grup, daha küçük moleküllerden oluşan C vitamininden, karmaşık bir yapıya sahip B_{12} vitaminine kadar çeşitli vitaminleri içerir. Suda çözünen vitaminler, enerji sağlayan besinlerin hücresel metabolizmasında rol oynar. Bu gruptaki her vitaminin en az bir özel işlevi vardır. Örneğin, B_1 karbonhidratlardan maksimum enerji verimi elde etmek için gereklidir, B_6 protein metabolizması için büyük önem taşırken, B_2 hemen hemen tüm hücresel redoks reaksiyonlarında önemli bir bileşendir.

B1 Vitamini (tiamin)

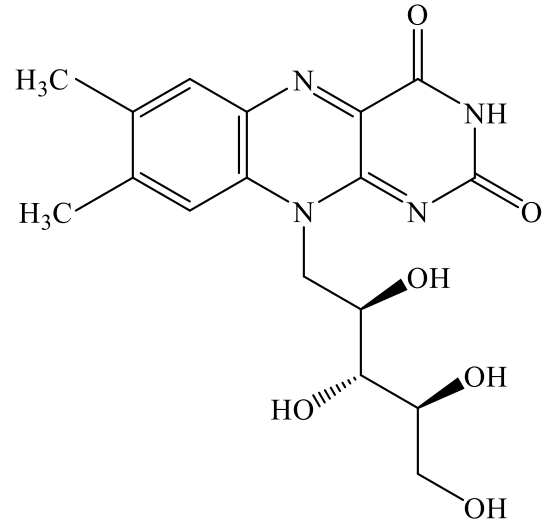
B1 Vitamini aynı zamanda tiamin olarak da adlandırılır. Molekülünde pirimidin ve tiazol halkası bulunur, aşağıdaki formülden de görülebileceği gibi B₁ vitamini birçok bitkide bulunur: tahıl



filizleri, maya, sebzeler (özellikle patates), meyveler ve domuz eti ve sığır eti, balık, yumurta ve hayvan organlarında (karaciğer, böbrekler, beyin ve kalp) bol miktarda bulunur. Dekarboksilasyon reaksiyonlarında bir koenzimdir ve ayrıca karbonhidrat metabolizmasında rol oynayan önemli bir maddedir. Bu nedenle, karbonhidratlarla zenginleştirilmiş besinle tiamin ihtiyacı artar. Nörolojik ve kardiyak semptomları olan beriberi olarak bilinen hastalık, beslemede B₁ vitamini eksikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkar.

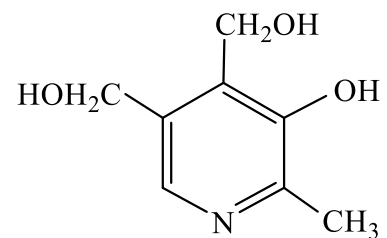
B₂ Vitamini (riboflavin)

B₂ Vitamini riboflavin olarak da adlandırılır, bir prostetik gruptur, yani protein metabolizmasına katılan enzimlerin bir parçası olan bir koenzimdir. Riboflavinin en önemli kaynakları serbest bulunduğu süt ve süt ürünleridir, ondan sonra yumurta, sebzeler, maya, et ürünleri, kalp, karaciğer, böbrekler vb. gibi çeşitli organlarda bulunur. B₂ Vitamini eksikliği dermatit ve ağız iltihabı ile ortaya çıkar ve hayvanlarda bu vitamin normal fetal gelişim için gereklidir.



B₆ Vitamini (piridoksin)

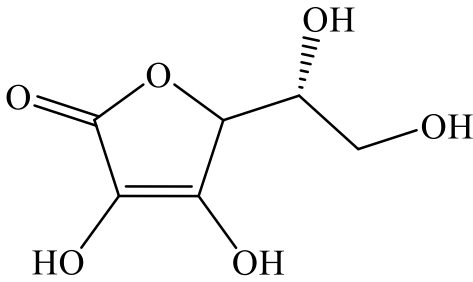
B₆ vitamini şu benzer kimyasal bileşiklerde bulunur: piridoksal, piridoksal ve piridoksin. B₆ vitamininin metabolik olarak aktif formu piridoksal fosfat olarak adlandırılır. Bu form, bir dizi farklı enzim için bir koenzimdir. B₆ vitamini belirli yiyeceklerde bulunur ve ayrıca laboratuvarında sentezlenir. Tahıllarda, baklagillerde ve yumurtalarda bulunur ve genellikle takviyelerde diğer B vitaminleriyle birlikte kullanılır. Vücuttaki şekerlerin, yağların ve proteinlerin düzgün çalışması için gereklidir. Ayrıca beynin, sinirlerin, cildin ve vücudun diğer birçok bölümünün gelişimi için de önemlidir. B₆ vitamini ayrıca kalp hastalıkları, adet öncesi sendromu,



depresyon, sabah bulantıları, Alzheimer hastalığı, adet krampları, diyabet ve daha birçok rahatsızlığın tedavisinde de kullanılır.

C Vitamini

C vitamini veya L-askorbik asit, vücudumuzda sentezlenmeyen bir mikro besindir, bu nedenle besin veya çeşitli takviyeler yoluyla alınmalıdır. Portakal, biber, kuşburnu, elma, kuş üzümü, lahana, kivi vb. gibi birçok besinde bulunur. Yapısında değişiklik olmaksızın, besinlerde bulunduğu formda biyolojik olarak aktif bir vitamindir.



İki C atomu arasında –OH grubu bulunan çift bağ bulunması nedeniyle C vitamini kararsızdır ve kolayca oksitlenerek dehidroaskorbik aside dönüşür. C vitamini bir antioksidandır, yani oksitleyici maddelerle reaksiyona girerek oksidasyon reaksiyonunu önleyen bir maddedir. Antioksidanlar özellikle önemlidir çünkü metabolizmada yan ürün olarak oluşan oksidanları bağlarlar. C vitamininin önemli bir işlevi, kolajen ve steroid hormonlarının sentezi sırasında hidroksilasyon

reaksiyonunda proton bağışlama yeteneğidir ve ayrıca demirin emilimini kolaylaştırır. C vitamini eksikliği, kılcal damarlarda hasar, diş etlerinin iltihabı vb. ile kendini gösteren iskorbüt hastalığına neden olur.

ÖZET

Provitaminler, vücutta bazı vitaminlerin sentezlenebildiği maddelerdir.

Mikronutrientler, vücudun çok sayıda işlev için ancak az miktarda (iz miktarda) ihtiyaç duyduğu vitaminlerdir.

Koenzimler, enzimlerin katalitik etkisine yardımcı olan veya bunu mümkün kılan prostetik gruplardır.

Hipovitaminoz, yeterli miktarda vitaminin uzun süreli yetersiz alımından kaynaklanan durumdur.

Avitaminoz, belirli bir vitaminin yetersiz alımından kaynaklanan bir durumdur.

Poliavitaminoz, birkaç vitaminin yetersiz alımından kaynaklanan bir durumdur.

Hipervitaminoz, vücutta bazı vitaminlerin aşırı alımından kaynaklanan bir durumdur.

Liposolubil vitaminler, yağlarda çözünen vitaminlerdir.

Hidrosolubil vitaminler, suda çözünen vitaminlerdir.

A vitamini yağda çözünen bir vitamindir; vücuda beslenme yoluyla alınır, ancak besint yoluyla alınan β - karoten 'den de sentezlenebilir.

D vitamini, kolekalsiferol (D_3) ve ergokalsiferol (D_2) olmak üzere iki formda bulunan bir steroid hormondur.

E vitamini, tokoferoller adı verilen yapısal olarak benzer bileşiklerin bir karışımıdır ve bunların arasında en aktif olanı α -tokoferoldür.

K vitamini, K_1 , K_2 ve K_3 olmak üzere üç formda bulunan yağda çözünen bir vitamindir. Tüm formlar arasında K_1 vitamini gıdalarda en bol bulunanıdır ve çoğunlukla bitkilerde bulunur.

B₁ vitamini veya tiamin, dekarboksilasyon reaksiyonlarında bir koenzimdir ve ayrıca karbonhidrat metabolizmasında rol oynayan önemli bir maddedir.

B₂ vitamini veya riboflavin, bir prostetik gruptur, yani protein metabolizmasına katılan enzimlerin bir parçası olan bir koenzimdir.

B₆ vitamini, suda çözünen bir vitamindir ve şu kimyasal olarak benzer bileşiklerde bulunur: piridoksal, piridoksal ve piridoksin.

C vitamini veya L-askorbik asit vücudumuzda sentezlenemeyen bir mikro besin maddesidir, bu nedenle mutlaka diyetle veya çeşitli takviyelerle alınması gerekir.

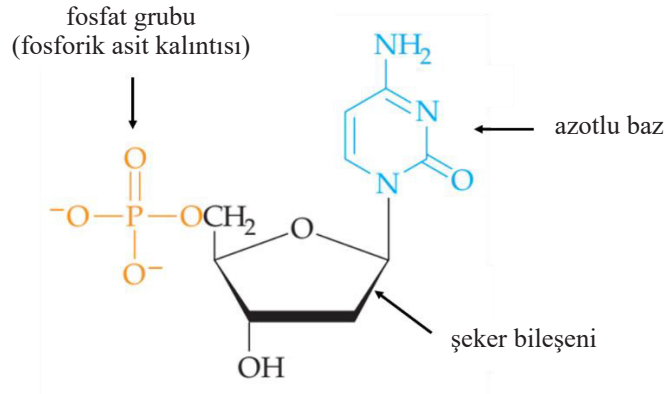
SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Vitaminlere neden mikronutrient denir? Laboratuvarı, bitkilerde veya insan vücudunda mı sentezlenirler? Açıklayınız.
- 2) Provitaminler nelerdir? Tüm vitaminler için provitaminler var mıdır?
- 3) Tüm vitaminlerin koenzim rolü var mıdır?
- 4) Vitaminler çözünürlüğe göre nasıl ayrılır?
- 5) Hangi vitaminler yağda çözünen vitaminler grubuna aittir?
- 6) Hangi vitamin söz konusudur?
 - a) tiamin;
 - b) askorbik asit;
 - c) ergokalsiferol;
 - d) piridoksin;
 - e) α -tokoferol.
- 7) Hangi vitamin yeterli miktarda tüketilmediğinde gece körlüğüne veya gece körlüğüne neden olur?
- 8) C vitamininin antioksidan aktivitesi neye bağlıdır?
- 9) C vitamini eksikliği nasıl ortaya çıkar?
- 10) Hangi vitamin vücutta kalsiyumun düzgün emiliminden sorumludur?
- 11) K vitamini hangi formlarda bulunur ve işlevi nedir?
- 12) D vitamini eksikliğine ne sebep olabilir?

1.20. DNA ve RNA'nın Yapısı

Bir tohum ne tür bir bitki olacağını nasıl bilir? Döllenmiş bir yumurta bir insana nasıl dönüşeceğini nasıl bilir? Ve bu döllenmiş yumurta gelişmekte olan bir embriyoya dönüşürken, bir parmağın, bir karaciğerin veya bir kalbin parçası olacak hücreyi nasıl bilir? Tüm canlı organizmalar hakkındaki bu ve diğer birçok temel sorunun yanıtları nükleik asitler olarak bilinen biyolojik moleküllerde bulunur. Nükleik asitler, vücudumuzdaki hücrelerin çekirdeklerinde bulunan, bilgiyi depolayan ve büyüme ve üreme aktivitelerini yönlendiren büyük moleküllerdir. Aslında, nükleik asitler bir organizmanın doğasını belirleyen genetik bilgisinin taşıyıcılarıdır. Bir hücre aktif olarak bölünmediğinde, çekirdeği aslında deoksiribonükleik asit olan kromatinle doldurulur ve hücre bölünmesi sırasında kromatin daha da kompakt hale gelir ve kendini kromozomlara organize eder. Deoksiribonükleik asit, gen ifadesinden sorumlu proteinleri sentezlemek için hücrede kullanılan genetik kodları içerir.

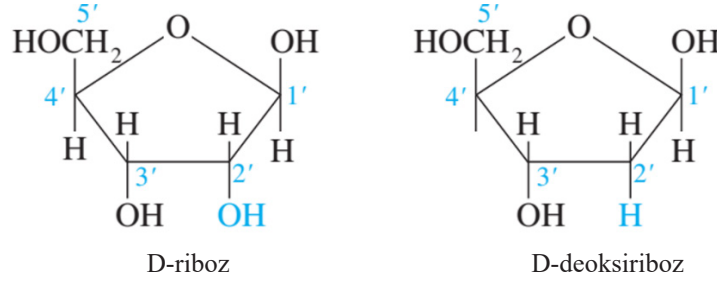
Diğer biyobileşikler (proteinler ve karbonhidratlar) gibi nükleik asitler de polimerlerdir. Proteinler polipeptitlerdir, karbonhidratlar polisakkaritlerdir ve nükleik asitler polinükleotitlerdir. Her nükleotit üç parçadan oluşur: **şeker bileşeni** olarak adlandırılan beş üyeli döngüsel monosakkarit, **azotlu baz** olarak bilinen döngüsel azot içeren bileşik ve fosforik asit kalıntısı olan bir **fosfat grubu** ($-OPO_3^{2-}$).



Nükleotidi oluşturan şeker bileşenine bağlı olarak iki tip nükleik asit vardır:

- ① Deoksiribonükleik asitler (DNA);
- ② Ribonükleik asitler (RNA).

DNA, D-deoksiriboz monosakkaritinden oluşur, RNA ise, çok sayıda D-riboz monosakkarit molekülünden oluşan bir polimerdir. DNA ve RNA nükleik asitlerinin adlandırmaları, uluslararası isimlendirme kurallarına uygundur. Monosakkaritler D-riboz ve D-deoksiribozun döngüsel hemiasetal formları aşağıdaki formüllerle gösterilmiştir:

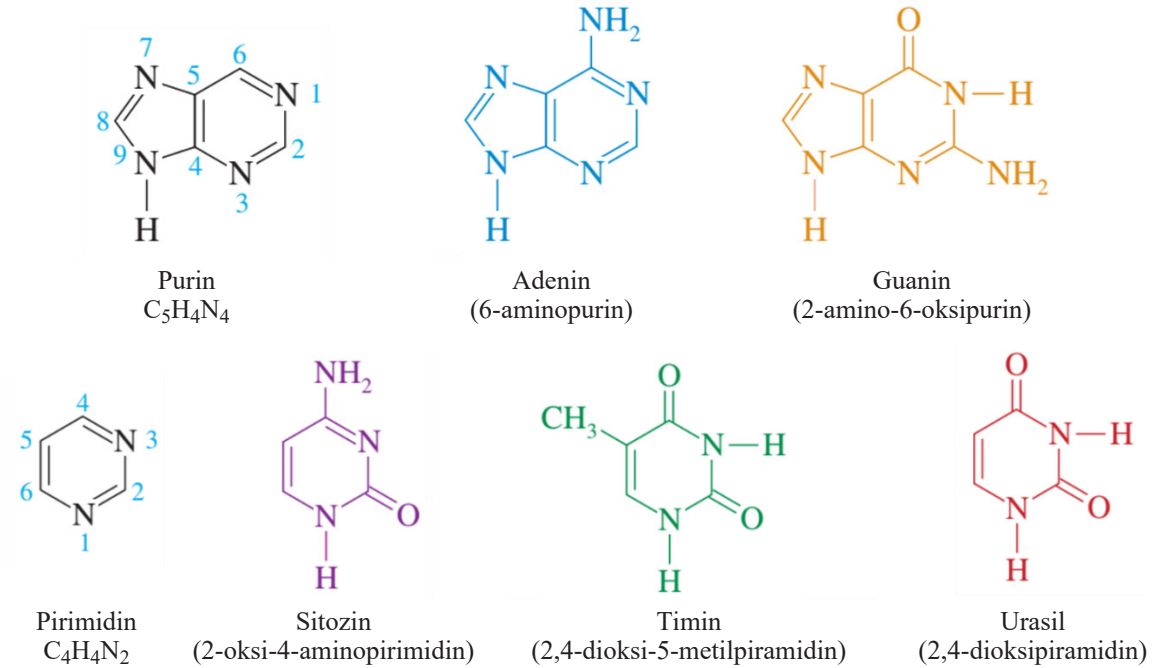


Riboz ve deoksiriboz, döngüsel bir furanoz formunda bulunur ve aralarındaki tek fark, ribozun bir –OH grubu içerdiği ikinci C atomu, deoksiribozun ise bir hidrojen atomu içermesidir. Deoksiribozda kullanılan *-deoksi* öneki “oksijensiz” anlamına gelir. Monosakkaritlerdeki karbon atomları, onları yalnızca bir sayı ile gösterilen azotlu bazın C atomlarından ayırmak için bir sayı ve asal işareti (1', 2', 3', 4' ve 5') ile gösterilir.

Nükleik asitler, şeker bileşenleri yanı sıra, içerdikleri organik azotlu bazlarla da ayırt edilirler. Azotlu bazlar, heterodöngüsel aminlerdir, yani bileşimlerinde en az bir azot atomu içeren döngüsel bileşiklerdir. DNA ve RNA polimerlerinde bulunan iki tür azotlu baz vardır:

- ① Purin bazları;
- ② Pirimidin bazları.

Purin türevleri olan azotlu bazlar, azot içeren iki kaynaşmış heterodöngüsel halka içerir. Purin bazları adenin ve guanindir. Pirimidin türevleri olan bazlar, azot içeren yalnızca bir heterodöngüsel halkaya sahiptir. Pirimidin bazları sitozin, timin ve urasildir.

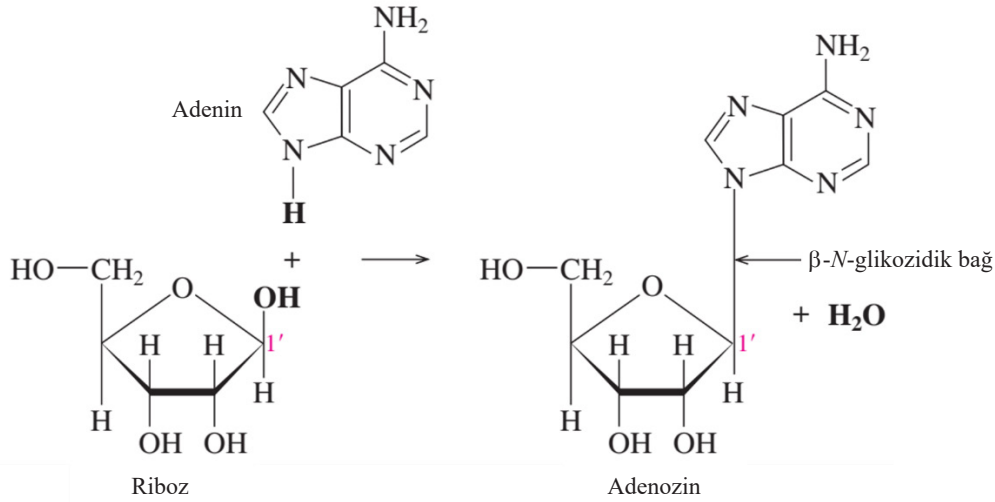


Timin bazı sadece DNA moleküllerinde bulunur, urasil RNA moleküllerinin bir parçasıdır, adenin, guanin ve sitozin ise her iki nükleik asitte, DNA ve RNA'da bulunur.

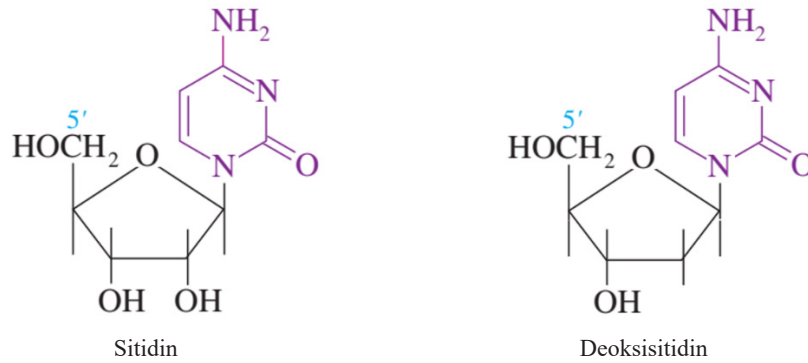
Bir şeker bileşeninden (riboz veya deoksiriboz) ve azotlu organik azot bazlarından birinden oluşan bir moleküle **nükleozit** denir.

ŞEKER BİLEŞENİ + BAZ = NÜKLEOZİT

Adenozin olarak bilinen nükleozit, monosakkarit D-riboz ve adenin bazından oluşur, deoksiadenozin ise D-deoksiribozdan oluşur ve oluşan nükleozit deoksiadenozin olarak adlandırılır.



Azotlu baz ile monosakkarit arasındaki bağ, organik bazın azot atomlarından biri ile monosakkaritin C atomu arasında oluşur. Bu bağa **β-N-glikozidik bağ** denir ve şeker bileşeninin 1 olarak işaretlenen C atomu ile pirimidin bazının 9 olarak işaretlenen azot atomu veya purin bazının 1 olarak işaretlenen azot atomu arasında oluşur. Sitidin ve deoksisitidin nükleozitlerinin molekülleri aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Nükleozitler, oluştukları purin bazlarının baz ismine *-ozin* eki, pirimidin bazlarının baz ismine *-idin* eki eklenerek adlandırılır. Örneğin, adenin bazından adenozin nükleoziti oluşur. Nükleozit, monosakkarit riboz içerdiğinde, isimlendirilmesinde önek kullanılmaz ve deoksiribozdan oluştuğunda, *-deoksi* öneki kullanılır.

RNA'yı oluşturan nükleozidler adenosin, guanosin, sitidin ve üridin olarak adlandırılır, DNA'daki nükleozidler ise deoksiadenosin, deoksiguanosin, deoksisitidin, deoksitimidin ve deoksiüridin olarak adlandırılır.

Nükleozidlerin fosforik asidin bir fosfat grubuna bağlandığında, **nükleotid** adı verilen daha büyük moleküller oluşur.

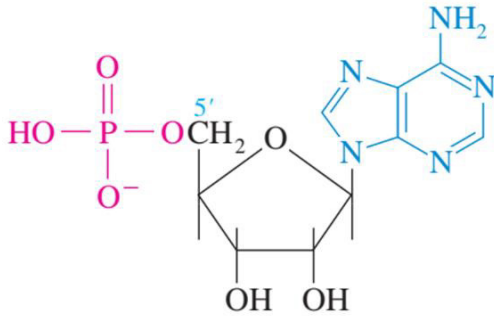


Nükleotidler, şeker bileşenine bağlı olarak şu şekilde ayrılan fosfat esterleridir:

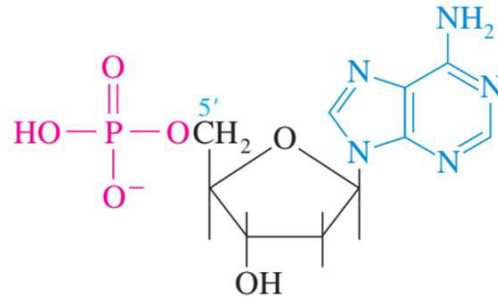
- ① Ribonükleotidler;
- ② Deoksiribonükleotidler.

Ribonükleotidlerdeki şeker bileşeni monosakkarit ribozdur, monosakkarit deoksiriboz içeren nükleotidlere ise deoksiribonükleotidler denir.

Şeker bileşeni ile fosfat grubu arasında oluşan kovalent bağ, şeker bileşeninin 5'-OH grubu ile fosforik asidin bir 5'-OH grubu arasındaki yoğunlaşma reaksiyonuyla oluşan **fosfodiester bağıdır**. Her nükleotid, bir nükleozidin 5'-monofosfat esteridir. Diğer 5'-OH gruplarına sahip monosakkaritler esterler oluşturabilir, ancak 5'-fosfat esterleri DNA ve RNA'da bulunur. Bu nedenle, bir nükleotidi adlandırırken, 5'-monofosfat nükleozidin ismine eklenir.



Adenosin-5'-monofosfat

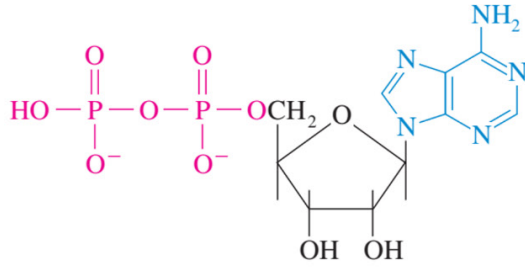


Deoksadenosin-5'-monofosfat

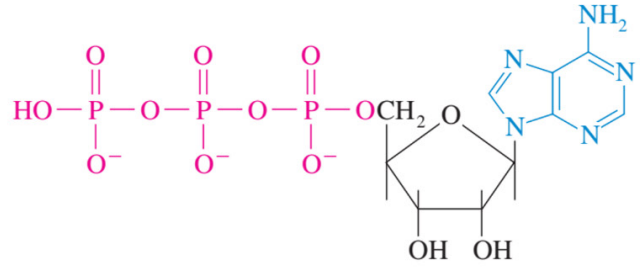
Nükleotidler, fosfat gruplarının sayısına bağlı olarak şunlar olabilir:

- monofosfatlar;
- difosfatlar;
- trifosfatlar.

Nükleotidlerden herhangi birine bir fosfat grubu eklendiğinde, difosfat esterleri veya trifosfat esterleri oluşur. Adenosin monofosfat (AMP), iki fosfat grubu içeren adenosin difosfata (ADP) ve üç fosfat grubu içeren adenosin trifosfata (ATP) dönüştürülebilir.



Adenozin-5'-difosfat, ADP

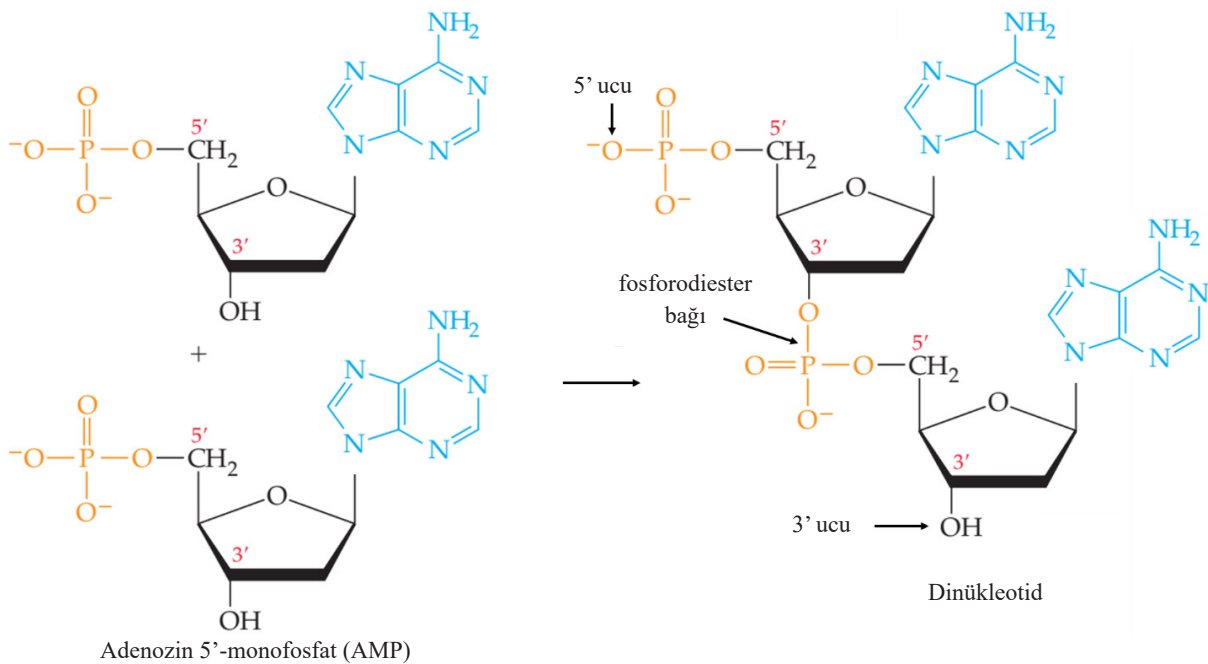


Adenozin-5'-trifosfatö ATP

Tablo 3. DNA ve RNA'yı oluşturan bazların, nükleozitlerin ve nükleotitlerin adlandırılması ve işaretlenmesi

baz	nükleozid	nükleotid
DNA		
Adenin (A)	deoksiadenozin	deoksiadenozin-5'-monofosfat (dAMP)
Guanin (G)	deoksiguanozin	deoksiguanozin-5'-monofosfat (dGMP)
Sitozin (C)	deoksisitidin	deoksisitidin-5'-monofosfat (dCMP)
Timin (T)	deoksitimidin	deoksitimidin-5'-monofosfat (dTMP)
RNA		
Adenin (A)	adenozin	adenozin-5'-monofosfat (AMP)
Guanin (G)	guanozin	guanozin-5'-monofosfat (GMP)
Sitozin (C)	sitidin	sitidin-5'-monofosfat (CMP)
Urasil (U)	uridin	uridin-5'-monofosfat (UMP)

Nükleotidler birbirine aşağıdaki şekilde bağlanır:



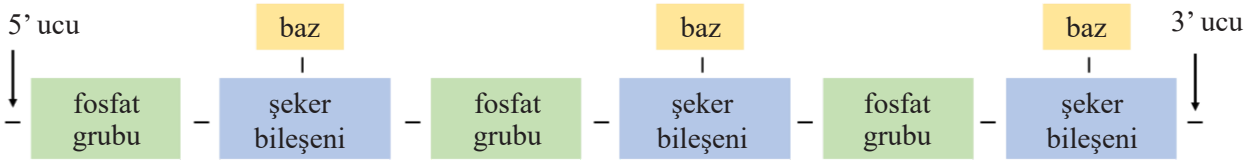
Nükleotidler, DNA ve RNA polimerlerini oluşturan monomerlerdir ve şunlar olabilir:

- ① Mononükleotidler (bir nükleotidden oluşur);
- ② Dinükleotidler (iki nükleotidden oluşur);
- ③ Trinükleotidler (üç nükleotidden oluşur);
- ④ Polinükleotidler (fazla nükleotidden oluşur);

Nükleotidler, bir nükleotidin şeker bileşeninin C3' atomundaki –OH grubu ile diğer nükleotidin C5' atomundaki fosfat grubu arasındaki bir fosfodiester bağı ile bağlanır. Nükleotid zincirinin bir ucunda (5' ucu) C5' atomunda serbest bir fosfat grubu ve diğer ucunda (3' ucu) serbest bir –OH grubu bulunur.

Bir fosfodiester bağı ile birbirine bağlanan birden fazla nükleotidden oluşan polinükleotidlere nükleik asitler denir.

Nükleik asitlerin yapısı ve işlevi, nükleotidlerin bağlandığı zincirin dizisine bağlıdır, tıpkı proteinlerin yapı ve işlevinin amino asit dizisine bağlı olduğu gibi.



Polinükleotidlerde, 5' ucu olarak adlandırılan bir uca fosfat grubu, monosakkaritteki 3 sayısı ile işaretlenen C atomunun diğer ucunda ise –OH grubu bulunur, zincirin bu ucu 3' ucu olarak işaretlenir. Nükleotidler, 3',5'-fosfodiester bağı ile birbirine bağlanır ve polinükleotid zincirindeki nükleotid dizisi 5' ucundan başlayarak belirlenir. Polipeptit zincirindeki azotlu bazların adlarını belirtmek için kısaltmalar kullanılır, çoğunlukla tek harfli bir kısaltma kullanılır. A adenin, G guanin, C sitozin, T timin ve U urasil içindir.

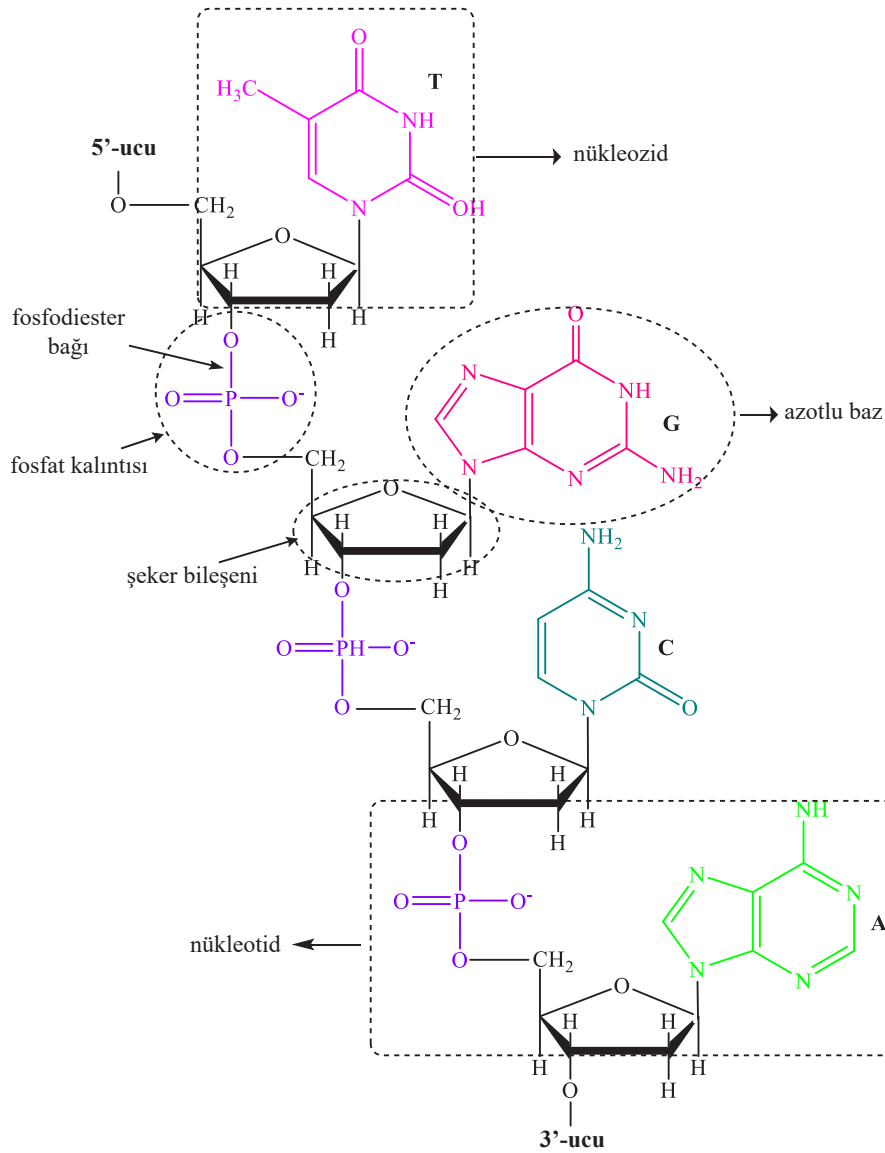
ALİŞTIRMALAR	DNA molekülünün bir parçasının çizimi ve nükleozit, nükleotit, şeker bileşeni, organik bazlar, fosfat kalıntıları ve fosfodiester bağlarının işaretlenmesi.
Ödev 27	DNA molekülünün gösterildiği polinükleotid dizisinin parçasındaki nükleozid, nükleotid, şeker bileşeni, organik bazlar, fosfat kalıntıları ve fosfodiester bağlarını işaretleyin.

ÇÖZÜM:

DNA'nın polinükleotid dizisinin bir parçası aşağıda gösterilmiştir. Formülden, polinükleotid dizisinin parçasının dört mononükleotid birimine sahip olduğu görülebilir. Mononükleotid birimlerinin her birinde, azotlu bazlar büyük harfle gösterilir. Bazların tanımlarından ve formüllerinden, bunların urasil (U), guanin (G), sitozin (C) ve adenin (A) olduğu sonucuna varılabilir.

Parça, şeker bileşeni ve azotlu bazdan oluşan nükleozidi, fosfat grubu, azotlu baz ve şeker bileşeninden oluşan bir fosfat esteri olan nükleotidi ve DNA'nın yapısına giren şeker

bileşenini (deoksiriboz) gösterir. Ayrıca, nükleotidlerin bileşimine giren fosfat kalıntıları ve mononükleotidlerin birbirine bağlandığı fosfodiester bağları da gösterilmiştir.



Ödev 28

RNA'da DNA ile karşılaştırıldığında nükleozit ve nükleotit, fosfat grubu ve fosfodiester bağı arasında fark olacak mıdır?

1.21. DNA ve RNA'nın Yapısı, Özellikleri ve Rolü

DNA ve RNA nükleik asitleri, çok yüksek bağıl moleküler kütleye sahip dallanmamış polimerlerdir. Onlar nükleotid adı verilen monomerlerin 3',5'-fosfodiester bağlarıyla birbirine bağlandığı polinükleotid zincirlerinden oluşurlar. Bu arada, şeker bileşeni ve fosfat grubu ana zincirde bulunurlar, bazlar ise zincirin dışındadır. DNA'nın yapısına adenin (A), guanin (G), sitozin (C) ve timin (T) bazları katılırken, RNA, DNA ile aynı bazları içerir, ancak timin yerine urasil (U) bazı RNA'nın yapısına girer. DNA molekülü birkaç milyon nükleotid içerir, RNA molekülü ise daha küçüktür ve birkaç bin nükleotid içerir.

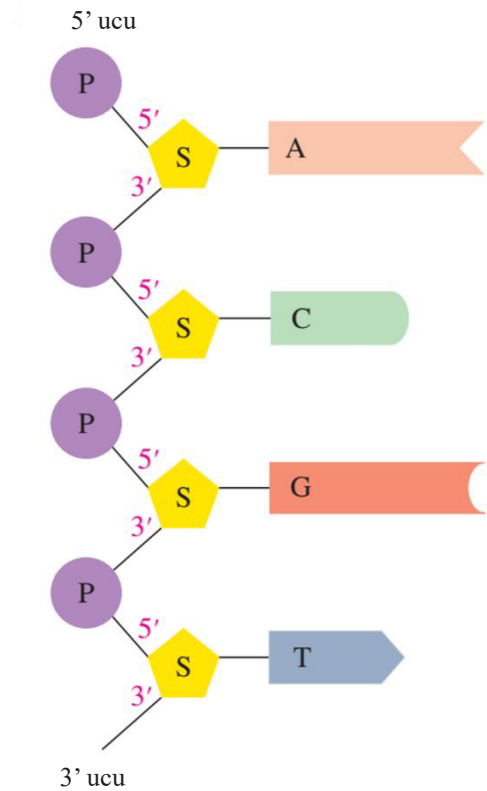
Tablo 4 . DNA ve RNA'nın bileşenleri

Bileşen	DNA	RNA
Azotlu bazlar	A, G, C ve T	A, G, C ve U
Seker bileşeni	deoksiriboz	riboz
Nükleozid	baz + deoksiriboz	baz + riboz
Nükleotid	baz + deoksiriboz + fosfat grubu	baz + riboz + fosfat grubu
Nükleik asit	deoksiriboz nükleotidlerinin polimeri	riboz nükleotidlerinin polimeri

Her nükleik asitin, nükleik asidin birincil yapısı olarak bilinen kendi baz dizisi vardır. Genetik bilgiyi bir hücreden diğerine taşıyan bu baz dizisidir. DNA veya RNA zincirinin uzunluğu boyunca, bazlar şeker bileşenine bağlıdır ve nükleik asidin temel dizisinin dışındadır. Her iki nükleik asitte, şeker bileşeninin bir ucunda (5' ucu) serbest bir fosfat grubu ve diğer ucunda (3' ucu) serbest bir hidroksil grubu bulunur. Bir polinükleotid dizisinin dizisini belirlemek için, 5' ucundan başlanır ve 3' ucunda bitirilir. Nükleotidlerin sırası genellikle yapılarını oluşturan bazlarla belirtilir.

Örneğin, 5' ucu – A – C – G – T – 3' ucu.

RNA'nın birincil yapısı, urasil bazının timin bazının yerini almasıyla DNA'ya benzer şekilde şematik olarak gösterilebilir.

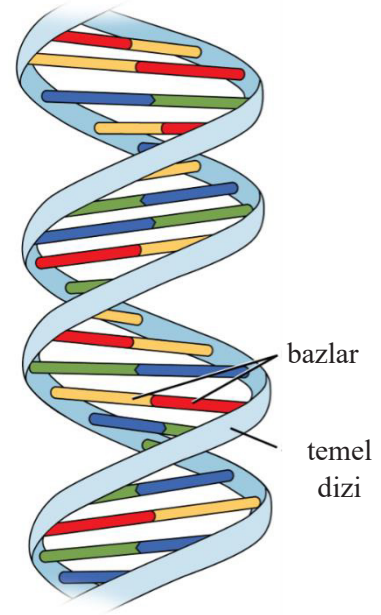
**Şekil 1.13.** DNA'nın birincil yapısı

DNA'nın yapısını inceleyen bilim insanları, adenin (A) miktarının timin (T) miktarına eşit olduğunu, guanin (G) miktarının ise sitozin (C) miktarına eşit olduğunu fark etmişler. Bu sırada, adeninin her zaman timinle (1: 1) ve guaninin sitozinle (1: 1) eşleştiğini fark etmişlerdir.

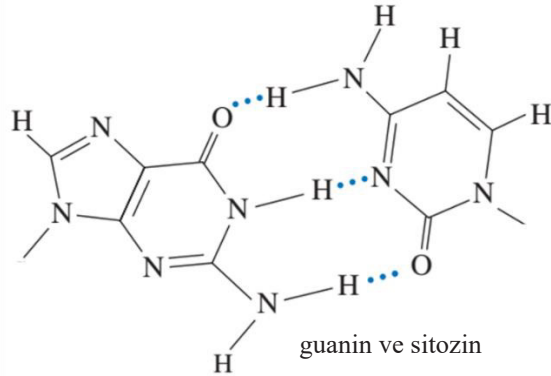
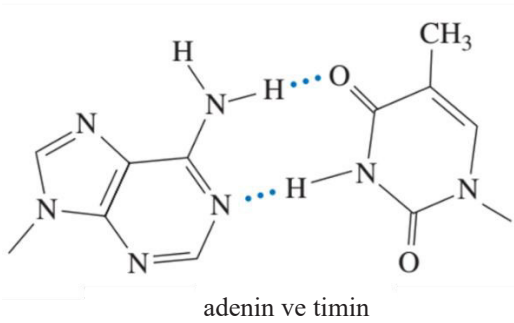
DNA yapısında, purin baz moleküllerinin sayısı pirimidin baz moleküllerinin sayısına eşittir. DNA molekülü, Şekil 1.14'te gösterildiği gibi, iki polideoksiribonükleotid dizisinden oluşan çift sarmal (α -heliks) yapıya sahiptir. DNA'nın bu yapısına **ikincil yapı** denir.

DNA'nın **üçüncül yapısı**, alanda kapladığı üç boyutlu yapıdır. DNA'nın çift sarmalı, iki zincirin birbirinin etrafına sarılacağı şekilde alanda düzenlenebilir.

Fosfat grupları içeren şeker bileşenleri dış sütunlara benzer ve içinde azotlu bazların merdiven gibi düzenlenmiştir. İki polinükleotid dizi, biri 5' ucundan başlayıp 3' ucunda biten, diğeri ise 3' ucundan başlayıp 5' ucunda biten zıt uçlarla (antiparalel diziler) düzenlenmiştir. Bir polinükleotid dizisinden her bir baz, diğer polinükleotid dizisinin bazlarıyla hidrojen bağları oluşturur. Bazlar arasındaki hidrojen bağları DNA'nın yapısını sabitler. Bu arada, purin bazları pirimidin bazlarıyla hidrojen bağları oluşturur. Adenin timinle, guanin sitozinle hidrojen bağları oluşturur. A - T ve G - C çiftlerine **tamamlayıcı baz** çiftleri denir. Böyle bir bağlanma, adenin ve timinin iki hidrojen bağı, guanin ve sitozinin ise üç hidrojen bağı oluşturmasının bir sonucudur. Bu nedenle, DNA'da eşit miktarda adenin/timin ve guanin/sitozin bulunur.



Şekil 1.14. DNA – çift heliks



Bu şekilde birbirine bağlanan DNA zincirlerine **tamamlayıcı zincirler** denir.

Tamamlayıcı zincirlerin önemli bir özelliği, **çoğalabilme** yetenekleridir. Yani, hayvan ve bitki hücrelerinde ve bakterilerde DNA'nın işlevi genetik bilgiyi depolamaktır. Hücreler bölündükçe, genetik bilgiyi yeni hücelere aktaran DNA kopyaları yapılır. DNA çoğalması sırasında, ana DNA'daki zincirler ayrılır ve böylece tamamlayıcı DNA zincirleri sentezlenebilir.

*Bir hücredeki genetik bilgi toplamına **genom** denir.* Bir hücre bölündüğünde, genomdaki bilgi kopyalanır ve yeni hücelere aktarılır. Bu çoğaltma işlemi genetik bilgiyi doğru bir şekilde kopyalar. DNA'da *bulunan bilgiye **gen** denir* ve bu arada tek bir DNA zincirinde birden fazla gen olabilir. Genler çok sayıda nükleotitten oluşur. Bir hücrenin bir proteine

ihtiyacı olduğunda, RNA DNA'dan gelen genetik bilgiyi yorumlar ve bilgiyi protein sentezinin gerçekleştiği ribozomlara taşır. Bilginin aktarılmasındaki hatalar bazen belirli bir proteinin sentezini etkileyen mutasyonlara yol açar.

ALİŞTIRMALAR	Tamamlayıcı DNA dizisinin karşılık gelen parçasındaki belirli bir nükleotid dizisine dayanarak, bir DNA dizisi parçasındaki nükleotid dizisinin belirlenmesi.
Ödev 29	Aşağıdaki DNA parçası için tamamlayıcı baz dizisini yazınız –A – C – G – A –T –C – G –

ÇÖZÜM:

A – T ve G – C çiftlerinin tamamlayıcı bazlar olduğunu göz önüne alırsak, bu tamamlayıcı DNA dizisindeki adenin yerine bazın timin olacağı ve bunun tersi anlamına gelir. Tamamlayıcı DNA dizisindeki guanin yerine bazın sitozin olacağı ve bunun tersi geçerlidir.

Buna göre, verilen DNA dizisi için tamamlayıcı dizi şu şekilde olacaktır:

–T – G – C – T –A –G – C –

Temel dizi: –A – C – G – A –T –C – G –

Tamamlayıcı dizi: –T – G – C – T –A –G – C –

Ödev 30	Aşağıdaki DNA segmenti için tamamlayıcı baz dizisini yazınız –G – G – T – T –A –A – C – C –
---------	--

DNA polimerdir ve bu nedenle yüksek moleküllü bileşiklerin karakteristik özelliklere sahiptir. Asit ve bazların sulu çözeltilerinde çözünür ve **viskoz çözeltiler** oluşturur. Nükleik asitlerin bir parçası olan monosakkaritler kiral C atomlarına sahip olduğundan ve optik olarak aktif olduğundan, bu, DNA çözeltilerinin düzlemsel polarize ışık düzlemini belirli bir açıyla döndürdüğü anlamına gelir.

70°C'den yüksek sıcaklıklar, pH'ta büyük bir değişiklik gibi çeşitli dış koşulların etkisi altında, **DNA denatürasyonu** meydana gelir, yani polinükleotid dizileri özelliklerini kaybeder. Dış koşullar daha ılımlıysa, sadece bazlar arasındaki hidrojen bağları kırılır, ancak dizideki kovalent bağlar kırılmaz. Böyle bir durumda, **DNA renatürasyonu** meydana gelebilir.

Tamamlayıcı bir baz dizisine sahip iki nükleik asidin polinükleotid dizilerinin açılması durumunda, farklı nükleik asitlerin dizileri bağlanabilir ve yeni bir nükleik asit oluşabilir. Bu işleme **hibridizasyon** denir ve bu işlemde **hibrit nükleik asit** oluşur.

Hücre çekirdeğinde bulunan DNA'ya **nükleer DNA** denir. Çekirdekte proteinlere (histonlara) bağlıdır ve kromozomlarda bulunur. Sitoplazmada bulunan DNA'ya **sitoplazmik DNA**, mitokondride bulunan DNA'ya **ise mitokondriyal DNA** denir.

Ribonükleik asit RNA, hücredeki nükleik asitlerin çoğunluğunu oluşturur. Hücrenin işlev görmesi için gerekli genetik bilginin iletilmesinde rol oynar. DNA moleküllerine benzer şekilde, RNA molekülleri nükleotidlerden oluşan polimerlerdir.

Hücrelerde üç ana RNA türü vardır: **haberci RNA (mRNA)**, **ribozomal RNA (rRNA)** ve **transfer RNA (tRNA)**. Ribozomal RNA en yaygın RNA türüdür ve ribozomlardaki proteinlerle birleşmiştir. Haberci RNA, hücrenin çekirdeğinde bulunan DNA'dan sitoplazmadaki ribozomlara genetik bilgi taşır. DNA'nın her genetik segmenti, hücrede ihtiyaç duyulan belirli bir protein için belirli bir mRNA üretir. mRNA'nın büyüklüğü, belirli bir gendeki nükleotit sayısına bağlıdır. Transfer RNA, diğer RNA moleküllerine kıyasla en küçük moleküldür. mRNA'daki genetik bilgiyi yorumlar ve protein sentezi için belirli amino asitleri ribozomlara taşır. Proteinleri oluşturan yirmi amino asidin her biri için birden fazla tRNA olabilir. Farklı tRNA moleküllerinin yapısı benzerdir ve 70 ila 90 nükleotitten oluşur.

ALİŞTIRMALAR DNA'nın yapısının RNA'nın yapısıyla karşılaştırılması.

Ödev 31 DNA ve RNA'nın yapısı arasındaki fark nedir?

ÇÖZÜM:

RNA ve DNA, nükleik asitler grubuna ait polimer moleküllerdir.

Yapılarında bulunan en önemli farklar şunlardır:

1. RNA'daki şeker bileşeni, DNA'daki deoksiriboz yerine ribozdur.
2. RNA, timin (T) yerine urasil (U) bazını içerir.
3. RNA molekülleri, DNA'daki gibi iki polinükleotid zincirinden değil, tek bir polinükleotid zincirinden oluşur.
4. RNA molekülleri, DNA moleküllerinden çok daha küçüktür. DNA'daki gibi birkaç milyon değil, birkaç bin nükleotidden oluşurlar.

Ödev 32 Yapıdaki farklılıklar DNA ve RNA'nın özelliklerindeki farklılıklara etkisi var mıdır? Açıklayınız.

ÖZET

Nükleik asitler polinükleotid adı verilen polimerlerdir.

Her nükleotid üç parçadan oluşur: **şeker bileşeni** adı verilen beş üyeli döngüsel monosakkarit, **azotlu baz** olarak bilinen döngüsel azot içeren bileşik ve fosforik asit kalıntısı olan **fosfat grubu** ($-OPO_3^{2-}$).

DNA, D-deoksiriboz monosakkaritinden oluşan bir nükleik asittir.

RNA, D-riboz monosakkaritinden oluşan bir nükleik asittir.

Azotlu bazlar, yapılarında en az bir azot atomu içeren döngüsel bileşikler olan heterodöngüsel aminlerdir.

Purin bazları, azot içeren iki kaynaşmış heterodöngüsel halka içeren purin türevleri olan azotlu bazlardır. Purin bazları adenin ve guanindir.

Pirimidin bazları, pirimidin türevleri olan bazlardır, azot içeren yalnızca bir heterodöngüsel halkaya sahiptirler. Pirimidin bazları sitozin, timin ve urasildir.

Nükleozid, şeker bileşeninden (riboz veya deoksiriboz) ve azotlu organik azotlu bazlardan birinden oluşan bir moleküldür.

β -N-glikozidik bağ, azotlu baz ile bir monosakkarit arasında, organik bazın azot atomlarından biri ile monosakkaritin C atomu arasında oluşan bir bağıdır.

Nükleotidler, nükleozidler fosforik asidin bir fosfat grubuna bağlandığında oluşan fosfat esterleridir.

Ribonükleotidler, şeker bileşeni olarak monosakkarit riboz içeren nükleotidlerdir.

Deoksiribonükleotidler, şeker bileşeni olarak monosakkarit deoksiriboz içeren nükleotidlerdir.

Fosfodiester bağı, şeker bileşeni ile fosfat grubu arasında oluşan kovalent bağıdır.

Mononükleotidler bir nükleotidden oluşur.

Dinükleotidler iki nükleotidden oluşur.

Trinükleotidler üç nükleotidden oluşur.

Polinükleotidler birden fazla nükleotidden oluşur.

Nükleik asitler, bir fosfodiester bağıyla birbirine bağlanmış birden fazla nükleotidden oluşan polinükleotidlerdir.

Nükleik asidin **birincil yapısı** aslında baz dizisidir.

DNA molekülünün **ikincil yapısı** iki polideoksiribonükleotidin bir araya gelmesiyle oluşan çift sarmal (α -heliks) yapısından oluşur.

DNA'nın **üçüncül yapısı**, alanda kapladığı üç boyutlu yapıdır.

Tamamlayıcı bazlar, pirimidin bazlarıyla hidrojen bağları oluşturan purin bazlarıdır.

DNA replikasyonu, ana DNA'daki zincirlerin ayrıldığı ve böylece tamamlayıcı DNA zincirlerinin sentezlenebildiği bir işlemdir.

Genom, bir hücredeki genetik bilginin toplamıdır.

Genler, DNA'da bulunan bilgilerdir.

DNA denatürasyonu, 70°C'nin üzerindeki sıcaklıklar veya pH'da büyük değişiklikler gibi çeşitli dış koşulların etkisi altında meydana gelir ve polinükleotid dizilerinin özelliklerini kaybetmesine neden olur.

DNA renatürasyonu, dış koşullar daha ılımlıysa meydana gelir; bu durumda yalnızca bazlar arasındaki hidrojen bağları kopar, ancak iplikteki kovalent bağlar kopmaz.

Nükleer DNA, hücre çekirdeğinde bulunan DNA'dır. Çekirdekte proteinlere (histonlara) bağlıdır ve kromozomlarda bulunur.

Sitoplazmik DNA, sitoplazmada bulunan DNA'dır.

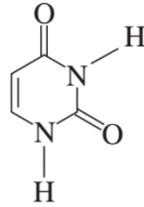
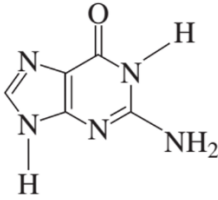
Mitokondriyal DNA, mitokondride bulunan DNA'dır.

Ribozomal RNA (rRNA), en bol bulunan RNA türüdür ve ribozomlardaki proteinlerle birleşmiştir. **Haberci RNA (mRNA)**, hücre çekirdeğinde bulunan DNA'dan sitoplazmadaki ribozomlara genetik bilgi taşır.

Transfer RNA (tRNA), diğer RNA moleküllerine kıyasla en küçük moleküldür. mRNA'daki genetik bilgiyi yorumlar ve protein sentezi için belirli amino asitleri ribozomlara taşır.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Hangi bazlara purin bazları denir ve isimleri nereden gelir?
- 2) Hangi bazlara pirimidin bazları denir ve purin bazlarından farkları nedir?
- 3) Bir nükleozit hangi bileşenlerden oluşur ve bir nükleotid nelerden oluşur?
- 4) Bir nükleotiddeki şeker bileşenine hangi gruplar bağlıdır?
- 5) Nükleotidler fosfat grubu sayısına göre nasıl sınıflandırılır?
- 6) β -N-glikozidik bağ nasıl oluşur ve fosfodiester bağı nasıl oluşur?
- 7) DNA hangi şeker bileşenini içerir ve RNA hangisini içerir? Aralarındaki fark nedir?
- 8) DNA hangi azotlu bazları içerir ve RNA hangisini içerir?
- 9) Guanozin ve deoksisitidin formülünü yazın? Hangi bazlardan oluşur?
- 10) Aşağıdaki bazların adlandırır? Bunlar DNA'nın mı yoksa RNA'nın mı bir parçasıdır?



- 11) Aşağıdakilerin formülünü yazın ve yapısını açıklayın:
 - a) deoksiadenozin-5'-monofosfat (dAMP)
 - b) guanozin-5'-monofosfat (GMP)
 - c) üridin-5'-monofosfat (UMP)
 - d) deoksitimin-5'-monofosfat (dTMP)
- 12) DNA ve RNA nükleotitleri arasındaki fark nedir?
- 13) Aşağıdakilerden oluşan nükleotitlerin formüllerini yazın:
 - a) riboz, adenin ve iki fosfat grubu;
 - b) deoksiriboz, guanin ve üç fosfat grubu;
 - c) deoksiriboz, sitozin ve bir fosfat grubu.
- 14) Önceki sorudaki nükleotitleri adlandırın.
- 15) Aşağıdaki bileşikleri şeker bileşeni, baz, nükleozit, nükleotit olarak tanımlayın. Hangi nükleik asitte bulunurlar?
 - a) guanin;
 - b) deoksiadenozin-5'-monofosfat;
 - c) riboz;
 - d) sitidin.
- 16) Aşağıdaki nükleotidlerdeki bileşenleri tanımlayın ve bunların DNA veya RNA dizisinin parçası olup olmadığını belirleyin.
 - a) deoksiguanozin-5'-monofosfat;
 - b) adenozin-5'-monofosfat;
- 17) DNA'nın polinükleotid dizisini oluşturan dört nükleotidin adları ve kısaltmaları nelerdir?

- 18) RNA'nın polinükleotid dizisini oluşturan dört nükleotidin adları ve kısaltmaları nedir?
- 19) Aşağıdaki bileşiklerden hangilerinin nükleotid, hangilerinin nükleozid olduğunu belirleyin
 - a) sitidin-5'-monofosfat;
 - b) deoksisitidin;
 - c) üridin;
 - d) deoksiadenozin-5'-monofosfat
- 20) Aşağıdakilerin formüllerini yazın
 - a) deoksiadenozin-5'-monofosfat
 - b) üridin-5'-monofosfat
- 21) DNA'daki polinükleotid dizisinin iki ucu birbiriyle aynı mıdır? RNA'daki dizinin uçlarıyla aynı mıdır? Açıklayın.
- 22) Sitidin-5'-monofosfatın iki nükleotidinden oluşan RNA dinükleotidinin yapısını çizin. Dinükleotidde serbest 3'-fosfat grubunu ve 5'-hidroksil grubunu belirleyin.
- 23) DNA'nın birincil, ikincil ve üçüncül yapısını açıklayın.
- 24) DNA'nın polinükleotid dizisinin uçları nasıl işaretlenir ve Aralarındaki farklılıkları nedir?
- 25) Tamamlayıcı baz terimi nedir? Adenin bazı neden timine tamamlayıcıdır? Açıklayın.
- 26) DNA'nın tek bir baz dizisinin bir parçası şu diziye sahiptir –G – C – A – A – T – C. Tamamlayıcı dizinin dizisi nedir?
- 27) Hangi DNA türleri vardır ve işlevleri nedir?
- 28) DNA çözeltileri optik aktivite gösterir mi? Açıklayın.
- 29) DNA ve RNA'nın yapısında fark var mıdır? Açıklayın.
- 30) Farklı RNA türlerinin işlevleri nedir: tRNA, mRNA ve rRNA?

MODÜLER BİRİM 2**ATOMUN YAPISI VE ELEMENTLERİN PERİYODİK SİSTEMİ****Öğrenme hedefleri**

Atomun Yapısı ve Elementlerin Periyodik Tablosu Modüler birimi ile aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenmektedir:

- Atomun yapısı ve elementlerin periyodik tablosunun temel kavramlarının tanımı;
- Atomun yapısı, kuantum sayıları, elementlerin periyodik tablosu ve elementlerin bazı özelliklerinin periyodikliği ile tanışma;
- Elementlerin elektronik yapısını (konfigürasyon) yazma ve özellikleri hakkında sonuçlar çıkarma;

Modüler biriminin çalışılmasının beklenen sonuçlar

Atomun Yapısı ve Elementlerin Periyodik Tablosu Modüler birimini inceledikten sonra öğrencilerin şunları yapması beklenmektedir:

- Elementlerin elektronik yapısını farklı şekillerde temsil etmek;
- Kuantum sayılarını tanımlamak;
- Kuantum sayılarına uygun değerleri atayarak belirli bir atomdaki elektronun elektronik durumunu tanımlamak;
- Uygun atom orbitalini tanımlamak ve göstermek;

Terimler

Ana kuantum sayısı, orbital kuantum sayısı, manyetik kuantum sayısı, spin kuantum sayısı, atom orbitali, s-orbitali, p-orbitali, d-orbitali, f-orbitali, dejenere orbitaller, eşleştirilmiş elektronlar, Pauli ilkesi, Hund kuralı, elektron konfigürasyonu, değerlik elektronları, atom yarıçapı, iyonlaşma enerjisi, elektronegatiflik, elektron afinitesi;

Modüler biriminin içeriği

Kuantum sayıları ve atom orbitalleri

Elektron kabuğunun yapısı

Elektronik konfigürasyon

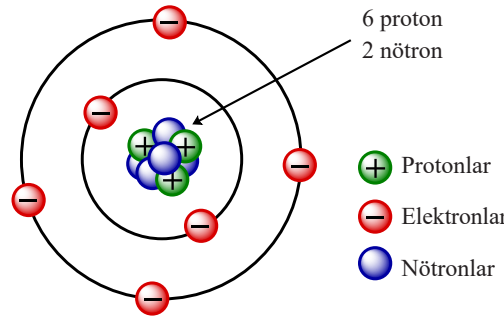
Elektronik konfigürasyon ve elementlerin periyodik tablosunun yapısı

Elementlerin özelliklerinde periyodik değişim

2. ATOMUN YAPISI VE ELEMENTLERİN PERİYODİK SİSTEMİ

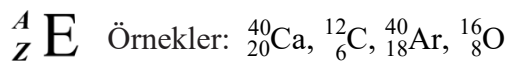
Atom, kimyasal elementlerin temel yapı taşıdır ve özellikleri ona bağlıdır. Her atom atom çekirdeği ve elektron kabuğundan oluşur. Atomun **temel parçacıkları** protonlar, nötronlar ve elektronlardır. Protonlar ve nötronlar atomun çekirdeğinde bulunur, bu yüzden çekirdeğin Latince isminden (nükleus) nükleonlar olarak adlandırılır, elektronlar ise çekirdeğin etrafındaki elektron kabuğunda hareket eder. **Protonlar**, p^+ ile gösterilen pozitif yüklü parçacıklardır. Tek bir pozitif yüke (+1) sahiptirler ve kütleleri yaklaşık olarak nötronların kütlesine eşittir. **Nötronlar**, n^0 ile işaretlenirler ve protonların kütlesinden biraz daha büyük kütleye sahiptirler. e^- ile gösterilen negatif yüklü temel parçacıklardır.

Elektronlar, e^- ile belirtilen negatif yüklü temel parçacıklardır. Negatif tek bir yüke (-1) ve proton ve nötron kütlesinden yaklaşık 1.840 kat daha az kütleye sahiptirler. Bir atom elektronötr bir parçacıktır, demek ki proton sayısı elektron sayısına eşittir, yani atom eşit sayıda pozitif (+1) ve negatif yüke (-1) sahiptir, nötron sayısı ise proton sayısından farklı olabilir.



Şekil 2.1. Karbon atomunun yapısı

Bir atomun önemli özelliği, **Z ile gösterilen atom numarası** ve **A ile gösterilen kütle numarasıdır**. Atom numarası, atomun çekirdeğindeki proton sayısıdır. Periyodik tablodaki elementler buna göre düzenlendiği için sıra numarası olarak da adlandırılır. Sıra numarası, elementin sembolünün sol alt simgesi olarak yazılır. Kütle numarası, çekirdekteki proton ve nötron sayısının toplamıdır. Elementin sembolünün soluna bir kuvvet olarak yazılır.



Elektronlar çekirdek etrafında yüksek hızda hareket eder ve herhangi bir anda konumlarını kesin olarak belirlemek mümkün değildir. **Heisenberg** ilkesine (Werner Heisenberg, 1901 – 1976) veya başka bir adla **belirsizlik ilkesine** göre *elektronların çekirdek etrafında hareket ettiği konumu ve hızı aynı anda belirlemek mümkün değildir*. Bu belirsizlik ilkesi **kuantum mekaniğinin**

temelidir. Kuantum mekaniği, belirli bir zamanda bir elektronun bulunabileceği belirli bir olasılığa sahip bölgeyi tanımlar. Belirli bir atomdaki elektronların dağılımını tanımlamak için kuantum sayıları ve atom orbitalleri kavramı kullanılır. Elektronlar atom çekirdeğinin etrafında yüksek hızda hareket eder ve bu sırada **elektron bulutu** oluştururlar. Elektron bulutları belirli enerji seviyelerinde bulunan **elektron katmaları** oluştururlar. Bu arada, bir elektronun bulunma olasılığının en yüksek olduğu alan parçasına **atom orbitali** denir.

2.1. Kuantum Sayıları ve Atom Orbitalleri

Daha önce de belirttiğimiz gibi, elektronlar elektron kabuğunda bulunan negatif yüklü parçacıklardır. Belirli bir atomdaki elektronların konumunu ve enerjisini tanımlamak için dört kuantum sayısı kullanılır.

- ① Ana kuantum sayısı;
- ② Yörünge kuantum sayısı;
- ③ Manyetik kuantum sayısı;
- ④ Spin kuantum sayısı.

Ana kuantum sayısı (n)

Ana kuantum sayısı n ile gösterilir, değerleri 1, 2, 3... vb.'dir. Ana kuantum sayısının değerine bağlı olarak, belirli bir elektron tabakanın çekirdekten uzaklığı belirlenir (yani enerji seviyesini belirler). Ana kuantum sayısının daha düşük değeri, elektronun çekirdeğe daha yakın ve daha düşük enerjiye sahip bir elektron tabakasında yer aldığı anlamına gelir. Ana kuantum sayısının daha yüksek değeri ise elektronun çekirdekten daha uzak ve daha yüksek enerjiye sahip bir elektron tabakasında yer aldığı anlamına gelir. Elektron kabuklarının numaralandırılması atomun çekirdeğinden çevreye doğru başlar. Elektron tabakaları, ana kuantum sayısının değeri yanısıra, büyük Latin harfleriyle de gösterilir: K, L, M, N, O, P ve Q.

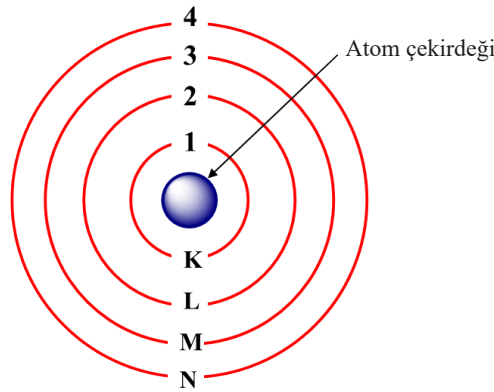
Tablo 5. Ana kuantum sayısı ve elektron tabakaları

Elektron tabakası	K	L	M	N	O	P	Q
Ana kuantum sayısı (n)	1	2	3	4	5	6	7

Aslında, ana kuantum sayısı elektronun çekirdekten uzaklığını gösterir. Ana kuantum sayısının değerini artırmak elektronun çekirdekten uzaklığını artırır.

Örneğin, ana kuantum sayısının değeri bir ise ($n = 1$), çekirdeğe en yakın olan ilk elektron tabakasıdır (K).

Öte yandan, ana kuantum sayısının değeri yedi ise ($n = 7$), çekirdekten en uzak olan elektron tabakasıdır(Q).



Şekil 2.2. Ana kuantum sayısı ve elektron tabakaları

Orbital kuantum sayısı (l)

Orbital (yörünge) kuantum sayısı l ile gösterilir ve bir enerji seviyesi çerçevesinde alt tabakaların enerjisini belirler ve 0,1,2... ile $n-1$ arasında değerlere sahiptir, burada n ana kuantum sayısıdır. Örneğin, n 'in değeri 2 ise, l 0 ve 1 değerlerine sahip olacaktır, çünkü 1 $n-1$ 'dir. Yörünge kuantum sayısının değerine bağlı olarak, elektronun hangi alt tabakada (orbitalde) yer aldığı belirlenir. Şöyle ki, enerji seviyeleri içinde orbital adı verilen alt tabakalar vardır. Orbitaller küçük Latin harfleri s, p, d ve f ile işaretlenir.

Tablo 6. Orbital kuantum sayısı ve orbital işaretleri

Orbital kuantum sayısı (l)	0	1	2	3
Orbitalin işareti	s	p	d	f

Elektron kabuğundaki orbital (alt tabaka) sayısı tabaka numarasına eşittir. Örneğin, eğer $n = 3$ ise, o zaman l 0, 1 ve 2 değerlerine sahip olacaktır. Orbital kuantum sayısı için üç değer, üçüncü tabakada ($n = 3$) üç alt tabakanın (s, p ve d) elektronlarla dolu olduğunu gösterir.

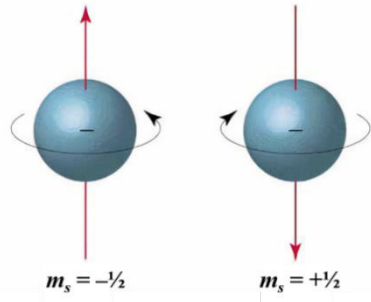
Manyetik kuantum sayısı (m_l)

Elektronların atom çekirdeği etrafındaki hareketinin sonucu olarak manyetik alan oluşur. Elektronlar, manyetik alana göre çeşitli yönelimlere sahip olabilir. Atomdaki her elektronun alansal yönelimleri, manyetik kuantum sayısının değeriyle belirlenir. Manyetik kuantum sayısı m_l ile gösterilir ve değerleri sıfır dahil olmak üzere $-l$ 'den $+l$ 'ye kadar değişir. Manyetik kuantum sayısının belirlenmesinde l harfi kullanılır, çünkü manyetik kuantum sayısının değerleri orbital kuantum sayısından başlayarak belirlenir. Örneğin, $l = 1$ ise, manyetik kuantum sayısı -1 , 0, $+1$ değerlerine sahiptir. Manyetik kuantum sayısının değeri, belirli bir elektron tabakası için

belirli bir tipteki orbital sayısını belirlemek için kullanılabilir. $l = 0$ olduğunda, $m_l = 0$ 'dır ve bu nedenle elektron tabakasında yalnızca bir orbital (s-orbitali) vardır. $l = 1$ olduğunda, m_l 'nin üç değeri vardır $-1, 0, 1$ ve bu nedenle belirli bir elektron tabakasında üç p-orbitali vardır. $l = 2$ ise, $m_l = -2, -1, 0, +1, +2$ 'dir. Bu, belirli bir elektron tabakasında beş d-orbitali olduğu anlamına gelir.

Spin kuantum sayısı (m_s)

Elektron aynı anda hem çekirdek etrafında hem de kendi eksenini etrafında hareket eder. Elektronun kendi eksenini etrafındaki hareketi **spin** olarak bilinir. Elektronun kendi eksenini etrafındaki hareket yönünü tanımlamak için, m_s ile işaretlenen ve $+1/2$ ve $-1/2$ değerlerine sahip olan **spin kuantum sayısı** kullanılır. m_s değeri $+1/2$ olduğunda, elektron saat yönünde hareket ediyor, m_s değeri $-1/2$ olduğunda ise elektron saat yönünün tersine hareket ediyordur.



Şekil 2.3. Elektronun dönmesi

ALİŞTIRMALAR

Ana kuantum sayısının değeri verildiğinde orbital, manyetik ve spin kuantum sayılarının değerlerinin belirlenmesi

Ödev 1

Ana kuantum sayısı (n) değeri 3 ise orbital (l), manyetik (m_l) ve spin (m_s) kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

ÇÖZÜM

Verilen:

$$n = 3$$

Aranan:

$$l = ?$$

$$m_l = ?$$

$$m_s = ?$$

Verilen n değeri için l 'yi belirleyebiliriz. l 'in değerleri $0, 1, 2, \dots$ ile $n - 1$ arasında değişir. Bu, $n = 3$ ise $l = 0, 1$ ve 2 anlamına gelir, çünkü $2, n - 1$ 'dir ($3 - 1$).

Verilen l değeri için m_l 'yi belirleyebiliriz. m_l değerleri $-1, 0, +1$ arasında değişir. Bu, eğer

$$l = 0, 1 \text{ ve } 2, m_l = -2, -1, 0, +1 \text{ ve } +2 \text{ anlamına gelir}$$

$$l = 0, m_l = 0$$

$$l = 1, m_l = -1, 0, +1$$

$$l = 2, m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

Spin kuantum sayısı m_s 'nin değeri $\pm \frac{1}{2}$ 'dir.

Ödev 2

Ana kuantum sayısı'nın (n) değeri 5 ise orbital (l), manyetik (m_l) ve spin (m_s) kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

ALİŞTIRMALAR

Dört kuantum sayısının belirli bir kombinasyonunun doğruluğunu belirleme

Ödev 3

Aşağıdaki kuantum sayıları kombinasyonlarından hangisinin yanlış olduğunu belirleyin ve nedenini açıklayın.

ÇÖZÜM

Verilen:

$$n = 1, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$$

$$n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = \pm\frac{1}{2}$$

$$n = 3, l = 1, m_l = 2, m_s = -\frac{1}{2}$$

$$n = 0, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$$

Aranan:

Kuantum sayılarının hangi kombinasyonu doğru değildir?

Şu kombinasyon: $n = 1, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$ doğru değildir, çünkü $n = 1$ için $l, 1$ olamaz.

Şu kombinasyon: $n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = +\frac{1}{2}$ doğrudur.

Şu Kombinasyon: $n = 3, l = 1, m_l = 2, m_s = -\frac{1}{2}$ doğru değildir, çünkü $l = 1$ için $m_l 2$ olamaz.

Şu kombinasyon: $n = 0, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$ doğru değildir, çünkü $n 0$ olamaz.

Ödev 4

Aşağıdaki kuantum sayıları kombinasyonlarından hangisinin yanlış olduğunu belirleyin ve nedenini açıklayın.

$$n = 2, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$$

$$n = 1, l = 0, m_l = +1, m_s = +\frac{1}{2}$$

$$n = 3, l = 2, m_l = -2, m_s = -\frac{1}{2}$$

$$n = 4, l = 3, m_l = 0, m_s = 0$$

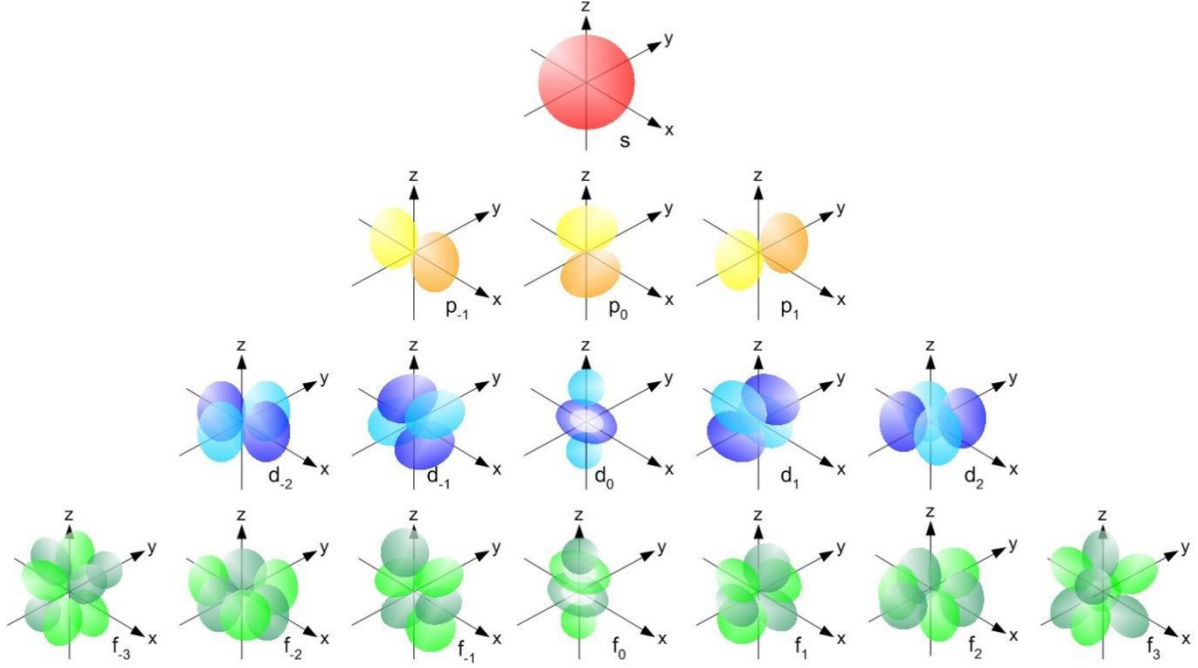
Atom orbitali

Atom orbitali (AO), çekirdeğin etrafındaki boşluğun elektron bulma olasılığının en yüksek olduğu (%90 - %95) bir parçasıdır. Daha önce de belirttiğimiz gibi, atom orbitalleri (alt tabakaları) küçük harfler s, p, d ve f ile işaretlenir. Atom orbitallerin sayısı, orbital kuantum sayısının değerinden şu formüle göre hesaplanır: $2l + 1$. Bu arada, bir atom orbitalinde bulunabilen elektron sayısı şu formüle göre hesaplanır: $2(2l + 1)$, l orbital kuantum sayısıdır.

Tablo 7. Atom orbitallerinin sayısı ve orbitallerdeki elektronların sayısı

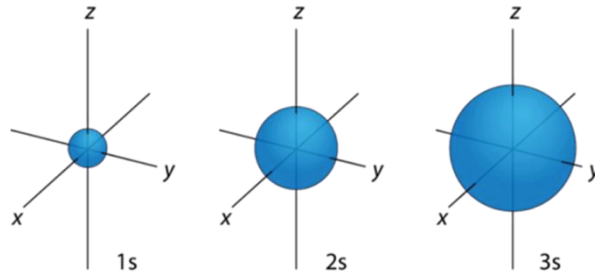
Orbital kuantum sayısı (l)	0	1	2	3
Atom orbitalin işareti	s	p	d	f
Atom orbitallerin sayısı ($2l + 1$)	1	3	5	7
Elektron sayısı ($2(2l + 1)$)	2	6	10	14

Atom orbitalleri grafiksel ve şematik olarak gösterilebilir. Grafiksel gösterimden orbitallerin şekli görülebilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Atom orbitallerinin şeklinin grafiksel gösterimi

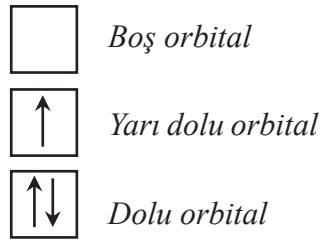
Şekilden s-orbitalinin küre şeklinde olduğu, dolayısıyla alanda yönlendirilmediği görülebilir. Aslında, tüm s-orbitaleri küresel bir şekle sahiptir, ancak boyutları farklıdır ve artan ana kuantum sayısı ile birlikte artar. En küçüğü 1s-orbitalidir, ardından 2s-orbitalidir, sonra 3s-orbitalidir, vb. (Şekil 2.5).



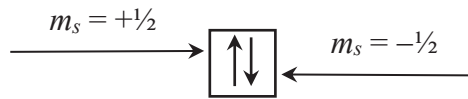
Şekil 2.5. 1s-, 2s- ve 3s-orbitallerinin grafiksel gösterimi

p-alt tabakası, alansal sekiz rakamı şeklinde olan aynı enerjiye sahip üç p-orbitalden oluşur. Bunlar eksenler (x, y ve z) yönünde yönlendirilir ve p_x , p_y ve p_z olarak işaretlenir. d-alt tabakası, aynı enerjiye sahip ve karmaşık bir şekilde beş d-orbitalden. f-alt tabakası ise kendi aralarında aynı enerjiye sahip ve d-orbitallerinden çok daha karmaşık bir şekle sahip yedi f-orbitalinden oluşur.

Atom orbitalleri şematik olarak da gösterilebilir. Bu durumda, orbitaller karelerle gösterilirken, içlerinde bulunan elektronlar oklarla gösterilir. Belirli bir atom orbitalinde bulunan elektron sayısına bağlı olarak, aşağıdaki diyagramda gösterildiği gibi boş, yarı dolu ve dolu olabilir.



Dolu orbitaldeki elektronları gösteren okların zıt yönü, bu elektronların zıt spinli olduğunu gösterir. Bir elektron için spin kuantum sayısının değeri $+\frac{1}{2}$ 'dir diğeri için ise $-\frac{1}{2}$ 'dir.



Ana ve orbital kuantum sayılarının değerlerine bağlı olarak, atom orbitali'nin (AO) türü belirlenebilir.

Tablo 8. Kuantum sayıları ve atom orbitalleri (AO)

<i>n</i>	<i>l</i>	<i>m_l</i>	AO
1	0	0	1s
2	0	0	2s
	1	-1, 0, 1	2p
3	0	0	3s
	1	-1, 0, 1	3p
	2	-2, -1, 0, 1, 2	3d
4	0	0	4s
	1	-1, 0, 1	4p
	2	-2, -1, 0, 1, 2	4d
	3	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	4f

Tablodan görüldüğü gibi, birinci elektron tabakasında ($n = 1$) sadece s-orbitali doludur, ikinci elektron tabakasında ($n = 2$) s-orbitali ve p-orbitali doludur, üçüncü elektron kabuğunda s-orbitali,

p-orbitali ve d-orbitali doludur, vb.

ALİŞTIRMALAR

Kuantum sayılarının değerlerinin bilinmesine dayanarak atom orbitalinin türünün belirlenmesi

Ödev 5

Verilen ana ve orbital kuantum sayılarının birleşimiyle tanımlanan atom orbitali hangisidir: $n = 2, l = 1$

ÇÖZÜM

Verilen:

$$n = 2$$

$$l = 1$$

Aranan:

Hangi atom orbitali söz konusudur?

Ana kuantum sayısının değeri (atom orbitalini belirten harften önceki sayı), atom orbitalinin bulunduğu elektron tabakasını belirler ve orbital kuantum sayısının (l) değeri, elektronların bulunduğu atom orbitalinin türünü belirler.

Orbital kuantum sayısı (l)	0	1	2	3
Atom orbitalin işareti	s	p	d	f

$l = 1$ olduğundan, p-orbitali söz konusudur.

Verilen kuantum sayılarının kombinasyonu ($n = 2, l = 1$) 2p-orbitalini tanımlamaktadır.

Elektron tabakası
(ana kuantum sayısı)



Atom orbitali
(orbital kuantum sayısı)

Ödev 6

Verilen ana ve orbital kuantum sayılarının birleşimiyle tanımlanan atom orbitallerinden hangisidir: $n = 1, l = 0$.

ALİŞTIRMALAR

Belirli bir atom orbitali için ana ve orbital kuantum sayılarının belirlenmesi

Ödev 7

Verilen atom orbitalleri için ana (n) ve orbital (l) kuantum sayılarının değerlerini belirleyin: 2s, 3d, 4p ve 5f.

ÇÖZÜM

Verilen:

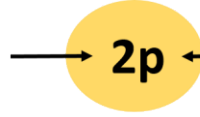
Atomik orbitaller: 2s, 3d, 4p ve 5f

Aranan:

$$n = ?$$

$$l = ?$$

Ana kuantum sayısı, orbitali belirten harften önce gelen sayıdır, orbital kuantum sayısı ise orbital türüne göre belirlenir.

Elektron tabakası
(ana kuantum sayısı)Atom orbitali
(orbital kuantum sayısı)

l	0	1	2	3
Orbital	s	p	d	f

Verilen orbitalle için, n ve l 'nin değerleri şunlar olacak:

Orbital	2s	3d	4p	5f
Ana kuantum sayısı (n)	2	3	4	5
Orbital kuantum sayısı (l)	0	2	1	3

Ödev 8Verilen atom orbitalleri için ana (n) ve orbital (l) kuantum sayılarının değerlerini belirleyin: 6s, 4d, 2p ve 4f.**2.2. Elektron Kabuğunun Yapısı**

Yıllar boyunca birçok önemli bilim insanı atom için farklı modeller önermiş ve bu da atomun yapısını anlamayı kolaylaştırmış. Elektron kabuğunun yapısıyla ilgilenen bilim insanlarından biri, 1911'de elektronların çekirdeğin etrafında **yörünge** adı verilen dairesel yollarda hareket ettiği bir model öneren **Rutherford**'dur (1871 - 1937). Rutherford'un modelinin sorunu, elektronların negatif yüke sahip olduğu ve bu nedenle elektronları dairesel yollarda hareket eden bir atomun kararsız olacağı gerçeğini hesaba katmamasıdır. Yani, bir elektron gibi elektrik yüklü bir parçacık dairesel bir yolda hareket ettiğinde radyasyon yayar ve enerji kaybeder. Sonuç olarak, elektron sonunda çekirdeğe düşecektir, bu da atomun kararsız bir parçacık olacağı anlamına gelir. Rutherford modeli aynı zamanda gezegensel model olarak da adlandırılır (elektronlar çekirdeğin etrafında gezegenlerin güneş etrafında hareket etmesi gibi hareket eder) ve bugün hala elektron kabuğunun yapısını daha iyi hayal etmek için kullanılır. Ancak, hangi atom modeli Rutherford modelinden daha iyi olurdu sorusu ortaya çıkıyor? Rutherford modelinin eksikliklerini gidermek için, 1913 yılında Danimarkalı fizikçi **Niels Bohr** (1885-1962) yeni bir atom modeli önermiş. Ona göre, elektronlar belirli bir enerjiyle çekirdeğin etrafında tanımlanmış yörüngelerde hareket eder ve atom temel durumundayken radyasyon yaymazlar. Yörüngelere elektron tabakaları veya enerji seviyeleri adını vermiş. Bu elektron tabakaları 1,2,3,... sayılarıyla veya büyük harflerle K, L, M, N,... işaretlenir.

Bohr modelinin dezavantajı, elektronların radyasyon yaymadan dairesel yollarda hareket etmesinin nasıl mümkün olduğunu açıklayamamasıdır. Bohr atom modeli anlaşılması kolaydır ve yalnızca hidrojen atomu gibi basit atomlara uygulanabilir. Bu nedenle, elektron kabuğunun yapısı için başka bir model önermek gerekiyordu. Böyle bir model, elektronların çekirdek etrafındaki hareketinin bir sonucu olarak bir elektron bulutunun olduğu **kuantum mekanik modelidir**. Elektron bulutları, bir elektronun bulunma olasılığının belirli olduğu

elektron tabakaları oluşturur. Çekirdeğin etrafındaki alanda elektron bulunma olasılığının en yüksek olduğu bölüme atom orbitali denir. Kuantum mekanik modeline göre, bir elektronun konumu dört kuantum sayısı n , l , m_l ve m_s 'nin değerleri kullanılarak belirlenebilir, yani bunlar atomdaki elektronun “adresi” gibidir. Ana kuantum sayısının (n) değeri, elektronun hangi elektron tabakasında olduğunu belirliyor, alt tabaka (atom orbitali) ise l değeriyle tanımlanır.

Bir elektron tabakasında bulunabilecek maksimum elektron sayısı şu formüle göre hesaplanır:

$$N = 2n^2$$

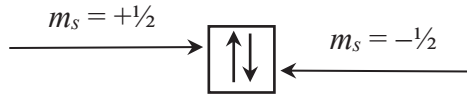
N - maksimum elektron sayısı

n – elektron tabaka sayısı (ana kuantum sayısı)

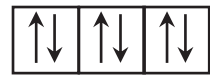
Tablo 9. Elektron tabakalarındaki maksimum elektron sayısı

Elektron tabakası	K	L	M	N	O	P	Q
Ana kuantum sayısı (n)	1	2	3	4	5	6	7
Maksimum elektron sayısı (N)	2	8	18	32	50	72	98

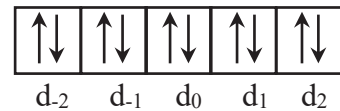
$l = 0$ için m_l 'nin değeri 0'dır. Bu, bir s-orbitaline sahip s-alt tabakasıdır. Yukarıda belirtilen s-orbitali şematik olarak bir kare ile gösterilir, orbitalde bulunabilen iki elektron ise oklarla gösterilir. Bir atom orbitalinde, zıt spinlere sahip iki elektron bulunabilir. Bu tür elektronlara **eşleştirilmiş elektronlar** denir.



$l = 1$ için m_l - 1, 0, +1 değerlerine sahiptir. Bu, manyetik kuantum sayısının değerine bağlı olarak p_{-1} , p_0 ve p_{+1} olarak işaretlenen üç p-orbitaline sahip p-alt tabakasıdır. Üç p-orbitali büyüklük, şekil ve enerji bakımından aynıdır, ancak yönelimleri farklıdır. x, y ve z eksenleri boyunca 90° açıyla yönelimlidirler. Bu nedenle alandaki yönelimlerine bağlı olarak p_x , p_y ve p_z olarak da adlandırılırlar. Üç p-orbitalde bulunabilecek maksimum elektron sayısı altıdır.

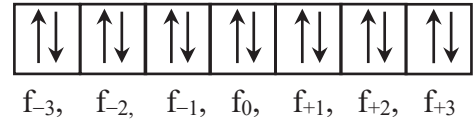


$l = 2$ için m_l 'nin değerleri -2, -1, 0, +1, +2'dir. Bu, manyetik kuantum sayısının değerine bağlı olarak d_{-2} , d_{-1} , d_0 , d_{+1} ve d_{+2} olarak işaretlenen beş d-orbitaline sahip d-alt tabakasıdır. Beş d-orbitalinde bulunabilen maksimum elektron sayısı on'dur.



$l = 3$ için m_l 'nin değerleri -3, -2, -1, 0, +1, +2 ve +3'tür. Bu, manyetik kuantum sayısının değerine

bağlı olarak $f_{-3}, f_{-2}, f_{-1}, f_0, f_{+1}, f_{+2}$ ve f_{+3} olarak işaretlenen yedi f-orbitaline sahip f-alt tabakasıdır. Yedi f-orbitalinde bulunabilen maksimum elektron sayısı on dördür.

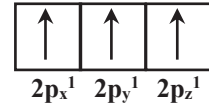


Aynı enerjiye sahip orbitallere **dejenere orbitaller** denir. Üç dejenere p-orbitali, beş dejenere d-orbitali ve yedi dejenere f-orbitali vardır. Aynı enerjiye sahip orbitaller aslında ana ve orbital kuantum sayıları için aynı değere sahiptir.

Orbitallerin temel haldeki elementlerin atomlarındaki elektronlarla nasıl doldurulduğunu açıklamak için Pauli dışlama ilkesi ve Hund kuralı uygulanır.

Hund kuralı, aynı enerjiye sahip orbitallerde (dejenere orbitaller) elektronların maksimum sayıda orbitali işgal edecek şekilde düzenlendiğini belirtir.

2p orbitalinde üç elektronun bulunduğu durumda Hund kuralına göre elektronlar, aynı enerjiye sahip olan üç 2p orbitalinin her birinde birer elektron olacak şekilde düzenlenir.



Dışlama ilkesi olarak da bilinen **Pauli ilkesi**, bir atomdaki iki elektronun dört kuantum sayısının hepsi için aynı değerlere sahip olamayacağını belirtir. Bir atom orbitalinde n, l ve m_l için aynı değerlere sahip en fazla iki elektron bulunabilir. Örneğin, 1s orbitalinde ($1s^2$) iki elektron varsa, n, l ve m_l için aynı değerlere sahip olacak, spin kuantum sayısının m_s değeri ise farklı olacaktır. Bunlar zıt spinlere sahip eşleştirilmiş elektronlardır. $1s^2$ orbitalinin kuantum sayılarının değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Pauli ilkesinin $1s^2$ -orbitaline uygulanması

Elektronlar	n	l	m_l	m_s
Birinci elektron	1	0	0	$+\frac{1}{2}$
İkinci elektron	1	0	0	$-\frac{1}{2}$



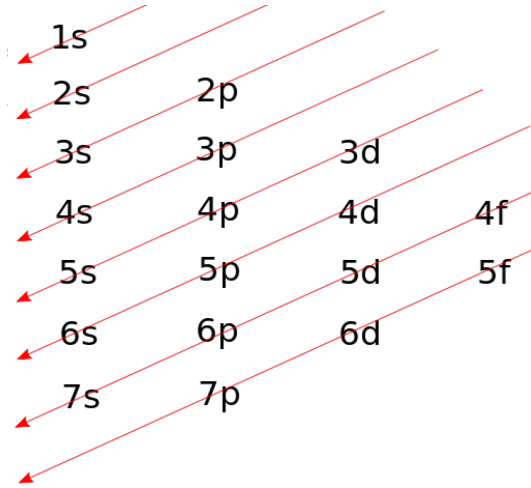
Pauli ilkesi ve Hund kuralı önemlidir ve kimyasal elementlerin elektron dizilimini yazarken uygulanır.

2.3. Elektron Konfigürasyonu

Elektroni konfigürasyonu, bir atomun temel durumundaki, yani en düşük enerji durumundaki elektron tabakalarının yapısını tanımlar. **Elektron konfigürasyonu**, elektron tabakalarında ve alt tabakalarındaki elektronların düzenlenmesidir. Elektron tabakalarının ve alt tabakalarının elektronlarla doldurulması, çekirdeğe önce en yakın olan en düşük enerjili tabakanın, ardından en yüksek enerjili ikinci tabakanın vb. doldurulması şeklinde yapılır. 1s orbitali en düşük enerjiye

sahiptir, ardından 2s, 2p, 3s ve 3p orbitalleri gelir. s-orbitalindeki elektronlara s-elektronları, p-orbitalindeki elektronlara ise p-elektronları denir, vb.

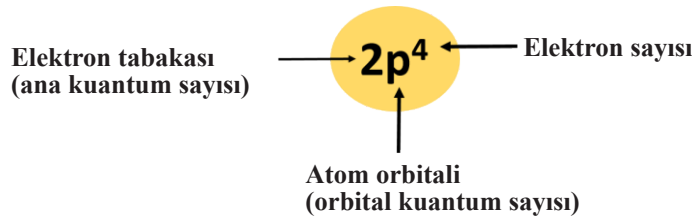
Bir atom orbitalinde en fazla iki elektronun bulunabileceğini biliyoruz. Bu, belirli bir elementteki elektron sayısı ne kadar fazlaysa, elektronlarla dolu orbital sayısının da o kadar fazla olacağı anlamına gelir. Atom orbitallerinin artan enerjiyle doldurulma sırası Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Atom orbitallerinin elektronlarla doldurulma sırası

Orbitalleri enerjiye göre düzenlemek için $n + l$ toplamı karşılaştırılır. Bu arada, değeri ne kadar yüksekse, orbitalin enerjisi de o kadar yüksektir. $n + l$ toplamının değeri iki orbital için eşit olduğunda, n için daha yüksek değere sahip orbital daha yüksek enerjiye sahiptir. 3s ve 3p orbitallerini enerji açısından karşılaştırsak, 3p orbitali ($n + l = 3 + 1 = 4$) 3s orbitalinden ($n + l = 3 + 0 = 3$) daha yüksek enerjiye sahiptir. 3p orbitalinin enerjisini 4s orbitaliyle karşılaştırsak, $n + l = 4$ toplamı her iki orbital için de eşittir, ancak 4s orbitali daha yüksek enerjiye sahiptir ve bu da baş kuantum sayısı için daha yüksek bir değere sahiptir, yani daha yüksek elektronik tabakasında yer almaktadır.

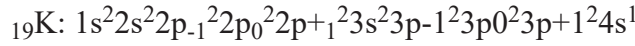
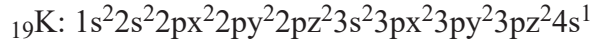
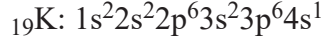
Her bir element için **uzun ve kısa elektron konfigürasyonu** yazılabilir ve ayrıca elektron konfigürasyonu şematik olarak da gösterilebilir. Elektron konfigürasyonu yazılırken elektron tabakası, alt tabaka (orbital) ve elektron sayısının belirlenmesi aşağıdaki gibi yapılır:



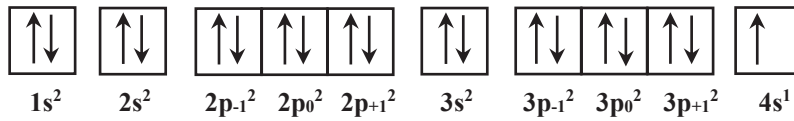
Elektron diziliminde harften önce gelen sayı baş kuantum sayısını, yani elektronun bulunduğu tabanın numarasını gösterir. Küçük Latin harfleri elektronların bulunduğu atomik orbitali

gösterir. Harften sonraki sayı belirli bir orbitalde bulunan elektron sayısını gösterir. **Elektron konfigürasyonunun şematik gösteriminde** orbitaller karelerle gösterilir, elektronları göstermek için ise oklar kullanılır.

Örneğin, potasyum $_{19}\text{K}$ 'nin uzun elektron konfigürasyonu birkaç şekilde yazılabilir:



Şematik olarak, potasyum $_{19}\text{K}$ 'nin uzun elektron konfigürasyonu şöyle olacaktır:



Elementlerin elektron konfigürasyonu kısaltılmış biçimde de gösterilebilir. Bu amaçla periyodik tablonun 18. grubunda bulunan soy (inert) gazlar kullanılır ($_{2}\text{He}$, $_{10}\text{Ne}$, $_{18}\text{Ar}$, $_{36}\text{Xe}$, $_{54}\text{Kr}$,...). Her element için periyodik tabloda kendisinden önce gelen soy gazı kullanılır. Elektron konfigürasyonunda soy gazın sembolü köşeli parantez içinde yazılır: $[\text{He}]$, $[\text{Ne}]$, $[\text{Ar}]$, vb.

Potasyumun kısaltılmış elektronik konfigürasyonu şu şekilde yazılabilir: $_{19}\text{K}: [\text{Ar}] 4s^1$ (Ar , $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 'yı temsil eder).

Potasyumun elektron konfigürasyonundan, elektronların tabakalara göre düzenlenmesinin şu şekilde olduğu görülebilir: **ilk tabaka** iki elektron ($1s^2$), **ikinci tabaka** sekiz elektron ($2s^2 2p^6$), **üçüncü tabaka** sekiz elektron ($3s^2 3p^6$) ve **dördüncü tabakada** bir elektron ($4s^1$) vardır. Potasyumda dördüncü tabaka son tabakadır, en yüksek enerjiye sahiptir ve tamamen dolu değildir. Bu tabadaki elektronlara değerlik elektronları denir. **Değerlik elektronları**, belirli bir atomun son elektronik katmanındaki elektronlardır. Onlar atomun çekirdeğinden en uzaktadırlar ve bu nedenle çekirdeği tarafından en az çekilirler. Örnekte, potasyumun bir değerlik elektronu vardır, $4s^1$.

Son elektron tabakasında bulunabilecek maksimum elektron sayısı sekizdir. Son elektron tabakası tamamen dolduğunda, element soy gazlara benzer şekilde kararlı bir elektron konfigürasyonuna sahiptir.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli kimyasal elementlerin elektron konfigürasyonlarının yazılması

Ödev 9

Şu elementlerin uzun ve kısa elektron konfigürasyonlarını yazınız: oksijen ($_{8}\text{O}$), magnezyum ($_{12}\text{Mg}$), kükürt ($_{16}\text{S}$) ve kalsiyum ($_{20}\text{Ca}$). Uzun elektron konfigürasyonunu şematik olarak gösteriniz.

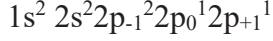
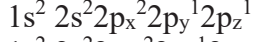
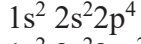
ÇÖZÜM

 Verilen: 8O , 12Mg , 16S ve 20Ca 'nın nükleitleri.

Aranılan: Nükleitlerin uzun ve kısa elektron konfigürasyonları ve uzun elektron konfigürasyonunun şematik gösterimi.

 8O

Uzun elektron konfigürasyonu farklı şekillerde yazılmıştır


 Kısaltılmış elektron konfigürasyonu: $[\text{He}] 2s^2 2p^4$

Şematik:


 12Mg

 Uzun elektron konfigürasyonu: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

 Kısaltılmış elektron konfigürasyonu: $[\text{Ne}] 3s^2$

Şematik:


 16S

 Uzun elektron konfigürasyonu: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

 Kısaltılmış elektron konfigürasyonu: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$

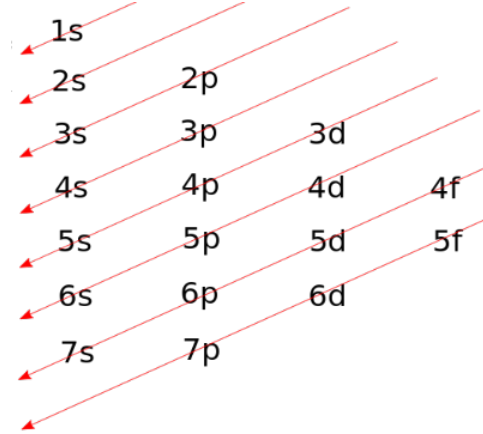
Şematik:


 20Ca

 Uzun elektron konfigürasyonu: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

 Kısaltılmış elektron konfigürasyonu: $[\text{Ar}] 4s^2$

Şematik:


Ödev 10
 12Mg , 16S ve 20Ca 'nın uzun elektron konfigürasyonunu farklı şekillerde yazınız.

ALİŞTIRMALAR

Bir atomun belirli bir elektronunun dört kuantum sayısının değerlerinin belirlenmesi

Ödev 11

 Azot atomunun (7N) uzun elektron konfigürasyonunu yazınız, şematik olarak gösteriniz ve beşinci elektronun kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

ÇÖZÜM

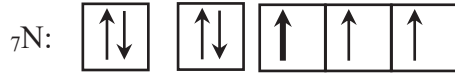
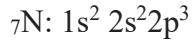
 Verilen: 7N

Aranılan: Azot atomu için şunlar yazılsın:

uzun elektron konfigürasyonu;

uzun elektron konfigürasyonunun şematik gösterimi;

beşinci elektron için kuantum sayılarının değeri.



Elektron konfigürasyonunun şematik gösterimindeki beşinci elektron daha kalın bir okla gösterilmiştir. $2p_{-1}$ orbitalinde yer aldığına göre beşinci elektron için kuantum sayılarının değerleri şöyle olacaktır: $n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = +1/2$

Ödev 12

Flor atomunun (${}_{9}\text{F}$) uzun elektron konfigürasyonunu yazınız, şematik olarak gösteriniz ve dokuzuncu elektronun kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

ALİŞTIRMALAR

Bir atomun belirli bir elektronunun dört kuantum sayısının değerlerinin belirlenmesi

Ödev 13

Klor atomunun (${}_{17}\text{Cl}$) uzun elektron konfigürasyonunu yazınız ve değerlik elektronlarının kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

ÇÖZÜM

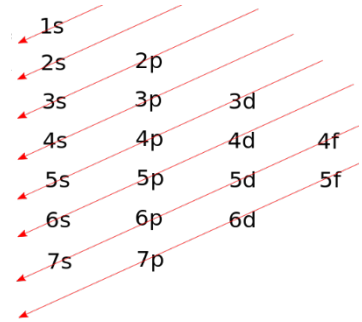
Verilen:



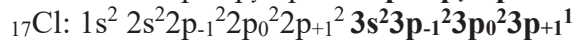
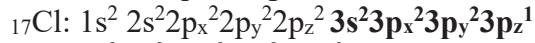
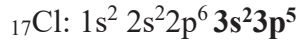
Aranan: Klor atomu için şunlar yazılsın

Uzun elektron konfigürasyonu;

Değerlik elektronlarının kuantum sayılarının değeri.

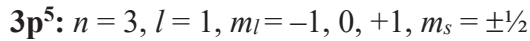
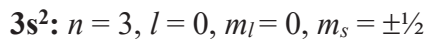


Klorun elektron konfigürasyonu şöyle olacaktır:



Elektron konfigürasyonundan, klorun değerlik elektronlarının üçüncü elektron tabakasında yer aldığı görülebilir: $\mathbf{3s^2 3p^5}$.

Klorun değerlik elektronlarının kuantum sayıları şunkardır:



Ödev 14

Alüminyum atomunun (${}_{13}\text{Al}$) uzun elektron konfigürasyonunu yazınız ve değerlik elektronlarının kuantum sayılarının değerlerini belirleyiniz.

2.4. Elementlerin Periyodik Tablosunun Elektron Konfigürasyonu ve Yapısı

Günümüzde kullanılan elementlerin periyodik tablosu Mendeleev'in (Dmitri İvanoviç Mendeleev, 1834 - 1907) versiyonuna dayanmaktadır, ancak elementler atom numaralarına (çekirdekdeki proton sayısı) göre düzenlenir, buna sıra numarası da denir. Periyodik tabloda elementler periyotlara ve gruplara ayrılır. **Periyotlar** yatay sıralardır, **dikey sıralar ise gruplar olarak adlandırılır**. Üçü kısa ve dördü uzun olmak üzere yedi periyot vardır, grup sayısı ise on sekizdir. Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği'nin (IUPAC) önerilerine göre, gruplar 1'den 18'e kadar Arap rakamlarıyla gösterilir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
	PERİYOTLAR →																			
GRUPLAR ↓	1	1 H																	2 He	
	2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
	3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
	4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
	5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
	6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
	7	87 Fr	88 Ra	*	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb			
			*	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No			

Şekil 2.7. Elementlerin Periyodik Tablosu

Periyodik tablodaki elementlerin düzenlenmesi elektron kabuğunun yapısıyla ilişkilidir. Elektron kabuğu, ana kuantum sayısının (n) değeriyle karakterize edilen elektron tabakalarından oluşur. Elektronlar yedi elektron tabakasında bulunur, $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ve 7 .

İlk elektron tabakası $n = 1$ için, s-orbitalinde ($1s^2$) toplam iki elektron ($2n^2$) bulunabilir. $n = 1$ olduğunda, iki elementin bulunduğu periyodik tablonun ilk periyodu söz konusudur, hidrojen (H) ve helyum (He).

İkinci elektron tabakası $n = 2$ için, s-orbitalinde ($2s^2$) iki ve p-orbitalinde ($2p^6$) altı olmak üzere toplam sekiz elektron ($2n^2$) bulunabilir. $n = 2$ olduğunda periyodik tablonun ikinci periyodu söz konusu olup lityumdan (Li) neona (Ne) kadar sekiz element içerir.

Üçüncü elektron tabakası $n = 3$ için, $(2n^2)$ formülüne göre, s-orbitalinde ($3s^2$), p-orbitalinde ($3p^6$) ve d-orbitalinde ($3d^{10}$) dağılmış toplam on sekiz elektron bulunabilir. Ancak, 4s-orbitalinin enerjisi 3d-orbitalinden daha düşüktür ve ilk dolar. Bu yüzden, üçüncü periyotta ($n = 3$) ikinci periyotta olduğu gibi sodyumdan (Na) argona (Ar) kadar sekiz element vardır.

Elektron tabakalarının elektronlarla doldurulması ve elementlerin periyodik tablodaki dizilimi benzer şekilde devam eder. Buna göre, belirli bir periyotta bulunan element sayısı, elektron tabakası içindeki orbitallerde bulunabilen elektron sayısına eşittir.

Her periyot, s-orbitalinin (s^1) dolmaya başladığı elementle başlar ve tamamen dolu bir p-orbitaline (p^6) sahip elementle sona erer. Belirli bir gruptaki elementlerin elektron konfigürasyonlarını karşılaştırılırsa, birbirlerine benzer olduklarını fark edilir. Gruptaki her bir sonraki elementle birlikte, bir elektron tabakası daha dolar. Aynı gruptaki elementler aynı sayıda değerlik elektronuna sahiptir ve bu nedenle benzer özelliklere sahiptir.

1 H	$1\text{H}: 1s^1$
3 Li	$3\text{Li}: 1s^2 2s^1$
11 Na	$11\text{Na}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
19 K	$19\text{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
37 Rb	Değerlik (valans)elektronlarının sayısına ve bulundukları elektron tabakasına bağlı olarak kimyasal elementin periyodik tabloda hangi grup ve periyotta yer aldığı belirlenebilir. Potasyum örneğinde ($19\text{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$) değerlik elektronları $4s^1$ 'dir. Potasyumun bir değerlik elektronu vardır, bu da periyodik tablonun birinci grubunda yer aldığı anlamına gelir. Potasyumun değerlik elektronu dördüncü elektron tabakasında yer alır. Bu, potasyumun periyodik tablonun dördüncü periyodunda yer aldığı anlamına gelir. İki değerlik elektronuna sahip olan elementler periyodik tablonun ikinci grubunda yer alır.
55 Cs	
87 Fr	

İki değerlik elektronundan fazlasına sahip p-elementleri için, grup bağlantısını belirlemek için değerlik elektronlarının sayısı d-orbitalindeki elektron sayısını ifade eden on sayısına eklenir. Örneğin, elektron konfigürasyonu $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ olan klorün 17Cl 'nin elektronların bulunduğu son elektron tabakasının üçüncü olduğu görülebilir. Bu, değerlik elektronlarının üçüncü elektron tabakasından, $3s^2 3p^5$ 'ten gelen elektronlar olduğu anlamına gelir. Değerlik elektronlarının sayısı yedi olduğundan, klor elementi periyodik tabloda on yedinci grupta ($10 + 7$) yer alır. Klorün değerlik elektronları üçüncü elektron kabuğunda ($3s^2 3p^5$) yer alır, bu da klor elementinin periyodik tabloda üçüncü periyotta yer aldığı anlamına gelir.

ALIŞTIRMALAR

Bilinen bir elektron konfigürasyonuna dayanarak bir elementin ait olduğu değerlik elektronlarının sayısının, periyot numarasının ve grup numarasının belirlenmesi.

Ödev 15

Kükürt (16S) elementinin elektron konfigürasyonuna göre değerlik elektron sayısını, periyot numarasını ve grup numarasını belirleyiniz.

ÇÖZÜM

Verilen:

$_{16}\text{S}$

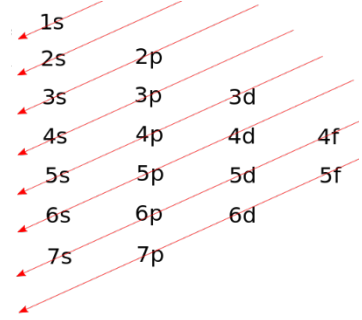
Aranan: Kükürt atomu için şunlar belirlensin:

uzun elektron konfigürasyonu;

değerlik elektronlarının sayısı;

periyot numarası;

grup numarası.



Kükürtün elektron konfigürasyonu şöyle olacaktır: $_{16}\text{S}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

$_{16}\text{S}$ 'nin elektron konfigürasyonundan, değerlik elektronlarının üçüncü elektron tabakasında yer aldığı görülebilir: $3s^2 3p^4$.

Değerlik elektronları üçüncü elektron tabakasında yer aldığından, $_{16}\text{S}$ elementi üçüncü periyotta yer alır.

$_{16}\text{S}$ elementinin değerlik elektronlarının sayısı altıdır, bu da periyodik tablonun on altıncı grubunda ($10 + 6$) yer aldığı anlamına gelir.

Ödev 16

Magnezyum ($_{12}\text{Mg}$) elementinin elektron konfigürasyonuna göre değerlik elektron sayısını, periyot numarasını ve grup numarasını belirleyiniz.

Son elektron tabakasının hangi atom orbitalinde değerlik elektronlarının bulunduğuna bağlı olarak elementler şu şekilde ayrılır:

- s-elementler;
- p-elementler;
- d-elementler;
- f-elementler.

s-elementler, değerlik elektronlarının s-orbitalinde bulunduğu elementlerdir. Bu element sınıfına hidrojen (H), helyum (He), **alkali metallar** (Li, Na, K, Rb, Cs ve Fr) ve **alkali toprak metallar** (Be, Mg, Ca, Sr, Ba ve Ra) aittir. s-elementleri, hidrojen ve helyum hariç metallardır. İlk grupta, alkali metallar adı verilen tipik metalleri bulunur. Bu elementlerin son elektron tabakasında birer elektronu vardır ve ns^1 -elementleri olarak adlandırılırlar. İkinci grubun elementlerine alkali toprak metalleri denir. Son elektron tabakasında iki değerlik elektronu bulunur ve ns^2 -elementleri olarak adlandırılırlar.

p-elementler sınıfında metallar, ametaller ve yarı metallar vardır. p-orbitalindeki değerlik elektronu sayısına bağlı olarak p-elementleri şunlar olabilir: p1-elementleri ($ns^2 np^1$), p²-elementleri ($ns^2 np^2$), p³-elementleri ($ns^2 np^3$), p⁴-elementleri ($ns^2 np^4$), p⁵-elementleri ($ns^2 np^5$) ve p⁶-elementleri ($ns^2 np^6$).

p^4 -elementlerine (on altıncı grup) **kalkojen elementler** denir. Kalkojen elementler şunlardır: oksijen (O), kükürt (S), selenyum (Se), tellür (Te) ve polonyum (Po). p^5 -elementleri (on yedinci grup) **halojen elementler** olarak adlandırılır. Halojen elementler şunlardır: flor (F), klor (Cl), brom (Br), iyot (I) ve astatin (At). p^6 -elementleri (on sekizinci grup) **soy (inert) gazlar** olarak adlandırılır. Soy gazlar helyum (He), neon (Ne), argon (Ar), ksenon (Xe), kripton (Kr) ve radondur (Rn). Bu gruptaki elementler son elektron tabakasında sekiz elektron içerir, tamamen dolu s-orbitalleri ve p-orbitalleri vardır, istisna iki elektrona sahip olan helyumdur.

d-elementler grubu, son elektron tabakasında kısmen dolu d-orbitalleri olan metalleri içerir. Bir periyotta 10 d-elemanı vardır, bu da d-orbitalinde bulunabilen elektron sayısına eşittir. d-elementlerinin bir özelliği, d-orbitali yarı doluysa, yani 5 elektron içeriyorsa veya tamamen doluysa ve 10 elektron içeriyorsa atomlarının daha kararlı olmasıdır. Bu nedenle, d-elementlerinin bazı atomlarında, elektronlar en yüksek enerji seviyesini doldurur ve daha düşük enerjili enerji seviyelerinden biri boş kalır. Örneğin, bakırın 29 elektronu vardır (${}_{29}\text{Cu}$), bu nedenle elektron konfigürasyonunun şu şekilde olması beklenir: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$. Ancak, bakırın elektron konfigürasyonu şudur: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$. Elektronlar arasındaki itme kuvvetleri, $4s^2$ orbitalinden bir elektronun $3d^9$ orbitaline geçmesinin nedenidir. Bu durumda, 3d orbitali tamamen doludur ($3d^{10}$) ve 4s orbitali kısmen doludur ($4s^1$). Bu şekilde, bakır atomunun daha fazla kararlılığı elde edilir.

f-elementlerinin son elektron tabakasında kısmen dolu f-orbitalleri vardır. Bunlar iki gruba ayrılır: lantanitler ve aktinitler. *Lantanitler*, lantan (La) ile benzer kimyasal özelliklere sahip elementlerdir. Bu grup, atom numarası 58 olan seryumdan (Ce) atom numarası 71 olan lutesyuma (Lu) kadar olan elementleri içerir. *Aktinitler*, aktinyuma (Ac) benzer özelliklere sahip elementlerdir. Bu gruba, atom numarası 90 olan toryumdan (Th) atom numarası 103 olan lavrensiyuma (Lr) kadar olan elementler aittir.

2.5. Elementlerin özelliklerinin Periyodik Değişimi

Atom yarıçapı, iyonlaşma enerjisi, elektronegatiflik ve elektron afinitesi gibi elementlerin özellikleri, elektron konfigürasyonlarına bağlıdır. Bu özellikler, elektron kabuğunun yapısının periyodik tekrarı nedeniyle elementlerin periyodik tablosunda periyotlar ve gruplar arasında periyodik olarak değişir. Periyotlardaki değişim eğilimi soldan sağa, gruplarda ise yukarıdan aşağıya doğru takip edilir.

Atom yarıçapı

Atom yarıçapı, bir atomun çekirdeğinden en dıştaki elektron tabakasında olan mesafedir. Atom yarıçapı pikometre (pm) büyüklüğünde ifade edilir. Periyodik tabloda soldan sağa doğru bir periyot içinde atom yarıçapı kademeli olarak azalır. Bunun nedeni, çekirdekteki proton sayısının atom

veya sıra numarası arttıkça artmasıdır. Proton sayısı arttıkça, elektron kabuğundaki elektronlar çekirdeğe daha yakındır. Bir grup çerçevesinde atom yarıçapı yukarıdan aşağıya doğru artar. Bir grupta atom veya sıra numarası arttıkça, ana kuantum sayısının değeri artar, bununla birlikte çekirdeğin etrafındaki elektron kabuklarının sayısı artar ve dolayısıyla atom yarıçapı artar.

ALİŞTIRMALAR

Elementleri, bazı özelliklerinin artan veya azalan değerlerine göre sıralama.

Ödev 17

Aşağıdaki elementleri artan atom yarıçaplarına göre sıralayın: sezyum (Cs), lityum (Li), sodyum (Na) ve potasyum (K).

ÇÖZÜM

Aranan: Şu elementleri artan atom yarıçapına göre sıralamak: sezyum (Cs), lityum (Li), potasyum (K) ve sodyum (Na).

Verilen elementler periyodik tablonun ilk grubunda bulunur. Bir grup içinde yukarıdan aşağıya doğru, atom yarıçapı artan elektron tabakaları ile artar. Buna göre, elementler şu şekilde sıralanacaktır:

1. lityum (Li)
2. sodyum (Na)
3. potasyum (K)
4. sezyum (Cs)

1
H
3
Li
11
Na
19
K
37
Rb
55
Cs
87
Fr

Ödev 18

Şu elementleri atom yarıçaplarına göre azalan sıraya göre düzenleyin: klor (Cl), magnezyum (Mg), alüminyum (Al) ve fosfor (P).

Farklı periyotlara veya farklı gruplara aitlerse, elementleri özelliklerinin herhangi birinin değerine göre artan veya azalan sıraya göre düzenlemek mantıklı değildir.

İyonlaşma enerjisi

İyonlaşma enerjisi, gaz halindeki nötr atomdan veya iyonlardan bir elektronu çıkarmak için gereken enerjidir. İyonlaşma enerjisi kJ/mol veya eV (elektron volt) olarak ifade edilir. Bir elektron çekirdeğe ne kadar yakınsa, çekirdekteki protonlar onu o kadar güçlü çeker ve sonuç olarak elektronu çıkarmak için daha fazla enerji gerekir. Çekirdeğe daha yakın olan iç elektron tabakalarındaki elektronlar daha yüksek iyonlaşma enerjisine sahiptir. Öte yandan, çekirdekten daha uzak olan dış elektron tabakasındaki elektronlar daha düşük iyonlaşma enerjisine sahiptir. İyonlaşma enerjisi ne kadar düşükse, atomun bir iyon oluşturması o kadar kolay olur ve tersi, iyonlaşma enerjisi ne kadar yüksekse, atomun bir iyon oluşturması o kadar zor olur.

İyonlaşma enerjisi bir periyot çerçevesinde soldan sağa doğru artar. Bunun nedeni, periyodik tablonun sağ tarafının en dış elektron tabakasında daha fazla elektron bulunan elementleri

içermesidir. Elektron abakalarının sayısı arttıkça iyonlaşma enerjisi yukarıdan aşağıya doğru azalır. Grubun altındaki elementlerde, değerlik elektronları çekirdekten daha uzaktadır ve onlara daha az çekilirler. Bu nedenle, değerlik elektronlarını atomdan çıkarmak için daha az iyonlaşma enerjisi gerekir. Soy (inert) gazlar en yüksek iyonlaşma enerjisine sahiptir çünkü en dış elektron tabakaları (değerlik tabakası) tamamen doludur. İyonlaşma enerjisi atom yarıçapıyla ters orantılı olarak değişir. Şöyle ki, daha küçük atom yarıçapına sahip atomlardaki elektronlar çekirdeğe daha güçlü çekilir. Bu nedenle, onları atomdan çıkarmak için daha fazla enerji gerekir. Aslında, en küçük atomlar en yüksek iyonlaşma enerjisine sahiptir.

ALIŞTIRMALAR Elementleri, bazı özelliğin artan veya azalan değerlerine göre sıralama.

Ödev 19 Verilen elementleri iyonlaşma enerjilerine göre azalan sıraya göre sıralayın: neon (Ne), berilyum (Be), oksijen (O) ve bor (B).

ÇÖZÜM

Aranan: Şu elementleri iyonlaşma enerjisinin azalan sırasına göre düzenleyin: neon (Ne), berilyum (Be), oksijen (O) ve bor (B).

Verilen elementler aynı periyotta bulunur. Bir periyot çerçevesinde, elementlerin sıra sayısı arttıkça iyonlaşma enerjisi de artar.

3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	----------

Buna göre, verilen elementler aşağıdaki gibi sıralanacaktır:

1. neon (Ne)
2. oksijen (O)
3. bor (B)
4. berilyum (Be)

Ödev 20 Aşağıdaki elementleri iyonlaşma enerjilerine göre azalan sıraya göre düzenleyin: neon (Ne), ksenon (Xe), helyum (He), kripton (Kr) ve radon (Rn).

Elektronegatiflik

Elektronegatiflik, bir elementin atomunun, bağlı olduğu elementin atomuyla kimyasal bir bağdan paylaşılan elektronları ne kadar güçlü bir şekilde çektiğini gösteren büyüklüktür. Elektronegatifliği nicel olarak ifade etmek için Pauling ölçeği (Linus Pauling, 1901 – 1994) kullanılır. Bir periyot çerçevesinde, elektronegatiflik soldan sağa doğru artar. Periyodik tabloda bir grup içinde ise elektronegatiflik yukarıdan aşağıya doğru azalır. Böyle bir eğilim, gruptaki atom yarıçapının yukarıdan aşağıya doğru artması ve periyotta soldan sağa doğru azalması göz önüne alındığında

anlaşılabilir. Atom yarıçapı ne kadar küçükse, çekirdek paylaşılan elektron çiftine o kadar yakındır ve onu o kadar güçlü çeker. Bu nedenle, gruplara ve periyotlara göre elektronegatiflikteki değişim eğilimi, atom yarıçapına kıyasen zıttır. Periyodik tabloda elementlerin elektronegatifliği için en yüksek değere flor (3,98) ve en düşük değer fransiyum(0,7) sahiptir.

ALİŞTIRMALAR

Elementleri, bazı özelliğin artan veya azalan değerlerine göre sıralama.

Ödev 21

Elementleri artan elektronegatifliklerine göre sıralayın: iyot (I), flor (F), brom (Br) ve klor (Cl).

ÇÖZÜM

Gerekli: Elementleri artan elektronegatiflik sırasına göre sıralamak: iyot (I), flor (F), brom (Br) ve klor (Cl).

Verilen elementler aynı grupta bulunuyor. Bir grup öeröevesinde elektronegatiflik yukarıdan aşağıya doğru azalır, bu nedenle elementler şu şekilde düzenlenecektir:

1. iyot (I)
2. brom (Br)
3. klor (Cl)
4. flor (F)

9
F
17
Cl
35
Br
53
I
85
At
117
Ts

Ödev 22

Elementleri elektronegatifliklerine göre azalan sıraya göre düzenleyin: fosfor (P), magnezyum (Mg), klor (Cl) ve sodyum (Na).

Elektron afinitesi

Elektron afinitesi, nötr bir atom, iyon veya molekül bir elektron kazandığında açığa çıkan enerji miktarıdır. Söz konusu elektron kazanma (kabul etme) olduğundan, elektron afinitesi daha çok elektron kazanarak anyonlar (negatif yüklü iyonlar) oluşturan ametal atomların karakteristiğidir. Periyodik tablonun bir grubu çerçevesinde, elektron afinitesi grupta aşağı doğru hareket ettikçe azalır. Aslında, grupta aşağı doğru hareket ettikçe atom yarıçapı artar, bu da pozitif çekirdek ile negatif yüklü elektronlar arasındaki mesafenin arttığı ve dolayısıyla çekici kuvvetin azaldığı anlamına gelir. Bu arada, soldan sağa doğru bir periyotta, atom yarıçapı azaldıkça elektron çekirdeğe daha yakındır ve bu nedenle elektron afinitesi artar. Belirli bir atomun elektron afinitesi ne kadar negatifse, oluşan anyon o kadar kararlıdır. En yüksek elektron afinite değerleri on altıncı (kalkojen elementler: O, S, Se, Te, Po) ve on yedinci (halojen elementler: F, Cl, Br, I) gruplarında bulunur. En düşük elektron afinite değerleri ise birinci (alkali metaller: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) ve ikinci (alkali toprak metaller: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) gruplarında bulunur.

ALİŞTIRMALAR

Elementleri, bazı özelliğin artan veya azalan değerlerine göre sıralama

Ödev 23

Aşağıdaki elementleri azalan elektron afinitesine göre sıralayın: iyot (I), flor (F), brom (Br) ve klor (Cl).

ÇÖZÜM

Aranan: Elementleri azalan elektron afinitesine göre sıralamak: iyot (I), flor (F), brom (Br) ve klor (Cl).

Periyodik tablonun bir grubu çerçevesinde, elektron afinitesi grupta aşağı doğru hareket ettikçe azalır. Bu nedenle, verilen elementler (aynı grupta olanlar) şu şekilde sıralanabilir:

1. flor (F)
2. klor (Cl)
3. brom (Br)
4. iyot (I)

9
F17
Cl35
Br53
I85
At117
Ts

Ödev 24

Elementleri artan elektron afinitesine göre sıralayın: flor (F), berilyum (Be), azot (N) ve karbon (C).

ÖZET

Atom, kimyasal elementlerin temel yapı taşıdır ve özellikleri ona bağlıdır.

Atomu oluşturan **temel parçacıklar** protonlar, nötronlar ve elektronlardır.

Protonlar, p^+ ile gösterilen pozitif yüklü parçacıklardır.

Nötronlar, yükü olmayan elektronötr temel parçacıklardır.

Elektronlar, e^- ile gösterilen negatif yüklü parçacıklardır.

Atom numarası (sıra sayısı), bir atomun çekirdeğindeki proton sayısıdır.

Kütle numarası, çekirdekdeki proton ve nötron sayılarının toplamıdır.

Heisenberg ilkesi (belirsizlik ilkesi) - elektronların çekirdek etrafında hareket ettiği konumu ve hızı aynı anda belirlemek mümkün değildir.

Elektron bulutu, atom çekirdeği etrafında yüksek hızda hareket eden elektronlar tarafından oluşturulur.

Ana kuantum sayısı (n) şu değerlere sahiptir: 1, 2, 3 ...vb. Ana kuantum sayısının değerine bağlı olarak, belirli bir elektron tabakasının çekirdekten uzaklığı belirlenir (yani enerji seviyesini belirler).

Orbital kuantum sayısı (l), bir enerji seviyesi içindeki alt tabakaların enerjisini belirler ve 0,1,2... ile $n-1$ arasında değerlere sahiptir, n ana kuantum sayısıdır.

Manyetik kuantum sayısı (m_l), sıfır dahil olmak üzere $-l$ ile $+l$ arasında değişen değerlere sahiptir. Atomdaki her elektronun uzaysal yönelimleri, manyetik kuantum sayısının değeri tarafından belirlenir.

Spin, elektronun kendi eksen etrafındaki hareketidir.

Spin kuantum sayısı (m_s) $+\frac{1}{2}$ ve $-\frac{1}{2}$ değerlerine sahiptir, elektronun kendi eksen etrafındaki hareket yönünü tanımlamak için kullanılır.

Atom orbitali (AO), çekirdeğin etrafındaki elektronu bulma olasılığının en yüksek olduğu (%90 - %95) alanın bir parçasıdır.

Kuantum-mekanik modeli, elektron bulutunun çekirdeğin etrafındaki elektronların hareketinin bir sonucu olarak olduğu modeldir.

Eşleştirilmiş elektronlar, bir atom orbitalinde bulunan ve zıt dönüşlere sahip elektronlardır.

Dejeneratif orbitaller, aynı enerjiye sahip orbitallerdir.

Hund kuralı - aynı enerjiye sahip orbitallerde (dejeneratif orbitaller) elektronlar, bunların maksimumunu işgal edecek şekilde düzenlenir.

Pauli ilkesi (dışlama ilkesi) - bir atomda, dört kuantum sayısının tümü için aynı değerlere sahip

iki elektron bulunamaz.

Elektron konfigürasyonu, elektronların elektron tabakalarda ve alt tabakalarda düzenlenmesidir.

Değerlik elektronları, belirli bir atomun son elektron tabakasında bulunan elektronlardır.

Periyotlar, elementlerin periyodik tablosundaki yatay sıralardır.

Gruplar, elementlerin periyodik tablosundaki dikey sıralardır.

s-elementleri, değerlik elektronlarının s-orbitalinde bulunduğu elementlerdir.

p-elementleri, son elektron tabakasında kısmen dolu p-orbitallerine sahiptir.

d-elementleri (geçiş elementleri), son elektron tabakasında kısmen dolu d-orbitallerine sahiptir.

f-elementleri, son elektron tabakasında kısmen dolu f-orbitallerine sahiptir.

Atom yarıçapı, bir atomun çekirdeğinden son elektron tabakasına olan mesafedir.

İyonlaşma enerjisi, gaz halindeki nötr bir atomdan veya iyondan bir elektronu çıkarmak için gereken enerjidir.

Elektronegatiflik, bir elementin atomunun, bağlı olduğu elementin atomuyla kimyasal bir bağdan paylaşılan elektronları ne kadar güçlü çektiğini gösteren bir büyüklüktür.

Elektron afinitesi, nötr bir atom, iyon veya molekül bir elektron kazandığında serbest kalan enerji miktarıdır.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Dördüncü elektron tabakası için ana kuantum sayısının (n) değeri ne kadardır?
- 2) Verilen bir elektron tabakasındaki orbital sayısı nasıl belirlenir? Üçüncü elektron tabakasında kaç orbital vardır? Bunlar hangileridir?
- 3) Verilen bir elektron tabakası için belirli bir türdeki orbital sayısı nasıl belirlenir?
- 4) Üçüncü elektron tabağında ($n = 3$) kaç elektron bulunabilir?
- 5) Aşağıdaki kuantum sayılarının kombinasyonlarından hangisi mümkün değildir? Açıklayınız.
 - a) $n = 3, l = 2, m_l = +1, m_s = +\frac{1}{2}$
 - b) $n = 2, l = 2, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$
 - c) $n = 4, l = 1, m_l = +3, m_s = -\frac{1}{2}$
 - d) $n = 5, l = 3, m_l = -3, m_s = \pm\frac{1}{2}$
- 6) Aşağıdaki kuantum sayılarının birleşimiyle tanımlanan atom orbitali hangisidir:
 - a) $n = 3, l = 2$
 - b) $n = 2, l = 1$
 - c) $n = 3, l = 0$
- 7) Aşağıdaki atom orbitallerinden hangisi mevcut değildir: 2s, 4p, 5d ve 3f. Bunu nasıl biliyorsunuz?
- 8) $l = 2$ için kaç atom orbitali vardır? Bunlarda kaç elektron bulunabilir?
- 9) $2(2l + 1)$ formülü ile ne belirlenir?
- 10) $n = 4, l = 3, m_l = 0$ olan atom orbitallerinin sayısı kaçtır?
- 11) $n = 4, l = 3$ olan atom orbitallerinin maksimum sayısı kaçtır?
- 12) $n = 4, l = 3, m_s = +\frac{1}{2}$ olan atom orbitallerinin maksimum sayısı kaçtır?
- 13) Aşağıdaki kuantum sayılarının birleşimi ile tanımlanan atom orbitallerinden hangisidir:
 - a) $n = 3, l = 2, m_l = +1$
 - b) $n = 2, l = 1, m_l = 0$
 - c) $n = 3, l = 0, m_l = 0$
- 14) Aşağıdaki orbitaller için ana kuantum sayısının ve orbital kuantum sayısının değerlerini belirleyin: 2p, 5s, 3d ve 6f.
- 15) $3s^2$ -elektronları için Pauli ilkesinin geçerliliğini açıklayın.
- 16) $3p^6$ orbitalindeki elektronlar Hund kuralına göre nasıl düzenlenecek?
- 17) Beş d-orbitalinin dejeneratif olması ne anlama geliyor? 3d-orbitalinde altı elektron varsa, bunları nasıl düzenleyeceksiniz?
- 18) Azotun (${}^7\text{N}$) elektron konfigürasyonunu yazın ve her elektron için dört kuantum sayısının değerlerini belirleyin?
- 19) Orbitaller elektronlarla nasıl doldurulur? Aşağıdaki sıra doğru mudur: $1s^2 2s^2 2p^6 3p^3 3s^2 3f^{14}$? Açıklayın.
- 20) Potasyumun (${}_{19}\text{K}$) elektron konfigürasyonunu yazın ve kaç tane eşleştirilmiş elektron olduğunu ve hangi orbitallerde yer aldıklarını belirleyin?
- 21) Aşağıdaki orbitalleri enerji sırasına göre düzenleyin: 3s 2p 3d 5f ve 4p.
- 22) ${}_{33}\text{As}$ 'nın uzun ve kısa elektron konfigürasyonlarını yazın. Elektron konfigürasyonunu şematik olarak gösterin.
- 23) Kükürt atomunun (${}_{16}\text{S}$) kaç p-elektronu vardır?
- 24) Brom atomunun (${}_{35}\text{Br}$) kaç d-elektronu vardır?

- 25) Kalsiyum atomunun ($_{20}\text{Ca}$) kaç s-elektronu vardır?
- 26) $n = 5$, $l = 1$ olan elektron sayısı kaçtır?
- 27) Aşağıdaki elektron konfigürasyonu hangi elemente uygulanır: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$? Elementin kısaltılmış elektron konfigürasyonunu yazın. Hangi elektronlar valanstır, element periyodik tablonun hangi grubunda ve periyodunda yer alır?
- 28) Bir kimyasal elementin periyodik tabloda hangi grup ve periyotta yer aldığı nasıl belirlenebilir?
- 29) Brom elementi periyodik tablonun dördüncü periyodunda ve 17. grubunda yer alır. Bromun pozisyonundan onun hakkında ne sonuç çıkarabilirsiniz?
- 30) Hangi elementlere p-elementleri denir? Sodyum bir p-elementi midir?
- 31) Atom yarıçapının bir grup içinde yukarıdan aşağıya doğru artarken, bir periyot boyunca soldan sağa doğru azalmasının nedenini açıklayın.
- 32) Soy gazlardan hangisi en yüksek iyonlaşma enerjisine sahiptir? Aynı element aynı zamanda en büyük atom yarıçapına sahip olacak mıdır? Açıklayınız.
- 33) En küçük atomların en yüksek iyonlaşma enerjisine sahip olduğu doğru mudur? Açıklayınız.
- 34) Periyotlar ve gruplardaki elektronegatiflik değişim eğilimi atom yarıçapıyla aynı mıdır? Açıklayınız.
- 35) Hangi elementlerin elektron afinitesi en yüksektir? Elektron kazandıklarında onlara ne olur?

MODÜLER BİRİM 3**KİMYASAL BAĞLAR****Öğrenme hedefleri**

Kimyasal Bağlar Modüler birimi ile aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenmektedir:

- Kimyasal bağlar (iyonik, kovalent ve koordinat bağları) ve kimyasal elementlerin Lewis sembolleri hakkında edinilen bilgilerin genişletilmesi;
- Örtüşen atom orbitalleri ve hibridizasyon yoluyla kovalent bağ türünü açıklamak;
- Maddelerin kimyasal bağ ve yapılarına dayalı moleküller arası etkileşimlerin öngörülmesi;
- İyonik ve kovalent kristallerin yapısını anlamak;
- Gazların, sıvıların ve katıların yapısı ve özellikleri hakkında bilginin genişletilmesi;

Modüler biriminin çalışılmasının beklenen sonuçlar

Kimyasal Bağlar Modüler birimini inceledikten sonra öğrencilerin şunları yapması beklenmektedir:

- Elektronegatifliğe dayanarak kimyasal bağ türünü belirlemek;
- Atomun özellikleri ile iyonların (katyon ve anyonların) oluşumunu birbirine bağlamak ve iyonik bağ oluşumunu şematik olarak göstermek;
- Lewis sembolleri yardımıyla farklı kovalent bağ türlerinin oluşumunu açıklamak ve değerlik bağı teorisini açıklamak;
- Farklı hibridizasyon (melezleşme) türlerini tanımak ve açıklamak;
- Moleküller arası etkileşimleri bilmek ve açıklamak;
- Gazların, sıvıların ve katıların yapılarını ayırt edebilmek ve maddelerin özelliklerini yapılarıyla ilişkilendirebilir;

Terimler

iyon, katyon, anyon, iyonik yarıçap, elektrostatik kuvvetler, iyonik bağ, iyonik kristal kafes, birim hücresi, iyonik kristal, paylaşılmış (ortak) elektron çifti, değerlik bağı teorisi, orbitallerin örtüşmesi, tek bağ, çift bağ, üçlü bağ, s-bağı, p-bağı, polar olmayan kovalent bağ, polar kovalent bağ, elektronegatiflik, koordinat bağı, hibridizasyon, hibrit orbitaller, bağ oluşturmeyen orbitaller, bağ oluşturmeyen elektronlar, Van der Waals kuvvetleri, London kuvvetleri, iyon-dipol etkileşimleri, dipol-dipol etkileşimleri, iyon-indüklenmiş dipol etkileşimleri, dipol-indüklenmiş dipol etkileşimleri, hidrojen bağı, kristal katı maddeler, amorf katı maddeler, iyonik kristaller, atomik (kovalent) kristaller, moleküler kristaller, metalik kristaller ve metalik bağlama;

Modüler biriminin içeriği

Kovalent bağ – orbitallerin örtüşmesi

Kovalent bağ ve moleküllerin yapısı

Moleküller arası etkileşimler ve gazların, sıvıların ve katıların yapıları ve özellikleri

3. KİMYASAL BAĞLAR

Elementler kimyasal bağlar oluştururken aslında elektron paylaşarak veya elektron değişimi yaparak kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşırlar. Periyodik tabloda belirli bir elementin kararlı elektron konfigürasyonu, son elektron tabakasında sekiz elektron (oktet) bulunması anlamına gelir. Bunun istisnası, en dış elektron tabakalarında en fazla iki elektron bulunabilen hidrojen ve helyum elementleridir. Periyodik tablonun 18. grubunda yer alan soy gazların son elektron tabakalarında sekiz elektron bulunur. Geriye kalan elementler ise kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşmak için kimyasal bağlarla birbirlerine bağlanırlar.

Tablo 11. Soy gazların elektron konfigürasyonu

Soy gazı	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$
helyum (He)	$1s^2$					
neon (Ne)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$				
argon (Ar)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6$			
kripton (Kr)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6$		
ksenon (Xe)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6 4d^{10}$	$5s^2 5p^6$	
radon (Rn)	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14}$	$5s^2 5p^6 5d^{10}$	$5s^2 5p^6$

Kimyasal bağ, farklı yapı taşlarını (atomlar ve iyonlar) bir arada tutan çekici kuvvettir. Bileşiklerin özellikleri, onları oluşturan yapı taşları arasındaki kimyasal bağların gücüne bağlıdır. Kimyasal bağ ne kadar kuvvetli ise, bileşik o kadar kararlı olacaktır. Kimyasal bağın zayıf olması durumunda, ortaya çıkan bileşik kararlı olmayacak ve daha kararlı, kimyasal bağları kuvvetli bir bileşik elde etmek amacıyla kolayca kimyasal reaksiyonlara girecektir.

Demek ki, atomlar kimyasal bağlanmaya katıldığında bileşikler oluşur; bu bileşiklerin kararlılığı atomların bağlandığı kimyasal bağların türüne bağlıdır. Oluşan kimyasal bağlar kuvvet ve özellik bakımından farklılık gösterir.

Bu arada, kimyasal bağlar, elektronların kabul edilmesi veya bırakılmasıyla (örneğin NaCl) veya bağ yapan atomlar arasında paylaşılmış elektron çiftleri oluşmasıyla (örneğin O₂) oluşur. Buna göre iki tür kimyasal bağ vardır:

- iyonik bağ;
- kovalent bağ.

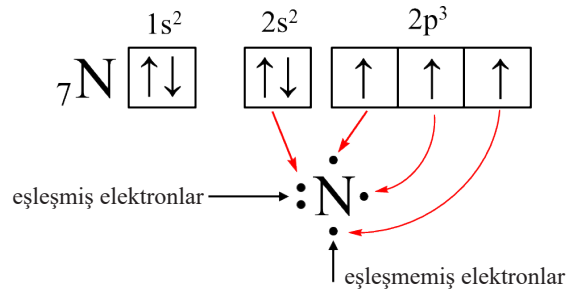
Kimyasal elementler için Lewis sembolleri

Atomları bir arada tutan kimyasal bağ türü, atomların periyodik tablodaki yerlerine, yani elektron konfigürasyonlarına bağlıdır. Bir atomun oluşturacağı kimyasal bağların sayısı ise değerlik elektronlarının sayısına bağlıdır, çünkü bunlar kimyasal bağların oluşumuna katılırlar. Amerikalı kimyacı Lewis (Gilbert Newton Lewis, 1875 – 1946) atomların değerlik elektronlarını

göstermenin basit bir yolunu önerdi ve bu sembollere onun onuruna **Lewis sembolleri** adı verildi. Lewis sembolleri, soy gazlar gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşabilen elementlerin değerlik elektronlarını temsil etmek için kullanılır. Bunlar ana grupların (s ve p-elementlerinin) elementlerinin atomları. Bu elementlerde değerlik elektron sayısı, o elementin içinde bulunduğu grup numarasına eşittir.

Lewis'e göre bir elementin kimyasal sembolü atomun çekirdeğini ve iç elektron tabakalarındaki elektronları (iç elektronlar), element sembolünün etrafındaki noktalar ise değerlik elektronlarını (son elektron tabakasındaki elektronlar) temsil eder. Her değerlik elektronu tek bir noktayla gösterilir. Lewis sembolleri, kimyasal element sembolünün her iki yanına önce bir nokta konularak yazılır. 4'ten fazla değerlik elektronuna sahip elementlerde, daha önce yazılan noktaların yanına bir sonraki noktalar yazılır.

Element sembolünün yanındaki nokta **eşleşmemiş elektronu**, Lewis sembollerinde yan yana gelen iki nokta ise elektron çiftini gösterir ve bu tür elektronlara **eşleşmiş elektronlar** denir. Eşleşmemiş elektron ve eşleşmiş elektronların nasıl gösterileceği, azot atomunun Lewis sembolünden görülebilir. Şematik gösterimden azot sembolünün etrafında beş nokta olduğu görülebilir; bu, azotun beş değerlik elektronuna sahip olduğu, bunlardan ikisinin eşleşmiş, üçünün ise eşleşmemiş olduğu anlamına gelir. Eşleşmemiş noktaların (elektronların) sayısı, bir atomun oluşturabileceği kimyasal bağların sayısına karşılık gelir. Bu, azot atomunun diğer atomlarla üç kimyasal bağ oluşturabileceği anlamına gelir. Şekil 3.1'de bazı kimyasal elementlerin Lewis sembolleri gösterilmektedir.



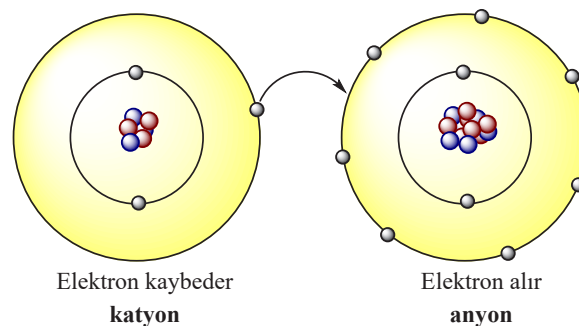
Grup	Element	Elektron konfigürasyonu	Lewis sembolü	Element	Elektron konfigürasyonu	Lewis sembolü
1	Li	[He]2s ¹	Li•	Na	[Ne]3s ¹	Na•
2	Be	[He]2s ²	Be:	Mg	[Ne]3s ²	Mg:
13	B	[He]2s ² 2p ¹	•B•	Al	[Ne]3s ² 3p ¹	•Al•
14	C	[He]2s ² 2p ²	•C•	Si	[Ne]3s ² 3p ²	•Si•
15	N	[He]2s ² 2p ³	•N:	P	[Ne]3s ² 3p ³	•P:
16	O	[He]2s ² 2p ⁴	:O:	S	[Ne]3s ² 3p ⁴	:S:
17	F	[He]2s ² 2p ⁵	:F•	Cl	[Ne]3s ² 3p ⁵	:Cl•
18	Ne	[He]2s ² 2p ⁶	:Ne:	Ar	[Ne]3s ² 3p ⁶	:Ar:

Şekil 3.1. Bazı kimyasal elementlerin Lewis sembolleri

Lityumun Lewis sembolünden, element sembolünün yanında bir nokta olduğu görülebilir, bu da lityumun kimyasal bağ oluşturabileceği bir değerlik elektrona sahip olduğu, yani monovalent olduğu anlamına gelir. Oksijenin Lewis sembolünden ise element sembolünün yanındaki nokta sayısının altı olduğu görülebilir, ancak bileşiklerdeki oksijen iki değerlikli bir elementtir. Yani oksijenin sadece iki değerlik elektronu eşleşmemiş olup kimyasal bağ oluşturabilir, dört değerlik elektronu ise iki elektron çifti oluşturur ve kimyasal bağ oluşumuna daha artık katılmazlar.

3.1. İyonik bağ

İyonik bağ, bir veya daha fazla elektron bir atomdan diğerine aktarıldığında oluşur. Bu kimyasal bağ, biri metal, diğeri ametal olmak üzere iki atom arasındaki elektron alışverişini içerir. Genel olarak, dörtten az değerlik elektrona sahip bir element bunları kaybederken, dörtten fazla değerlik elektronuna sahip bir element en dış elektron tabakasında sekize kadar elektron alır. Elektron kaybeden bir atom, **katyon** adı verilen pozitif yüklü bir iyon haline gelirken, elektron kazanan bir atom, **anyon** adı verilen negatif yüklü bir iyon oluşturur. Metaller elektron kaybederek katyon oluşturma eğiliminde bulunur, ametaller ise elektron kazanarak anyon oluşturma eğilimindedir. Bu şekilde soy gazlar gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşırlar, yani son elektron tabakasında sekiz elektron bulunur.



Şekil 3.2. Yüklü parçacıklar – iyonlar: katyon ve anyon

Demek ki, iyonik bağ metal atomları ile ametal atomları arasında oluşur. Bu sırada ametal atomu, metal atomunun serbest bıraktığı elektronları alır.

İyonik bağ, *iyonik bileşiklerde bir metalin oluşturduğu iyonları (katyonlar) ve bir ametalin oluşturduğu iyonları (anyonlar) bir arada tutan elektrostatik çekim kuvvetidir.*

İyonların oluşumu

Kazanılan ve kaybedilen elektron sayısı, bir elementin sahip olduğu değerlik elektron sayısına bağlıdır. Bu arada, oluşan iyonların yükü, verilen veya alınan elektron sayısına eşittir. Aşağıdaki örnekler katyon ve anyonların nasıl oluştuğunu ve yüklerinin nasıl belirlendiğini göstermektedir.

Lityumun elektron konfigürasyonundan (${}_{3}\text{Li}: 1s^2 2s^1$) birinci elektron tabakasında iki elektron, ikinci tabakasında ise bir değerlik elektronu olduğu görülebilir. Helyum (${}_{2}\text{He}$) soy gazı gibi kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşmak için lityum, değerlik elektronunu serbest bırakacak ve bir katyon ($\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + 1e^-$) oluşturacaktır.

Magnezyumun elektron konfigürasyonunu yazarsak (${}_{12}\text{Mg}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$) birinci elektron tabakasında iki elektron, ikinci tabakada sekiz elektron ve üçüncü tabakada iki değerlik elektronu olduğunu görebiliriz. Magnezyum, değerlik elektronlarını serbest bırakarak, Neon (${}_{10}\text{Ne}$) soy gazı gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşır ve böylece bir katyon ($\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$) oluşturur.

Florun elektron konfigürasyonundan (${}_{9}\text{F}: 1s^2 2s^2 2p^5$) birinci elektron tabakasında iki elektron, ikinci tabakada ise yedi değerlik elektronu olduğu görülebilir. Dörtten fazla değerlik elektronuna sahip bir elementin, son elektron kabuğu tamamen dolana kadar, yani toplam elektron sayısı sekize ulaşana kadar elektron kabul etme eğiliminde olduğunu hatırlayalım. Bu nedenle flor, bir elektron kabul edecek ve neon (${}_{10}\text{Ne}$) soy gazı gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşacak ve böylece bir anyon ($\text{F} + 1e^- \rightarrow \text{F}^-$) oluşturacaktır.

Azot elementinin elektron konfigürasyonunu (${}_{7}\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$) yazarsak, birinci tabakada iki elektron, ikinci tabakada ise beş değerlik elektronu olduğunu görebiliriz. Azot, üç elektron alarak anyon ($\text{N} + 3e^- \rightarrow \text{N}^{3-}$) oluşturacak ve soy gaz neon (${}_{10}\text{Ne}$) gibi kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşacaktır.

Yukarıdaki örneklerden de görüleceği gibi iyonların yükü, kazanılan veya kaybedilen elektron sayısına eşittir. Bu sırada, elektron veren element katyon oluşturur, elektron alan element ise anyon oluşturur. *Tek bir atomdan oluşan iyonlara* (yukarıdaki örneklerdeki iyonlar gibi) **monatomik iyonlar** denir.

ALİŞTIRMALAR

Monoatomik iyonların elektron konfigürasyonunun yazılması

Ödev 1

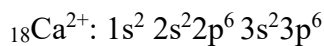
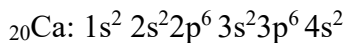
Ca^{2+} ve O^{2-} iyonlarının elektron konfigürasyonunu yazın.

ÇÖZÜM

Aranan: Ca^{2+} ve O^{2-} iyonlarının elektron konfigürasyonu yazılsın

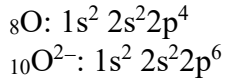
Ca^{2+} 'nin elektron konfigürasyonu

Elementlerin periyodik tablosuna bakıldığında kalsiyumun atom numarasının 20 (${}_{20}\text{Ca}$) olduğu, yani çekirdeğinde 20 proton ve elektron kabuğunda 20 elektron bulunduğu görülmektedir. Kalsiyum iyonu (Ca^{2+}) $2+$ yüküne sahiptir, bu da kalsiyumun iki elektron kaybettiği anlamına gelir. Dolayısıyla kalsiyum katyonunun sahip olduğu elektron sayısı 18'dir, bu da argon (${}_{18}\text{Ar}$) soy gazı gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna (üçüncü elektron tabakasında sekiz elektron) ulaştığı anlamına gelir.



O²⁻'nin elektronik konfigürasyonu

Oksijen elementinin atom numarası sekizdir (${}_8\text{O}$), bu da elektron kabuğunda sekiz elektron bulunduğu anlamına gelir. Oksijen iyonu (O^{2-}), oksijenin iki elektron kazanmasıyla oluşur ve bu nedenle yükü $2-$ 'dir. Dolayısıyla oksijen anyonunun sahip olduğu elektron sayısı 10 'dur, böylece neon (${}^{10}\text{Ne}$) soy gazı gibi kararlı elektron dizilimine konfigürasyona sahiptir.

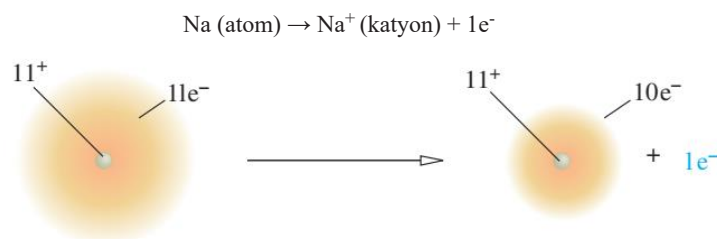


Ödev 2 K^+ ve S^{2-} iyonlarının elektron konfigürasyonunu yazın.

İyonik bağın oluşması

İyonik bağın oluşması sodyum klorür (NaCl) örneği ile gösterilebilir. Bu örnekte, sodyum atomu (Na) tipik bir metaldir, klor atomu (Cl) ise tipik bir ametaldir. Sodyum ve klorun elektron konfigürasyonundan, her iki atomun değerlik elektron sayıları belirlenebilir ve nasıl kararlı bir elektron konfigürasyona ulaşacakları görülebilir.

Sodyum atomunun 11 elektronu vardır, dolayısıyla elektron konfigürasyonu şöyle olacaktır: ${}_{11}\text{Na}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Elektron konfigürasyondan, sodyumun birinci elektron tabakasında ($1s^2$) iki elektron, ikinci elektron tabakasında ($2s^2 2p^6$) sekiz elektron ve üçüncü elektron tabakasında ($3s^1$) bir değerlik elektronunun bulunduğu görülebilir. Kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşmak için sodyum değerlik elektronunu serbest bırakacaktır. Oluşan katyonun (Na^+) elektron konfigürasyonu: $1s^2 2s^2 2p^6$ olacaktır. Sodyum çekirdeğinde 11 adet pozitif yüklü proton bulunması ve elektron kabuğunda elektronu kaybettikten sonra geriye 10 negatif yüklü elektron kalması nedeniyle katyonun yükü $+1$ olacaktır.

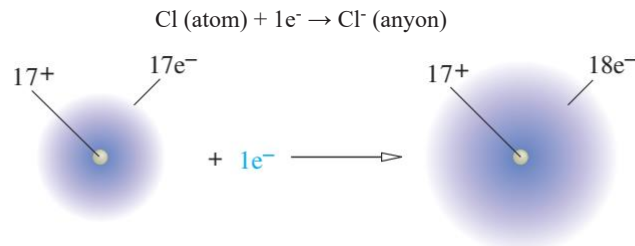


Şekil 3.3. Sodyum katyonunun (Na^+) oluşumu

Sodyum katyonunda üçüncü elektron tabakası boştur, ikinci tabakada ise sekiz elektron bulunur. Katyonun elektron konfigürasyonu, neon soy gazı ile aynıdır (${}_{10}\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$). Bu, sodyumun değerlik elektronunu kaybettiğinde neon gibi kararlı bir elektron konfigürasyona ulaşması anlamına gelir.

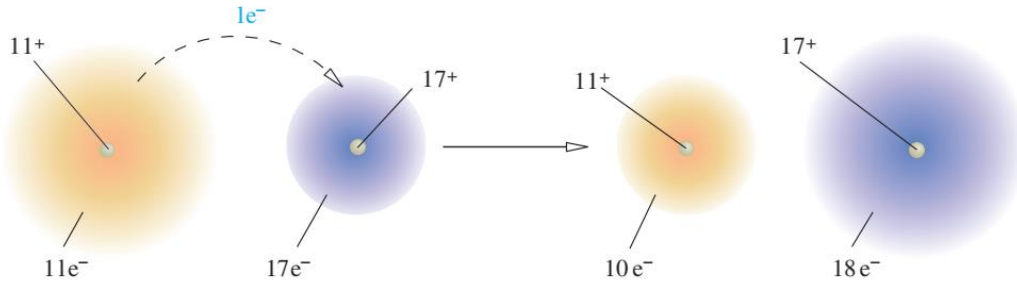
Klor atomunun 17 elektronu vardır, dolayısıyla elektron konfigürasyonu ${}_{17}\text{Cl}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ olacaktır. Klorun konfigürasyonundan, birinci elektron tabakasında ($1s^2$) iki elektronun, ikinci elektron tabakasında ($2s^2 2p^6$) sekiz elektronun ve üçüncü elektron tabakasında ($3s^2 3p^5$) yedi

değerlik elektronunun bulunduğu görülebilir. Kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşmak için klor bir elektron kabul edecek ve oluşan anyonun elektronik konfigürasyonu şu şekilde olacaktır: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Klor atomunun çekirdeğinde 17 pozitif yüklü protonun bulunması, elektron kabuğunda ise bir elektron aldıktan sonra 18 negatif yüklü elektronun bulunması sonucu olarak anyonun yükü -1 olacaktır. Klor anyonunun elektron konfigürasyonu, argon soy gazının konfigürasyonu ile aynıdır ($_{18}\text{Ar}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$). Bu, klorun bir elektron alarak argon gibi kararlı bir konfigürasyona ulaştığı anlamına gelir.



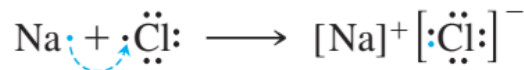
Şekil 3.4. Klor anyonunun (Cl^-) oluşumu

Zıt yüklü iyonlar olan sodyum katyonu (Na^+) ile klor anyonu (Cl^-) arasında bulunan çekim kuvveti sonucunda sodyum klorür (NaCl) bileşiği oluşur. Zıt yüklü iyonları bir arada tutan çekim gücüne iyonik bağ denir. Sodyum ve klor arasındaki elektron değişimi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Sodyum ve klor arasında iyonik bağ oluşumu

NaCl 'de iyonik bağın oluşumu Lewis sembolleri kullanılarak şematik olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:



ALİŞTIRMALAR

Çeşitli örneklerle iyonik bağ oluşumunun şematik gösterimi.

Ödev 3

Magnezyum ($_{12}\text{Mg}$) ve klor ($_{17}\text{Cl}$) arasındaki iyonik bağın oluşumunu açıklayın.

ÇÖZÜM

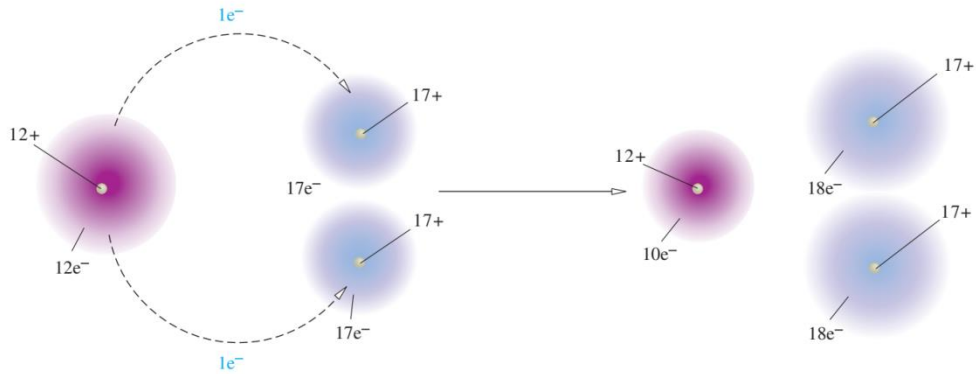
Aranan:

Magnezyum ($_{12}\text{Mg}$) ve klor ($_{17}\text{Cl}$) arasındaki iyonik bağın oluşumu açıklansın.

Magnezyumun elektron konfigürasyonundan ($_{12}\text{Mg}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$) üçüncü elektron tabakasında ($3s^2$) iki değerlik elektronuna sahip olduğu görülebilir. Kararlı bir konfigürasyona kavuşmak için değerlik elektronlarını serbest bırakacak ve bir sırada katyon oluşturacaktır. $\text{Mg (atom)} \rightarrow \text{Mg}^{2+} \text{ (katyon)} + 2e^-$

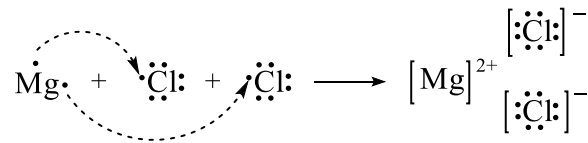
Klorun elektron konfigürasyonunu yazarsak ($_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$), üçüncü elektron tabakasında ($3s^2 3p^5$) yedi değerlik elektronu olduğunu görebiliriz. Kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşmak için klor atomu bir elektron kabul ederek bir anyon oluşturacaktır. $\text{Cl (atom)} + 1e^- \rightarrow \text{Cl}^- \text{ (anyon)}$

Magnezyum klor ile bağlandığında, klor sadece bir elektron kabul edebildiğinden, magnezyum atomunun vereceği iki elektronu kabul etmek için iki klor atomuna ihtiyaç olacaktır. Bu nedenle oluşan bileşiğin formülü MgCl_2 olacaktır. Magnezyum ve klor atomları arasındaki elektron değişimi Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Magnezyum ve klor arasında iyonik bağın oluşumu

MgCl_2 ’de iyonik bağın oluşumu Lewis sembolleri ile şematik olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Ödev 4

Kalsiyum ($_{20}\text{Ca}$) ve brom ($_{35}\text{Br}$) arasındaki iyonik bağ oluşumunu açıklayın.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli örneklerle iyonik bağ oluşumunun şematik gösterimi.

Ödev 5

Sodyum ($_{11}\text{Na}$) ve kükürt ($_{32}\text{S}$) arasındaki iyonik bağın oluşumunu açıklayın.

ÇÖZÜM

Aranan:

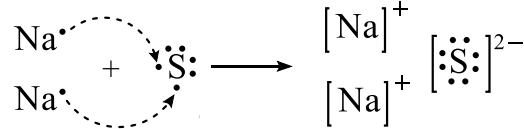
Sodyum ($_{11}\text{Na}$) ve kükürt ($_{32}\text{S}$) arasındaki iyonik bağın oluşumunun açıklanması.

Tipik bir metal olan sodyum atomu ($_{11}\text{Na}$) ile tipik bir ametal olan kükürt atomu ($_{16}\text{S}$) arasında iyonik bağ oluşur. Her iki atomun değerlik elektron sayısını belirlemek için elektron konfigürasyonlarının yazılması gerekir.

Sodyumun elektron konfigürasyonundan ($_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) üçüncü elektron tabakasında ($3s^1$) bir değerlik elektronuna sahip olduğu görülebilir. Kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşmak için değerlik elektronunu serbest bırakarak katyon oluşturacaktır. $\text{Na (atom)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ (katyon)} + 1e^-$

Kükürt atomunun ($_{16}\text{S}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$) üçüncü elektron tabakasında ($3s^2 3p^4$) altı değerlik elektronu vardır. Kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşmak için iki elektron alarak bir anyon oluşturacaktır. $\text{S(atom)} - 2e^- \rightarrow \text{S}^{2-} \text{ (anyon)}$.

Sodyum kükürt ile bağlandığında, kükürdün iki elektron kazanması için iki sodyum atomunun birer elektron vermesi gerekir. Buna göre bileşiğin formülü Na_2S olacaktır, adı ise Sodyum Sülfür'dür. Na_2S 'deki iyonik bağın oluşumu Lewis sembolleriyle şematik olarak gösterilebilir:

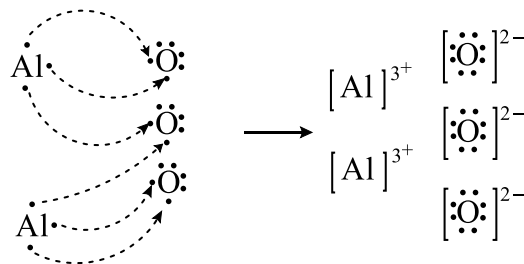


Sodyum (Na^+) ve kükürt (S^{2-}) iyonlarının zıt yüklü iyonları arasında var olan elektrostatik çekim kuvvetine iyonik bağ denir.

Ödev 6

AlF_3 bileşiğinde alüminyum ($_{13}\text{Al}$) ve flor ($_{9}\text{F}$) arasındaki iyonik bağ oluşumunu açıklayınız.

Katyon ile anyon arasındaki yük farkı ne kadar büyükse oluşan iyonik bağ o kadar kuvvetlidir. Böyle bir örnek alüminyum ile oksijen arasındaki iyonik bağdır. Onların elektron konfigürasyonlarından ($_{13}\text{Al}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$; $_{8}\text{O}$: $1s^2 2s^2 2p^4$) alüminyumun üç değerlik elektronuna sahip olduğu, oksijenin ise altı değerlik elektronuna sahip olduğu görülebilir. Kararlı konfigürasyonuna ulaşmak için Al üç değerlik elektronunu serbest bırakacak ve bir katyon ($\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} \text{ (katyon)} + 3e^-$) oluşturacaktır, O ise iki elektron kazanacak ve anyon ($\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{O}^{2-} \text{ (anyon)}$) oluşturacaktır. Alüminyum oksijenle bağ yaptığında, iki alüminyum atomunun her biri üç elektron (toplam altı elektron) bırakacak ve bu elektronlar üç oksijen atomu tarafından kabul edilecektir (her oksijen atomu iki elektron alacaktır). Bu nedenle oluşan iyonik bileşiğin formülü Al_2O_3 , adı ise alüminyum oksit olacaktır. Al_2O_3 'te iyonik bağ oluşumu Lewis sembolleri ile şematik olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:



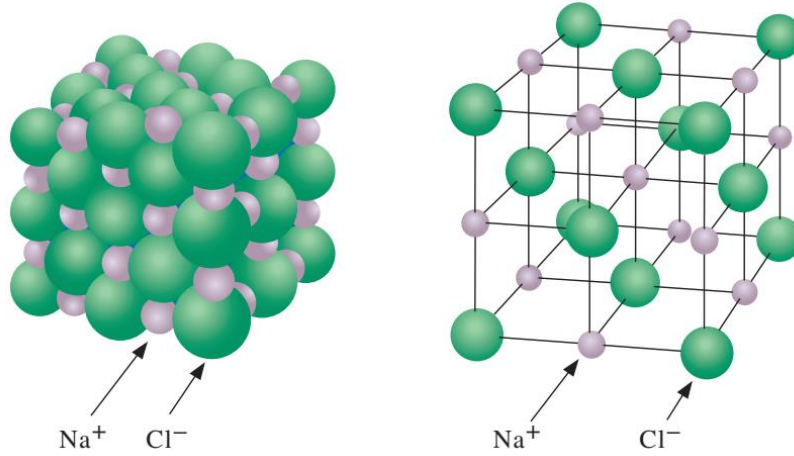
İyonik bağ oluşumuna ait örneklerden, metallerin elektron verdiği, ametallerin elektron aldığı ve böylece son elektron tabakasında sekiz elektrondan oluşan kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşıldığı görülebilir.

İyonik kristal kafes

Sodyum klorür (NaCl) gibi iyonik bileşikler düzenli bir yapıya sahiptir, yani iyonik kristal kafes yapısından oluşurlar. Kristal kafesin yapısını açıklamak için birim hücre terimi kullanılır. **Birim hücre**, bir kristal kafeste belirli bir düzende tekrarlanan en küçük yapısal birimdir. Her iyonik kristal, yan yana yerleştirilmiş çok sayıda birim hücreden oluşur.

İyonik kristal kafes, iyonların oluşturduğu kristal kafestir.

NaCl'nin iyonik kristal kafesinde, her sodyum katyonunun etrafında altı klorür anyonu bulunur ve bunun tersi. Sodyumun klora mol oranı NaCl formülünde olduğu gibi 1:1'dir. Demek ki, sodyum klorürün kristal kafesinde sodyum katyonları ve klor anyonları üç boyutta dönüşümlü olarak düzenlenmiştir. Birim hücrenin merkezinde sodyum iyonu bulunur ve etrafında Şekil 3.7'de görüldüğü gibi klorür iyonları düzenlenir.



Şekil 3.7. İyonik kristal kafes

İyonik kristaller elektronötrdür, yani katyonlardaki pozitif yük sayısı anyonlardaki negatif yük sayısına eşittir. Sodyum klorürün kristal kafesinde, bağ yalnızca bir sodyum katyonu ile bir klorür anyonu arasında bulunmaz, kristaldeki her sodyum katyonu altı komşu klorür anyonunu çeker ve tersi.

İyonik yarıçap

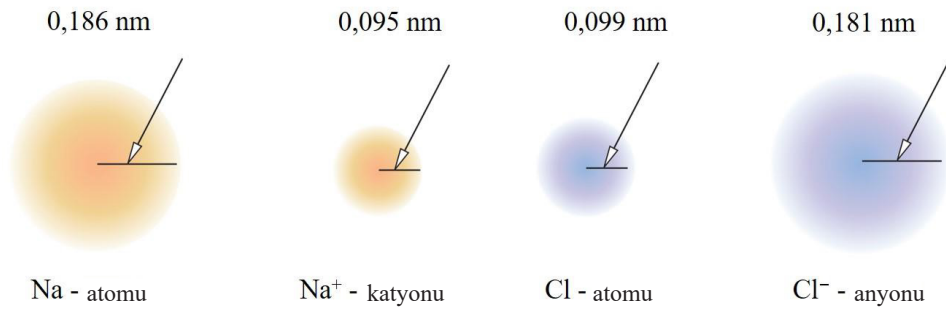
İyonik yarıçap, iyonun çekirdeğinden son elektron tabakasına kadar olan mesafedir.

İyonik yarıçap atom yarıçapından farklıdır. Katyonlar, kendilerini oluşturan atomlara kıyasla

daha küçük iyonik yarıçapa sahipken, anyonlar nötr atomların yarıçapına kıyasla daha büyük iyonik yarıçapa sahiptir. Bu anlaşılabilir bir durumdur çünkü katyonlar elektron kaybederek, anyonlar ise elektron kazanarak oluşurlar. Sodyum örneğinde, sodyum atomunun ($_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) ve Na^+ katyonunun ($_{10}\text{Na}^+$: $1s^2 2s^2 2p^6$) elektron konfigürasyonuna baktığımızda, sodyum atomunun elektron kabuğunda üç elektron tabakası, sodyum katyonunun ise iki elektron tabakası olduğunu görebiliriz. Sodyum katyonunda elektron tabakalarının sayısı daha az olduğundan iyonik yarıçapı, sodyumun atom yarıçapına göre daha küçük olacaktır. Ayrıca, sodyum katyonunda da çekirdekteki proton sayısı (11), elektron kabuğundaki elektron sayısından (10) fazla olduğundan elektronlar çekirdeğe daha güçlü çekilir ve çekirdeğe daha yakındır, bu da iyonik yarıçapın azalmasına katkıda bulunur. Elektronlar negatif yüke sahiptir ve bu nedenle pozitif yüklü çekirdeğe çekilirler.

Bir veya daha fazla elektronun kaybı, elektron kabuğundaki elektron tabakalarının sayısının azalmasına ve katyonların yarıçapının, oluştukları nötr atomlara kıyasen azalmasına yol açar.

Anyonlar, bir atomun en dış elektron tabakasında bir elektron kazanmasıyla oluşur. Sonuç olarak anyondaki elektron sayısı nötr atomdakinden daha fazladır. Klor atomunun ($_{17}\text{Cl}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) ve klor anyonunun (Cl^- : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) elektron konfigürasyonundan, klor anyonunun üçüncü elektron tabakasındaki elektron sayısının atoma göre daha fazla olduğu görülebilir. Bir veya daha fazla elektronun kazanılması, son elektron tabakasındaki elektron sayısının artmasına, dolayısıyla elektronlar arasındaki itme kuvvetlerinin artmasına ve elektronların birbirinden uzaklaşmasına neden olur. Dolayısıyla anyonun yarıçapı nötr atomun yarıçapından daha büyüktür.



Şekil 3.8. Atom ve iyonik yarıçapı (Na -atomu ve Na^+ -katyonu, Cl -atou ve Cl^- -anyonu)

Şekilden, sodyum atomu ve katyonu ile klor atomu ve anyonu örneğindeki atom ve iyonik yarıçapları arasındaki fark görülebilir. Yarıçap değerleri nanometre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) ile ifade edilmiştir. Bazı kimyasal elementlerin atom ve iyonik yarıçapları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Bazı metal ve ametal atomlarının atom ve iyonik yarıçapları

Metal atomları				Ametal atomları			
Atom yarıçapı *		İyonik yarıçap *		Atom yarıçapı		İyonik yarıçap	
Li	0,152	Li ⁺	0,060	F	0,071	F ⁻	0,136
Na	0,186	Na ⁺	0,095	Cl	0,099	Cl ⁻	0,181
K	0,227	K ⁺	0,133	Br	0,114	Br ⁻	0,195
Mg	0,160	Mg ²⁺	0,065	O	0,074	O ²⁻	0,140
Al	0,143	Al ³⁺	0,050	S	0,103	S ²⁻	0,184

*atom ve iyonik yarıçapları nm ile verilmiştir

3.2. Kovalent Bağ – Orbitallerin Örtüşmesi

Farklı elementlerin atomları, elektron değişimi yanı sıra, elektron paylaşarak da birbirleriyle bağ yapabilirler. Bu durumda elektron değişimi bir metal atomu ile bir ametal atomu arasında gerçekleşirken, iki atom arasında elektron paylaşımı ametallerin bağlanmasında tipiktir. Ametal atomlar, son elektron tabakasında sekiz elektrondan oluşan kararlı elektron konfigürasyonuna ulaşmak için kovalent bağ adı verilen bir kimyasal bağ oluştururlar.

Kovalent bağ, *bir veya daha fazla elektron çiftinin paylaşılmasıyla metal olmayan atomlar arasında oluşan bir kimyasal bağdır.*

Atomlar, bir veya daha fazla ortak elektron çifti oluşturarak en dış elektron tabakasında iki elektron (düet) veya sekiz elektron (sekizli) şeklinde kararlı konfigürasyona ulaşırlar. Örneğin, kovalent bağ oluştururken, hidrojen iki elektronu (düet) bulunan helyum soy gazı gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşmaya çalışırken, kovalent bağ ile bağ yapan diğer elementler, diğer soy gazlar gibi son elektron tabakasında sekiz elektron (oktet) bulunan kararlı bir elektronik konfigürasyona ulaşırlar.

Atomlar kovalent bağlarla birbirine bağlandığında moleküller oluşur. Atomların kovalent bağ ile birbirine bağlandığı moleküllerden oluşan basit madde ve bileşiklere örnek olarak hidrojen (H₂), klor (Cl₂), hidrojen klorür (HCl), karbondioksit (CO₂), su (H₂O) vb. Atomların kovalent bağ ile bağlandığı bileşiklerin sayısı çok fazla olduğundan, kovalent bağ iyonik bağdan daha yaygındır.

ALİŞTİRMALAR Çeşitli örneklerle kovalent bağ oluşumunun şematik gösterimi.

Ödev 7

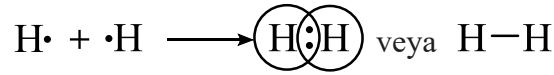
Hidrojen molekülünde (H₂) kovalent bağın oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

ÇÖZÜM

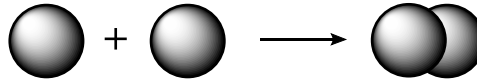
Gerekli:

Hidrojen molekülünde (H₂) kovalent bağın oluşumu açıklansın.

Hidrojen molekülündeki (H^2) hidrojen atomları arasında kovalent bağ oluşur. Hidrojenin elektron konfigürasyonundan ($1H: 1s^1$) s-orbitalinde bir elektronun bulunduğu görülebilir. Helyum soy gazı gibi kararlı bir yapıya ulaşmak için hidrojen, başka bir hidrojen atomuyla kovalent bağla bağlanır. Paylaşılan elektron çiftinin oluşumu, Lewis sembolleri kullanılarak diyagramda gösterildiği gibi, her biri bir elektrona sahip iki hidrojen atomunu içerir. Hidrojen atomları arasındaki paylaşılan elektron çifti sembolik olarak tire ile gösterilir.



Kovalent bağın oluşumu, değerlik elektronlarının yerleşmiş olduğu atom orbitallerinin örtüşmesiyle açıklanabilir. H_2 molekülü iki yarı dolu s-orbitalinin üst üste gelmesiyle oluşur.



Şekil 3.9. İki s-orbitalinin örtüşmesiyle s-bağın oluşumu

Bir hidrojen molekülünde, paylaşılan elektron çifti her iki atomun çekirdeğine eşit şekilde çekilir. Hidrojen atomlarını bir arada tutan çekim kuvvete tek kovalent bağ denir.

İki atom arasında paylaşılan bir elektron çiftinin oluşturduğu kovalent bağa **tek kovalent bağ** denir. Tek bağ veya **sigma (σ) bağı** basitçe tek bir tire ($H-H$) ile gösterilir. Bir tire, bir ortak elektron çifti anlamına gelir. Hidrojen molekülü (H_2) örneğinden, iki s-orbitalinin örtüşmesiyle sigma bağının oluştuğu görülebilir.

Ödev 8

Flor molekülünde (F_2) kovalent bağın oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli örneklerle kovalent bağ oluşumunun şematik gösterimi.

Ödev 9

Klor molekülünde (Cl_2) kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

ÇÖZÜM

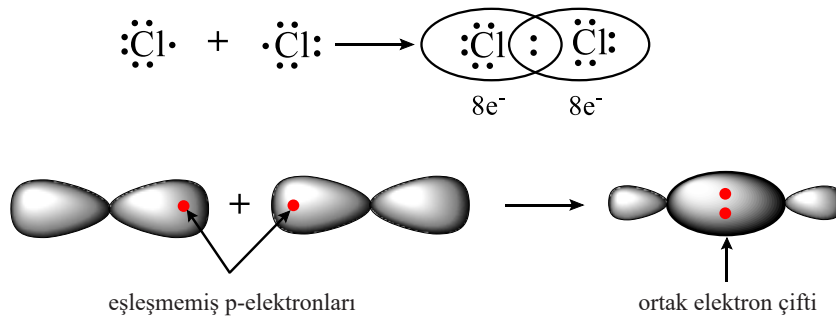
Aranan:

Klor molekülünde (Cl_2) kovalent bağ oluşumu açıklansın.

Tek bağın başka bir örneği klor molekülündeki (Cl_2) klor atomları (Cl) arasındaki kovalent bağdır. Klorun ($17Cl: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) elektron konfigürasyonu, yedi değerlik elektronuna (3s ve 3p) sahip olduğunu, bunlardan altısının eşleşmiş olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, kovalent bağ oluşumunda klor, yalnızca 3p orbitalinde bulunan eşleşmemiş değerlik elektronuyla katılabilir.

Cl_2 molekülünde kovalent bağın oluşumu Lewis sembolleriyle şematik olarak gösterilebilir.

İki 3p orbitalinin örtüşmesiyle, iki klor atomunun bir ortak elektron çiftini (tek kovalent bağ) paylaştığı Cl_2 molekülü oluşur. Bu şekilde her atomun son elektron tabakasında sekiz elektrondan oluşan kararlı elektron konfigürasyonu elde edilir. Klor molekülünde kovalent bağın oluşumu, p-orbitallerinin önden örtüşmesiyle aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Şekil 3.10. İki p-orbitalinin örtüşmesiyle σ -bağının oluşumu

Klor için Lewis sembolünden, klor molekülündeki kovalent bağın oluşumunda altı değerlik elektronunun (üç elektron çifti) yer almadığı görülebilir. Bu elektronlara bağ oluşturmeyen elektronlar denir. *Kovalent bağ oluşumuna katılmayan eşleşmiş değerlik elektronlarına, bağ oluşturmeyen elektron çiftleri (paylaşılmamış elektron çiftleri) veya bağ oluşturmeyen elektronlar denir.* Bağ oluşturmeyen elektronların bulunduğu orbitallere **bağ oluşturmeyen orbitaller** denir.

Ödev 10

Br_2 molekülünde kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli örneklerle kovalent bağ oluşumunun şematik gösterimi.

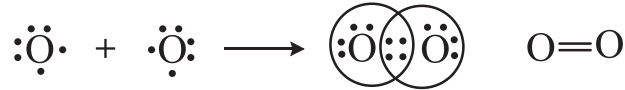
Ödev 11

Oksijen molekülünde (O_2) kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

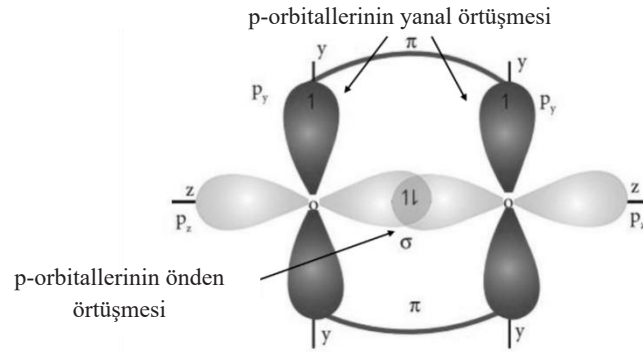
ÇÖZÜM

Aranan: Oksijen molekülünde (O_2) kovalent bağ oluşumunu açıklamak.

Oksijen molekülü (O_2) iki oksijen atomundan oluşur. Oksijenin elektron konfigürasyonuna bakıldığında (${}_8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$) altı değerlik elektronuna sahip olduğu görülür. Her oksijen atomunun ikişer paylaşılmamış elektron çifti (bağ oluşturmeyen elektronlar) ve iki eşleşmemiş elektronu vardır. Sadece eşleşmemiş elektronlar diğer atomlarla kovalent bağ oluşumuna katılabilir. Dolayısıyla oksijen molekülünde (O_2) atomlar arasında, Lewis sembolleri kullanılarak şematik olarak gösterildiği gibi, iki ortak elektron çifti oluşur.



İki ortak elektron çiftinin oluşturduğu kovalent bağa **çift bağ** denir. Çift bağ, iki atom arasındaki iki çizgiyle daha basit bir şekilde gösterilir. Bu, bir **sigma (σ) bağı** ve bir **pi (π) bağından** oluşur. Her zaman önce σ -bağı oluşur, sonra π -bağı. Bu sırada, Şekil 3.11’de gösterildiği gibi, σ -bağı, p-orbitallerinin önden örtüşmesiyle oluşur, π -bağı ise, p-orbitallerinin yanal örtüşmesiyle oluşur.



Şekil 3.11. Oksijen molekülündeki p-orbitallerinin örtüşmesiyle σ -bağın ve π -bağının oluşumu

Ödev 12 I_2 molekülünde kovalent bağın oluşumunu açıklayınız.

ALİŞTIRMALAR Çeşitli örneklerle kovalent bağ oluşumunun şematik gösterimi.

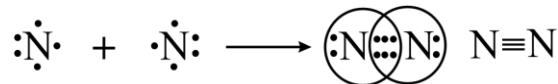
Ödev 13 Azot molekülünde (N_2) kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

ÇÖZÜM

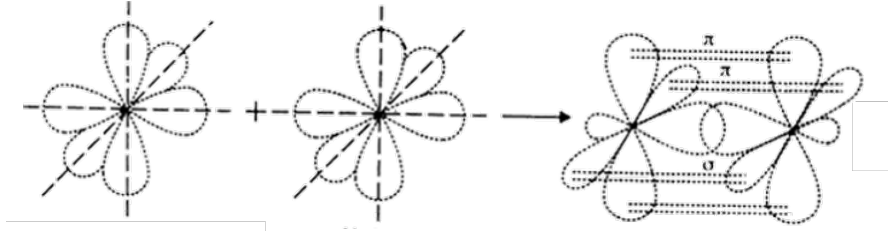
Aranan:

Azot molekülünde (N_2) kovalent bağ oluşumunu açıklamak.

Azot molekülü (N_2) iki azot atomundan oluşur. Azotun elektron konfigürasyonundan ($7\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$) beş değerlik elektronuna sahip olduğu görülebilir. Her atomun birer paylaşılmamış elektron çifti ve üçer eşleşmemiş elektronu vardır. Üç eşleşmemiş elektron diğer azot atomuyla kovalent bağ oluşumuna katılır. Bu yüzden N_2 molekülünde azot atomları arasında üç ortak elektron çifti, yani üçlü bağ oluşur.



Azot atomlarının kısmen dolu p-orbitallerinin örtüşmesiyle bir σ -bağı ve iki π -bağı oluşur ve bir azot molekülü oluşur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Azor molekülünde p-orbitallerin örtüşmesiyle σ -bağın ve π -bağların oluşumu

Üç ortak elektron çiftinin oluşturduğu kovalent bağa **üçlü bağ** denir. Üçlü bağ, bir **sigma (σ)** **bağı** ve iki **pi (π)** **bağından** oluşur.

Ödev 14

Fosfor molekülü P_2 'de kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

Önceki örneklerden, kovalent bağın iki ametal atomu arasında bir, iki veya üç ortak elektron çiftinin paylaşılmasıyla oluştuğu sonucuna varılabilir. H_2 , Cl_2 , O_2 ve N_2 gibi atomları özdeş olan moleküllerde, ortak elektronlar eşit olarak paylaşılır ve her bir atomun yakınında aynı süreyi geçirirler. Bu tür kovalent bağlara **polar olmayan kovalent bağlar** denir. Aynı tür atomlar arasında oluşan kovalent bağ polar olmayan kovalent bağdır, çünkü atomlar arasındaki elektronegatiflik farkı sıfırdır. Hidrokarbonlar (karbon ve hidrojenle oluşan organik bileşikler) örneğinde olduğu gibi benzer elektronegatiflik değerine sahip atomlar arasında oluşan kovalent bağ da polar olmayan bağdır. Genellikle atomlar arasındaki elektronegatiflik farkı 0,4'ten az olduğunda kovalent bağ polar değildir.

*Aynı türdeki ve elektronegatiflik farkı sıfır olan atomlar arasında veya benzer elektronegatifliğe sahip atomlar arasında **polar olmayan kovalent bağ** oluşur.*

İki atom arasında elektronegatiflik farkı olduğunda, ortak elektronların iki çekirdek arasında eşit uzaklıkta olmadığı kovalent bağ oluşur. Bu fark, iki atomun kovalent bağdan gelen ortak elektronları eşit şekilde çekmemesinden kaynaklanır. Bu tür kovalent bağa **polar kovalent bağ** denir.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli örneklerle polar kovalent bağ ve polar olmayan kovalent bağ oluşumunun şematik gösterimi.

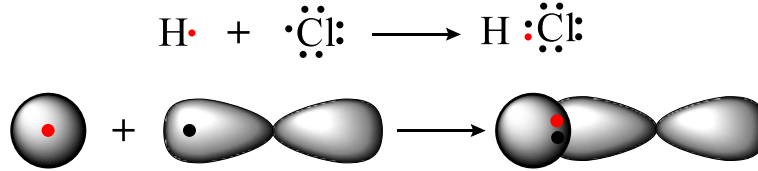
Ödev 15

Hidrojen klorür (HCl) molekülünde kovalent bağın oluşumunu açıklayın. Bu kovalent bağın ne tür bağ olduğunu belirleyin.

ÇÖZÜM

Aranan: Hidrojen klorür (HCl) molekülünde kovalent bağın oluşumunu açıklamak.

Hidrojen klorür (HCl) molekülü bir hidrojen atomu ve bir klor atomundan oluşur. Hidrojenin ($1\text{H}: 1s^1$) ve klorun ($17\text{Cl}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) elektron konfigürasyonundan, her iki atomun da kararlı bir elektron konfigürasyona ulaşmak için yalnızca bir elektrona ihtiyaç duyduğu görülebilir. Dolayısıyla aralarında bir ortak elektron çifti bulunan tek bir kovalent bağ oluşur. HCl’de kovalent bağın Lewis sembolleri ve orbital örtüşmesi ile oluşma şekli Şekil 3.13’te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Hidrojen klorür molekülünde hidrojenin s orbitalinin ve klorin p orbitalinin örtüşmesiyle σ -bağın oluşumu

Ödev 16

HF molekülünde kovalent bağ oluşumunu açıklayınız. Bu kovalent bağın ne tür bir bağ olduğunu belirleyin.

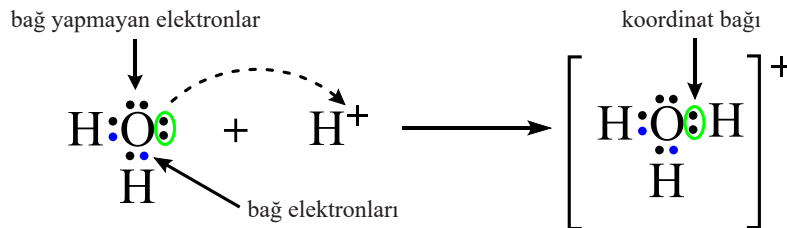


Klorun elektronegatifliği hidrojene göre daha yüksektir. Bunun sonucu olarak ortak elektron çifti klor atomuna doğru kayar, bu nedenle klor atomu kısmi negatif yüke sahip olur, hidrojen atomu ise kısmi pozitif yüke sahip olur. Kısmi yük genellikle Yunan harfi delta (δ) ile gösterilir. Pozitif kısmi yük δ^+ ile işaretlenir, negatif kısmi yük ise δ^- ile işaretlenir.

Polar kovalent bağ, elektronegatiflikleri farklı olan farklı tipteki atomlar arasında oluşan bağdır. Elektronegatiflik farkı ne kadar büyükse bağın polaritesi o kadar büyük olur.

Koordinat bağı

Kovalent bağdan farklı olarak koordinat bağı, bir atomun paylaştığı ortak bir elektron çifti tarafından oluşturulur. Ortak elektron çiftinin yalnızca bir atomdan kaynaklandığı kovalent bağa **koordinat bağı** denir. Bu tür bağ için bir örnek, Şekil 3.14’te gösterildiği gibi, sudan (H_2O) ve hidrojen protonundan (H^+) hidronyum iyonunun (H_3O^+) oluşmasıdır.



Şekil 3.14. Koordinat bağı

Su molekülündeki oksijen atomu, hidrojen atomlarıyla oluşturduğu bağlardan iki adet bağlayıcı elektron çiftine ve kimyasal bağların oluşumuna katılmayan iki adet bağlayıcı olmayan elektron çiftine sahiptir. Bir su molekülü ile bir hidrojen iyonu (H^+) arasındaki bağ, paylaşılan elektron çiftinin yalnızca oksijen atomundan gelmesi nedeniyle bir koordinat-kovalent bağdır.

Karmaşık bileşiklerde metal iyonları ile ligandlar arasında oluşan bağ, koordinat-kovalent bağın bir örneğidir. Bu tür bağların bir başka örneği de solunum sırasında hemoglobindeki demirin oksijen moleküllerine bağlanmasıdır.

3.3. Kovalent Bağ ve Moleküllerin Yapısı

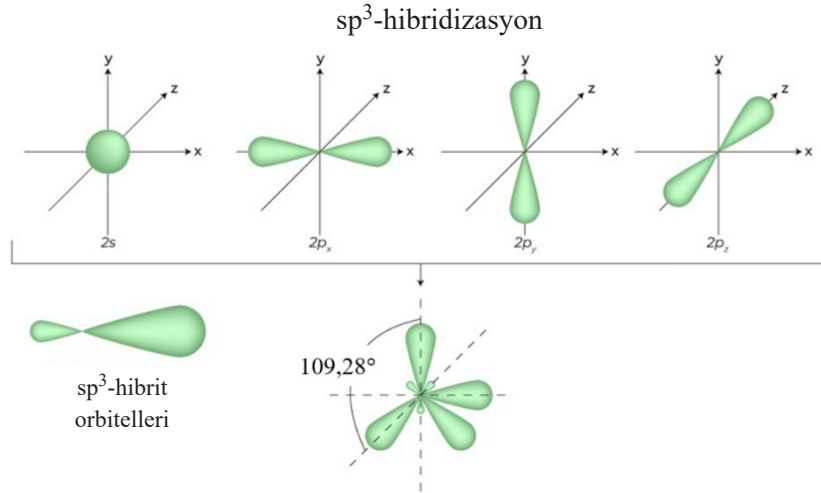
Hibridizasyon, atom orbitallerinin karıştırılması ve hibrit orbitaller adı verilen yeni bir orbital türünün oluşturulması sürecidir. Atom orbitalleri karıştırıldığında, oluştukları atom orbitallerine kıyasla farklı enerji ve şekle sahip hibrit orbitaller oluşur. Hibridizasyon esas olarak aynı elektron tabakasından gelen atom orbitalleri ile gerçekleştirilir. Ancak benzer enerjilere sahip olan hem tam dolu hem de yarı dolu orbitaller bu sürece katılabilir. İki atom orbitali birleşerek hibrit orbitaller oluşturduğunda, bireysel atomların orbitallerinin enerjisi yeniden dağıtılarak aynı enerjiye sahip orbitaller üretilir. Hibridizasyonun temel özellikleri şunlardır:

- Hibridizasyon, benzer enerjiye sahip atom orbitalleri arasında meydana gelir.
- Oluşan hibrit orbital sayısı, karışan atom orbital sayısına eşittir.
- Hibritleşmeye katılan tüm orbitallerin yarı dolu olması gerekmez; Tamamen dolu orbitaller de katılabilir.
- Hibridizasyon yalnızca bağ oluşumu sırasında meydana gelir.
- Hibridizasyon biliniyorsa molekülün yapısı tahmin edilebilir.

Karıştırılan orbitallere bağlı olarak farklı hibridizasyon tipleri vardır: sp^3 , sp^2 , sp , dsp^2 , dsp^3 , sp^3d^2 , vb.

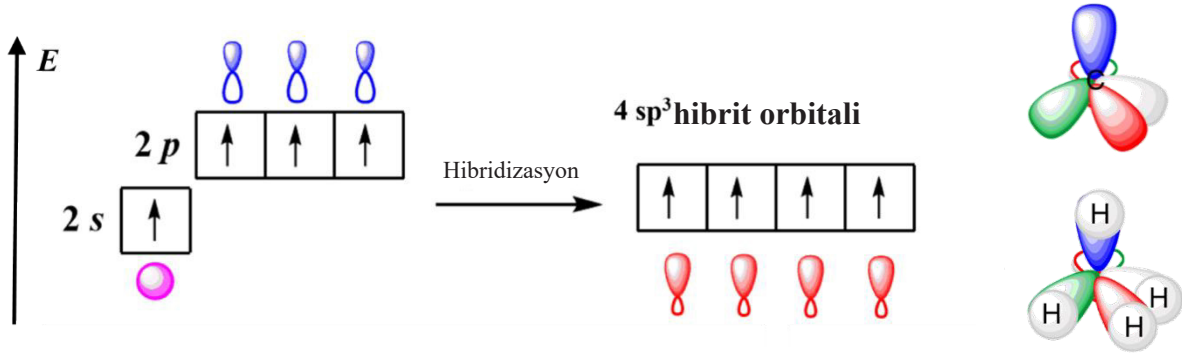
sp^3 -hibridizasyonu

Bir s-orbital ile üç p-orbitalin karıştırılmasıyla dört yeni hibrit orbital oluşur. Bu hibridizasyona **sp^3 -hibridizasyonu** denir ve oluşan orbitallere sp^3 hibrit orbitalleri denir. Bunlar düzgün bir tetrahedronun dört köşesine yönelmiş olup, birbirlerine göre $109^\circ28'$ açı oluştururlar. Bu nedenle sp^3 -hibridizasyonuna tetrahedral hibridizasyon da denir. Her hibrit orbital %25 s-karakterine ve %75 p-karakterine sahiptir. sp^3 -hibrit orbitalleri düzensiz bir sekiz rakamı şekline sahiptir, çünkü küre biçimindeki s-orbitali ile sekiz rakamı biçimindeki p-orbitallerinin karıştırılmasıyla elde edilirler.



Şekil 3.15. sp^3 -hibridizasyon ve sp^3 -hibrit orbitelleri

Alkanlar, karbon atomları sp^3 hibrite edilmiş organik bileşiklerdir. Karbonun temel haldeki elektron konfigürasyonu, uyarılmış haldeki elektron konfigürasyonundan farklıdır. Temel halde, karbonun bir bağ oluşturmaya yeten elektron çifti (2s elektronları) ve p orbitalinde iki eşleşmemiş elektronu bulunur (Şekil 3.1). Uyarılmış halde, 2s orbitalinden bir elektron 2p orbitaline hareket eder ve bu da karbon atomunun dört eşleşmemiş elektrona sahip olduğu bir duruma ulaşılır. Şekilde sp^3 hibridizasyonu ve karbonda, örneğin metan (CH_4) içinde hibrit orbitallerinin oluşumu gösterilmektedir (Şekil 3.16).



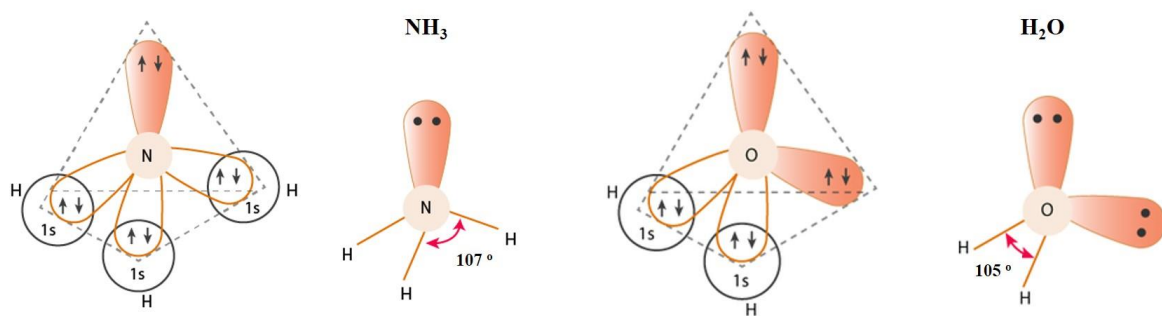
Şekil 3.16. Metanda (CH_4) sp^3 -hibridizasyonu

Metan molekülündeki hidrojen atomlarıyla karbon atomunun oluşturduğu dört tek bağ, karbonun sp^3 -hibrit orbitallerinin her birinin hidrojenin s-orbitaliyle ($1s^1$) örtüşmesiyle elde edilir.

Amonyak molekülündeki (NH_3) azot atomu da sp^3 -hibritlenmiştir. Değerlik elektronlarının bulunduğu azot atom orbitallerinin ($2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$) karıştırılmasıyla dört sp^3 -hibrit orbital oluşur. Azotun beş değerlik elektronu, sp^3 -hibrit orbitallerinde, orbitallerden birinde paylaşılmamış bir elektron çifti ve kalan sp^3 -hibrit orbitallerinde üç eşleşmemiş elektron elde edilecek şekilde dağıtılır. Bir eşleşmemiş elektron içeren üç hibrit orbital, üç hidrojen atomunun 1s-orbitalleriyle

örtüşür ve üç tek N-H bağı oluşur (Şekil 3.17). H – N – H bağları arasındaki açı için deneysel olarak elde edilen değer (107°), tetrahedral açıya ($109,5^\circ$) yakındır.

Su molekülündeki iki O – H bağının oluşumu sp^3 hibridizasyonu yardımıyla açıklanabilir. Değerlik elektronlarının bulunduğu oksijenin atom orbitallerinin ($2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$) karıştırılmasıyla dört sp^3 hibrid orbitali oluşur. Bu sırada, oksijenden gelen altı değerlik elektronu sp^3 hibrid orbitallerine öyle bir şekilde dağılır ki, iki sp^3 orbitalinde iki paylaşılmamış elektron çifti ve kalan sp^3 hibrid orbitallerinde iki eşleşmemiş elektron elde edilir. Bu arada, her biri bir eşleşmemiş elektron içeren hibrit orbitaller, iki hidrojen atomunun 1s orbitalleriyle örtüşür ve iki tek O – H bağı oluşur. H – O – H bağları arasındaki açının deneysel olarak elde edilen değeri ($\square 105^\circ$), tetrahedral açıya ($109,5^\circ$) yakındır.



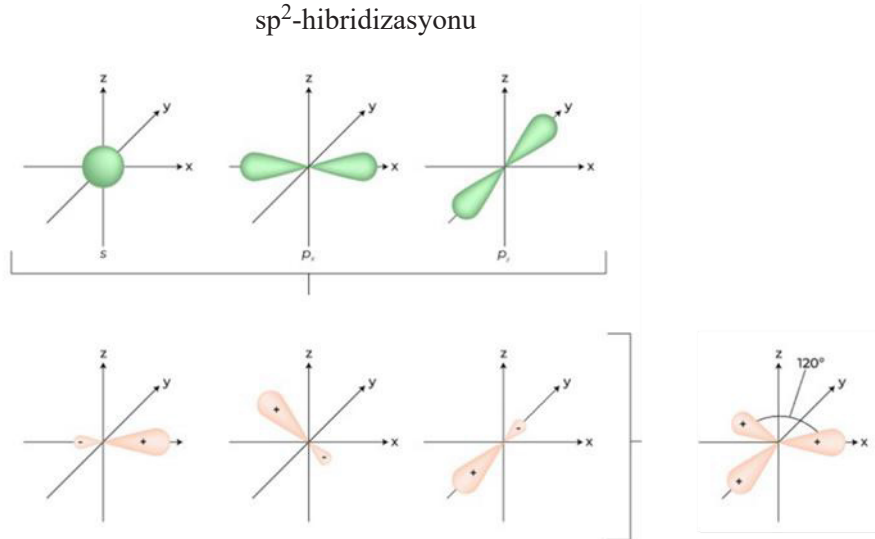
Şekil 3.17. NH_3 ve H_2O 'da sp^3 -hibridizasyonu

Tetrahedral açıdan biraz daha küçük bağ açıları, paylaşılmamış elektron çiftlerinden gelen elektronları içeren itici kuvvetlerin sonucudur.

sp^2 -hibridizasyonu

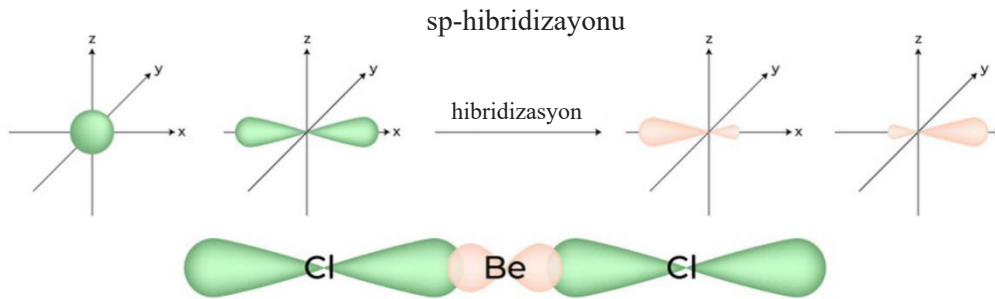
Aynı elektron tabakasından bir s-orbitali ve iki p-orbitali karıştırılarak, aynı enerjiye sahip üç sp^2 -hibrit orbitali oluşur. Üç hibrit orbital de aynı düzlemde yer alır ve birbirleriyle 120° 'lik bir açı oluşturur. Bu nedenle, sp^2 -hibridizasyonuna trigonal hibridizasyon da denir. Oluşan her hibrit orbital %33,33 s-karakterine ve %66,66 p-karakterine sahiptir. Trigonal hibridizasyona sahip moleküller, üç başka atoma bağlı bir merkezi atoma sahiptir (Şekil 3.18).

Bor bileşikleri (örneğin BH_3), sp^2 hibridizasyonunun meydana geldiği örneklerdir. Bor, sp^2 -hibrit orbitallerini her bir hidrojen atomunun s-orbitaliyle örtüştürerek hidrojen atomlarıyla üç tek bağ oluşturur. sp^2 -hibritleşmiş organik bileşiklerdeki karbon atomları, çift bağ ile birbirine bağlanır.

Şekil 3.18. sp^3 -hibridizasyonu ve sp^2 -hibrit orbitalleri

sp-hibridizasyonu

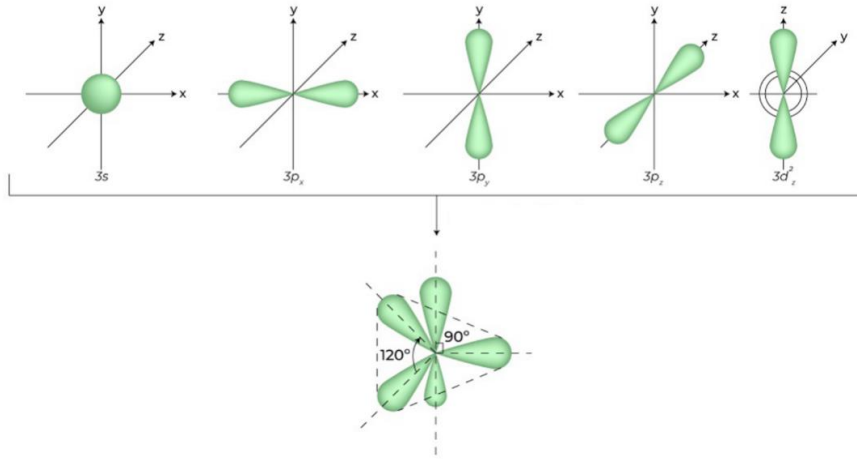
sp -hibridizasyonu sırasında, bir s- ve bir p-orbitali karışarak iki yeni sp -hibrit orbitali oluşur (Şekil 3.19). Bu tür hibridizasyonun meydana geldiği moleküller doğrusaldır, yani kimyasal bağlar 180° açıdadır. Bu yüzden, sp -hibridizasyonu diyagonal veya doğrusal hibridizasyon olarak bilinir. Her sp -hibrit orbitali %50 s-karakterine ve %50 p-karakterine sahiptir. sp -hibridizasyonu, BeF_2 , BeH_2 ve $BeCl_2$ gibi berilyum bileşiklerinde meydana gelir.

Şekil 3.19. $BeCl_2$ 'de sp -hibridizasyonu

sp -hibridizasyonu, ayrıca organik bileşiklerdeki karbon atomlarında da meydana gelir. Bu tür hibridizasyon mevcut olduğunda, karbon atomları arasında üçlü bağ oluşur.

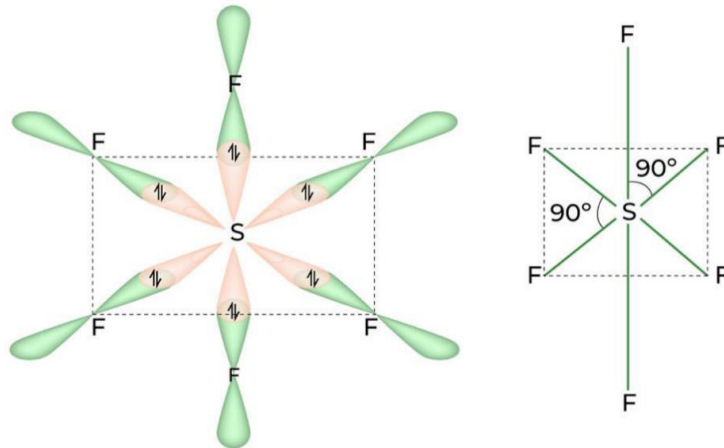
dsp^3 -hibridizasyonu

Fosfor pentaklorürdeki (PCl_5) fosforun hibridizasyonu dsp^3 hibridizasyonudur (Şekil 3.20). 3s orbitali, 3p orbitalleri ve bir 3d orbitalinin karıştırılmasıyla eşit enerjili ve üçgensel çift piramit geometriye sahip beş dsp^3 -hibrit orbitali oluşur. dsp^3 orbitallerinden üçü 120° açıyla yönlendirilmiştir ve yatay düzlemde (ekvatorial orbitaller) ve iki dsp^3 -hibrit orbitali (eksenel orbitaller) ekvatorial orbitallere göre 90° açıyla dikey düzleminde yatmaktadır.

Şekil 3.20. PCl_5 'te dsp^3 hibridizasyonu

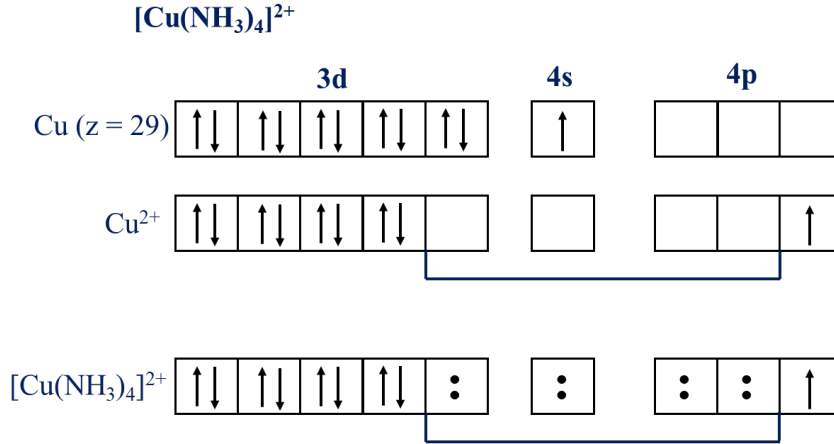
sp^3d^2 -hibridizasyonu

Bir s-orbitali, üç p-orbitali ve iki d-orbitali karıştırılmasıyla altı özdeş sp^3d^2 -hibrit orbitali oluşur ve bu hibridizasyona sp^3d^2 -hibridizasyonu adı verilir (Şekil 3.21). Bu altı orbital, SF_6 örneğinde gösterildiği gibi, bir oktahedronun köşelerine doğru yönelmiş ve birbirlerine 90° açıyla yer almaktadır.

Şekil 3.21. SF_6 'da sp^3d^2 hibridizasyonu

dsp^2 -hibridizasyonu

Bir s-orbital, iki p-orbital ve bir d-orbitalin karıştırılmasıyla dört dsp^2 -hibrit orbitali oluşur ve bu hibridizasyona dsp^2 -hibridizasyonu denir ve kare düzlemsel geometriye sahiptir. dsp^2 -hibridizasyonuna kompleks bileşiklerde, merkezi iyon ile ligandlar arasındaki bağların oluşumu sırasında rastlanır. Böylece, kompleks iyon $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 'de, ligandların azotu (amonyak, NH_3), metalin hibrit orbitalleriyle bağların oluşumunda rol oynayan bağ oluşturmeyen bir elektron çiftine sahiptir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. [Cu(NH₃)₄]²⁺ kompleks iyonunda dsp²-hibridizasyonu

[Cu(NH₃)₄]²⁺ kompleks iyonundaki dsp²-hibridizasyonu, merkezi iyonun (bakır) bir 4s-orbitali, iki 4p-orbitali ve bir 3d-orbitalinin karıştırılmasının sonucudur.

3.4. Moleküller Arası Etkileşimler ve Gazların, Sıvıların ve Katıların Yapısı ve Özellikleri

Ametal atomları birbirlerine kovalent bağ ile bağlanırken, metal atomları ile ametal atomları arasındaki kimyasal bağ iyonik bağdır. Kovalent ve iyonik bağlar ile moleküller ve iyonlar oluşturulur. Moleküller ve iyonlar arasında da moleküller arası etkileşimler adı verilen çekici kuvvetler vardır. Moleküller arası etkileşimler kimyasal bağlara göre çok daha zayıftır.

Moleküller arası etkileşimler

Moleküller arası etkileşimler, moleküller (atomlar veya iyonlar) arasında oluşan çekici kuvvetlerdir. Maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkilerler. Bir örnek, moleküller arası etkileşimlerin gücüyle orantılı olan kaynama noktasıdır. Moleküller arası etkileşimleri daha güçlü olan maddelerin kaynama noktaları daha yüksek olacaktır.

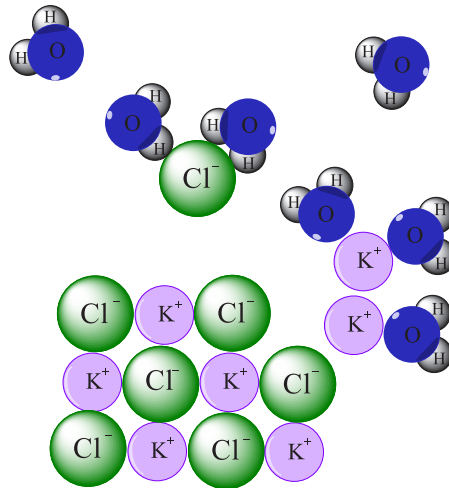
Moleküller arası etkileşimler şunlardır:

- ① iyon-iyon etkileşimleri;
- ② iyon-dipol etkileşimleri;
- ③ Vanderwaals kuvvetleri.

İyon-iyon etkileşimi, iyonik bağ adı verilen elektrostatik çekici bir kuvvettir. Bu tür etkileşimler iyonik bileşiklerde görülür.

İyon-dipol etkileşimleri, iyonlar (katyonlar ve anyonlar) ile polar moleküller arasında var olan çekici kuvvetlerdir. Dipol aslında polar bir moleküldür. Su molekülündeki oksijen ve hidrojen arasındaki kovalent bağ polardır, çünkü oksijen hidrojenden daha elektronegatifdir ve paylaşılan elektron çiftini kendine doğru çeker. Su molekülünde iki polar bağın bulunması ve geometrik yapısı

nedeniyle su molekülü polar özelliktedir. Polar bir molekülde oksijen atomu kısmi negatif yüke (δ^-) sahipken, hidrojen atomu kısmi pozitif yüke (δ^+) sahiptir. Dipoller, molekülün kısmen negatif olan kısmının pozitif yüklere, kısmen pozitif olan kısmının ise negatif yüklere çekilmesi nedeniyle elektrostatik etkileşimler gösterirler. Potasyum klorür (KCl) suda çözündüğünde iyonlarına (K^+ ve Cl^-) ayrışır. Potasyum iyonları su moleküllerinin polar negatif kısmıyla etkileşime girerler, klorür iyonları ise su molekülünün kısmen pozitif kısmına çekilir. Sonuç olarak iki tür iyon-dipol etkileşimi vardır; katyon-dipol etkileşimleri ve anyon-dipol etkileşimleri.



Şekil 3.23. İyon-dipol etkileşimi

Potasyum ve klor iyonlarının (K^+ ve Cl^-) su ile iyon-dipol etkileşimleri bir hidrasyon örneğidir. Su molekülleriyle çevrili iyonlara hidratlı iyonlar denir. İyon-dipol etkileşimlerinin şiddeti, iyonların yüküne ve yarıçaplarına, ayrıca dipolün polaritesinin bir ölçüsü olan dipol momentinin büyüklüğüne bağlıdır.

Van der Waals etkileşimleri grubuna şunları aittir:

- ① London kuvvetleri (dağılma kuvvetleri);
- ② dipol-dipol etkileşimleri;
- ③ hidrojen bağı.

Bu moleküller arası etkileşimlerin şiddetine göre farklıdır. Adını Hollandalı fizikçi Johannes van der Waals'dan (1837–1923) almıştır.

London kuvvetleri, tüm moleküllerde, atomlarda veya iyonlarda meydana gelebilen zayıf moleküller arası etkileşimlerdir, ancak atomlar ve polar olmayan moleküller arasında var olan tek etkileşimlerdir. Bir iyon veya polar molekül bir atoma veya polar olmayan bir moleküle yaklaşırsa, atomdaki veya polar olmayan moleküldeki elektronların dizilimi bozulur ve bunun sonucunda indüklenmiş bir dipol oluşur. **İndüklenmiş dipol**, iyonların veya polar moleküllerin varlığında polar olmayan maddelerde oluşan dipoldür. İyon ile indüklenmiş dipol arasındaki

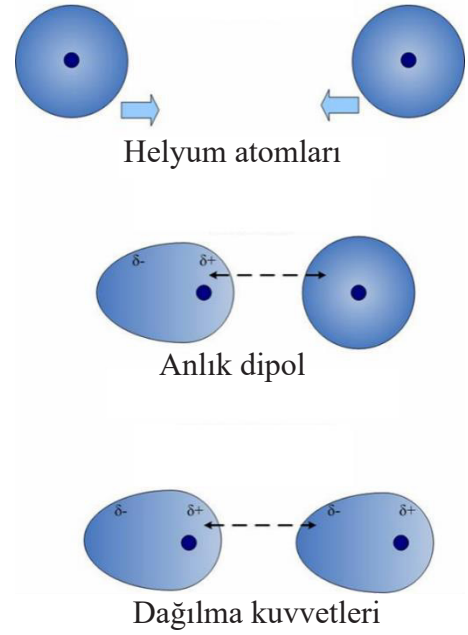
çekici kuvvete *iyon-indüklenmiş dipol*, polar bir molekül ile indüklenmiş dipol arasındaki çekici kuvvete ise *dipol-indüklenmiş dipol* denir. Helyum atomunu (soy gaz) incelediğimizde, ikinci elektron tabakası tamamen dolu olduğundan diğer atomlarla bağ oluşturmaz. Ancak belirli bir anda elektron bulutunun konumu değişebilir ve bu da saniyenin yalnızca birkaç kesri kadar var olan *anlık dipol* veya *değişken dipol* olarak adlandırılan bir durumla sonuçlanabilir. Anlık dipol sonucu olarak helyum atomunun bir ucunda zayıf kısmi pozitif yük olacak, diğer ucunda ise kısmi yük negatif olacaktır. Bir atomun anlık dipolü, başka bir atomda bir dipol oluşturur ve bu da indüklenmiş dipol oluşturur. Ancak durum sürekli değişiyor. Anlık dipoller arasındaki moleküller arası etkileşimlere dağılma (dispersiyon) kuvvetleri denir. Bunlar London veya dağılma kuvvetleridir.

Dağılma kuvvetleri, *atomlar veya moleküllerdeki değişen dipoller ile indüklenen dipoller arasında oluşan çekici kuvvetlerdir*.

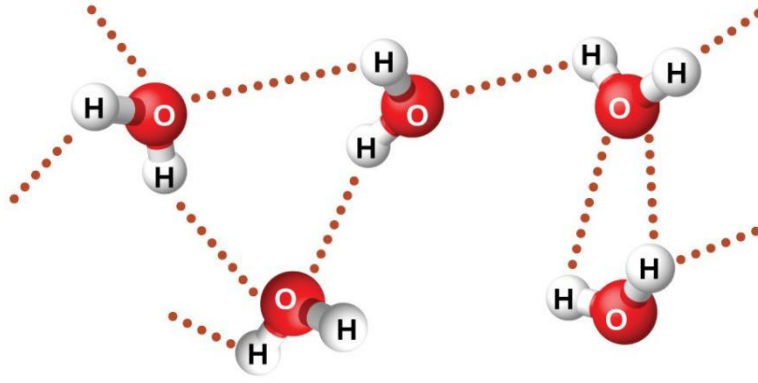
Bu etkileşimler, polar moleküller arasındaki etkileşimlere kıyasla çok daha zayıf ve kısa ömürlüdür, ancak yine de mevcuttur ve ölçülebilir. Düşük sıcaklıklarda, helyum atomlarının hareketi yavaşlatıldığında, dağılma kuvvetleri atomları birbirine daha yakın tutmaya yetecek kadar güçlü olur ve bu da helyumun yoğunlaşmasına neden olur. Dağılma kuvvetleri, monatomik maddelerde ve polar olmayan moleküllerde var olan tek etkileşim türüdür. London kuvvetleri ile hidrojen, oksijen, metan, karbondioksit vb. moleküller çekilir. Hidrokarbonlar gibi daha büyük moleküllerde, molekül kütleleri daha yüksek olduğundan dağılma kuvvetleri önemli ölçüde daha güçlüdür.

Dipol-dipol etkileşimleri, *iki polar molekül arasında oluşan çekici kuvvetlerdir*. Bir molekülün pozitif kısmi yükü ile diğer molekülün negatif kısmi yükü arasında çekici bir kuvvet vardır. Bu tür etkileşimler polar su molekülleri arasında görülür. Su molekülleri arasındaki dipol-dipol etkileşimlerine **hidrojen bağları** denir. Hidrojen bağı, polar moleküllerin (HF, H₂O, NH₃, vb.) hidrojen atomları ile bir veya daha fazla bağ yapmayan elektron çiftine sahip elektronegatif atomlar (F, N, O) arasında oluşan özel bir dipol-dipol etkileşimidir. Hidrojen bağının kuvveti büyük olduğundan çok sayıda bileşiğin yapısı ve özellikleri üzerinde etkilidir.

Su molekülleri arasındaki hidrojen bağları sonucu olarak, normal koşullar altında (oda sıcaklığı ve atmosfer basıncı) su sıvı haldedir. Su ısıtıldığında moleküller arasındaki hidrojen bağları koptuğu için buharlaşır. Bir su molekülünün oluşturabileceği hidrojen bağı sayısı dördür. Şekil 3.25'te hidrojen bağı noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3.24. London kuvvetleri

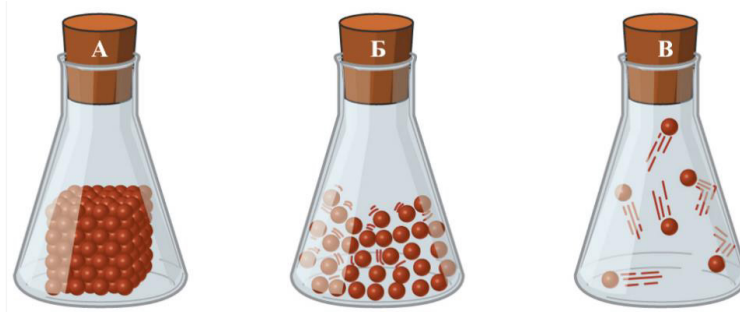


Şekil 3.25. Dipol-dipol etkileşimi (hidrojen bağı)

Su, ayrıca diğer polar moleküllerle de hidrojen bağları oluşturarak, çok sayıda iyonik ve kovalent bileşiğin çözünebildiği universal bir çözücüdür.

Gazların, sıvıların ve katıların yapısı ve özellikleri

Maddelerin katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç halde bulunduğu bilinmektedir. Gazlar, sıvılar ve katılar yapı ve özellik bakımından farklılık gösterirler. Moleküller arası etkileşimler en çok katılarda, sonra sıvılarda, en zayıf ise gazlarda görülür. Moleküller arasındaki etkileşimler de maddelerin agregat hallerindeki değişikliklere etkileyebilir.



Şekil 3.26. Katılar (A), sıvılar (B) ve gazlar (C)

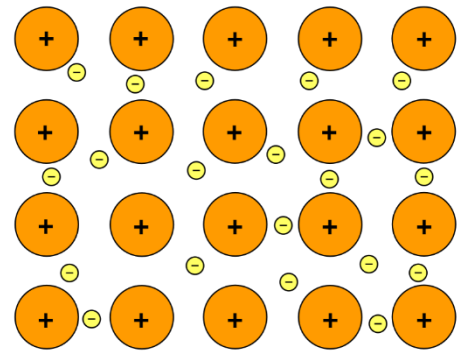
Gazlar, her yöne serbestçe hareket edebilen ve kendilerine ayrılan tüm hacmi doldurabilen moleküllerden oluşur. Bu yüzden belirli bir şekil ve hacme sahip değildir. Yapı birimleri atomlar veya moleküller olabilir. Gazlarda moleküller arası etkileşimler zayıftır, dolayısıyla molekülleri serbestçe hareket eder ve birbirlerinden daha uzak mesafelerde bulunurlar. Gazlar bu özellikleri nedeniyle kolaylıkla sıkıştırılabilirler ve gaz halinden sıvı hale geçebilirler. Polar moleküllerden oluşan gazlarda dipol-dipol etkileşimleri vardır, polar olmayan moleküllerden oluşan gazlarda ise (ki bu daha yaygındır) London dağılma kuvvetleri ortaya çıkar.

Sıvıların sabit hacimleri vardır, ancak kendilerine ait bir şekilleri yoktur, bulundukları kabın şeklini alırlar. Sıvılardaki moleküller arası etkileşimler gazlara göre daha güçlüdür ve molekülleri birbirine daha yakındır. Bu durum sıvıların sıkıştırılmasını daha da zorlaştırır. Sıvılardaki moleküller gazlardakine göre birbirine daha yakındır, ancak katılardaki kadar yakın değildir. Bu sayede sıvılardaki moleküller daha kolay hareket edebilir ve birbirleriyle karışabilirler. Sıvılarda çoğunlukla dipol-dipol etkileşimleri ve hidrojen bağı hakimdir.

Katı haldeki maddeler düzenli yapıya, belirli bir şekle ve forma sahiptir. Katıların yapı birimleri düzenli bir düzende ve birbirine yakın olarak dizilmiştir, bu yüzden serbestçe hareket edemezler, sadece titreşirler. Katılarda moleküller arası etkileşimler kuvvetlidir ve bu nedenle düzenli bir şekle sahiptirler. Ayrıca katıları sıkıştırmak çok zordur, çünkü yapı birimleri arasındaki boşluk zaten çok daha küçüktür. Yani katıların yapı birimleri, aralarındaki güçlü çekim kuvvetleri tarafından çekilirler. Bunlar iki şekilde düzenlenebilir. Bir yol, **kristal kafes** adı verilen, düzenli olarak tekrarlanan üç boyutlu bir yapı oluşturmaları ve böylece **kristal katı madde** oluşturmalarıdır. Diğer yol ise, bunları düzgün bir düzene koymadan dizmektir ve bu sırada yapı birimleri **amorft katı madde** oluştururlar (Yunanca ámorphos kelimesinden gelir, “şekilsiz” anlamına gelir). Birçok polimer amorf katılar örneğidir. Amorf katıların diğer örnekleri arasında cam, jeller ve çeşitli nanomalzemeler bulunur.

Kristal katı maddeler, *parçacıklarının (atomlar, iyonlar ve moleküller) düzenli bir şekilde dizildiği katılardır*. Kristal katı maddeler ayrıca kovalent (atomik) kristaller, moleküler kristaller, iyonik kristaller ve metalik kristaller olarak sınıflandırılabilir. Bu kristalin maddelerin farklı yapı birimleri vardır ve ayrıca bu parçacıkları bir arada tutan çekici kuvvetler bakımından da farklılık gösterirler.

Metalik kristalin bir örneği bakır teldir. Bakır tel, yüksek yoğunluklu, yüksek erime noktalı, iyi bir ısı ve elektrik iletkeni, elastik, kolay bükülebilen ve metalik bir parlaklığa sahip olan bir malzemedir. Metal kristalleri, değerlik elektronlarını kolayca serbest bırakan ve pozitif yüklü iyonlar veya katyonlar oluşturan atomlardan oluşur. Metal atomlarından yayılan elektronlar kristal kafesin her tarafına dağılmıştır. Böylece, katyonların düzgün bir şekilde düzenlendiği ve kristal boyunca hareket eden elektronlarla çevrili olduğu bir kristal yapı elde edilir. Kristal, metal katyonları ile değerlik elektronları arasında var olan elektrostatik çekim kuvvetinin bir sonucu olarak kararlıdır. Bu çekici kuvvete **metalik bağ** denir. Katyonlar ile değerlik elektronları arasındaki bu etkileşim şekli metallerin özelliklerini etkiler.



Şekil 3.27. Metalik bağ

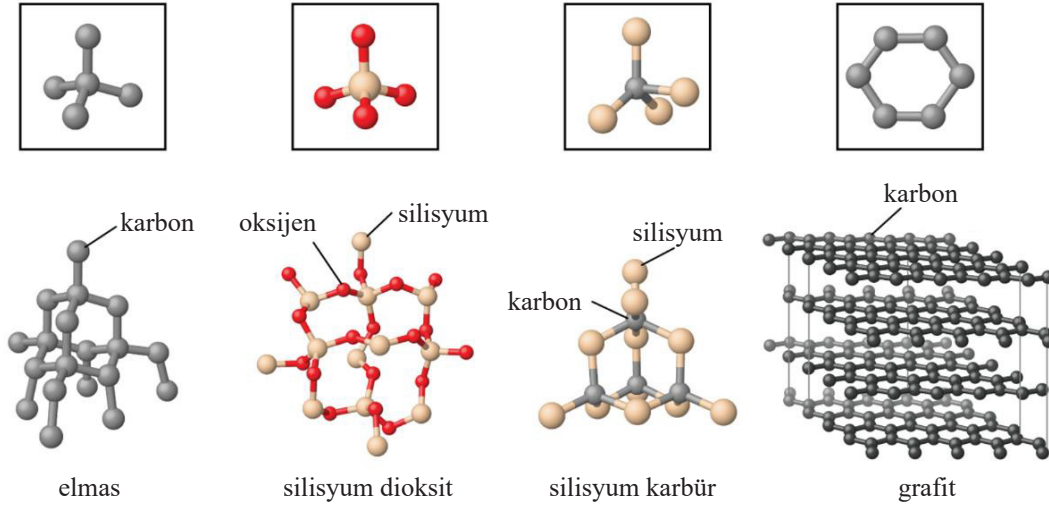
Metal kristallerindeki atomlar birbirine çok yakın yerleşmiştir, bu nedenle metaller yüksek yoğunluklu olarak nitelendirilirler. Metallerin yüksek erime noktasına sahip olmasının nedeni iyonlar ve elektronlar arasındaki çekim kuvvetidir. Elektronlar kristal içerisinde kolayca hareket eder, bu yüzden metaller iyi bir elektrik iletkenidir. Ayrıca elektronlar kristal içerisinde hareket ettikçe birbirleriyle kolayca çarpışırlar. Çarpışma sırasında kinetik enerjileri ısıya dönüşür, bu nedenle metaller iyi bir ısı iletkenidir.

İyonik kristaller *iyonlardan yapıldır. İyonik kristallerin kristal kafesi, iyonik bağ adı verilen elektrostatik kuvvetle birbirine çeken katyon ve anyonlardan oluşur.* Kristaldeki katyonlar anyonlar tarafından, anyonlar da katyonlar tarafından çevrelenmiştir. Dolayısıyla iyonlar arasında kuvvetli elektrostatik etkileşimi vardır, bunun sonucunda iyonik kristaller katı agregat halindedir ve yüksek bir erime noktasına sahiptirler. İyonik kristalin bir örneği, yapısı iyonik bağ bölümünde açıklanan sodyum klorürdür. İyonik bir bağ kırmak için gereken enerji, iyonların yüküne bağlıdır. Örneğin, MgO 'daki Mg^{2+} ile O^{2-} arasındaki çekim kuvveti, $NaCl$ 'deki Na^+ ile Cl^- arasındaki çekim kuvvetinden daha kuvvetlidir. Bir diğer etken ise iyonların büyüklüğü, yani iyon yarıçapıdır. İyonik yarıçapı küçük olan iyonlara kıyasla, büyük iyonlar için çekim kuvveti daha küçüktür. İyonik maddeler çözeltide veya eriyik haldeyken elektriği iletebilirler. Bu durumda iyonlar kolayca hareket edebilir ve elektriği iletebilirler. Katı haldeyken iyonik bileşikler elektriği iletmez çünkü iyonlar sabit bir konumdadır, yani hareket edemezler. İyonik maddeler kolayca kırılabilir ve kuvvetin etkisi altında iyonik kristal küçük kristallere ayrılır.

Moleküler kristaller, *polar kristallerde dipol-dipol tipindeki nispeten zayıf moleküller arası etkileşimler (hidrojen bağları dahil) ve polar olmayan kristallerde dağılma kuvvetleri tarafından birbirlerine çekilen moleküllerden oluşur.* Moleküller arası etkileşimlerin zayıf olması ve kolayca kırılabilmesi nedeniyle, moleküler kristaller nispeten düşük bir sıcaklıkta erir, kırılabilir ve bazıları süblimleşir. Moleküler maddelerin değerlik elektronları genellikle kimyasal bağlara katılırlar ve bu nedenle kristal yapısı içerisinde hareket edemezler. Bu nedenle moleküler kristaller elektriği iletmezler ve aynı zamanda ısıyı da iyi iletmezler. Moleküler kristallere örnek olarak buz, iyot, kükürt, naften vb. verilebilir.

Kovalent kristaller *atomlardan oluşur. Bu kristallerde her bir atom, kristaldeki komşu atoma kovalent bağ ile bağlanmıştır.* Bu nedenle kovalent kristallere **atomik kristaller** de denir. Atom kristalleri, yalnızca karbon atomlarından oluşan elmas ve grafit gibi tek bir atom türünden oluşabilir. Ayrıca, atomik bir kristal, silisyum ve oksijenden oluşan silisyum

dioksit (SiO_2) veya silisyum ve karbondan oluşan silisyum karbür (SiC , karborundum) gibi farklı atomlardan da oluşabilir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Kovalent kristaller örnekleri

Kovalent kristaldeki atomların değerlik elektronları kovalent bağları oluşturmak için kullanılır. Bu yüzden, kristaldeki atomlar arasında var olan tek çekim kuvveti türü kovalent bağdır. Kovalent bağ kırmak çok fazla enerji gerektirdiğinden, çoğu kovalent kristalin erime noktası ve sertliği yüksektir. Kovalent kristallerden oluşan bileşikler, başta olarak moleküllerin büyüklüğünden dolayı suda çok az çözünür veya hiç çözünmez. Kovalent bir kristal olan elmas, çok yüksek sertliğe ve yüksek erime noktasına sahip bir maddedir. Elmasta her karbon atomu, dört komşu karbon atomuna kovalent bağlarla tetrahedron şeklinde bağlanmıştır. Bu yapı elmasın kovalent kristali boyunca tekrarlanır. Elmastaki karbonun tüm değerlik elektronları kovalent bağ oluşturmak için kullanılır. Bu nedenle elmasın delokalize elektronları yoktur ve ısı ve elektriği iyi iletmez.

Grafit (karbonun allotropik bir modifikasyonu) tıpkı elmas gibi karbon atomlarından oluşur, ancak farklı bir yapıya sahiptir. Elmasın aksine grafit iyi bir elektrik iletkenidir, bu da kristal içerisinde yüklü parçacıkların (elektronların) hareket ettiğini gösterir. Grafitte bir karbon atomu yalnızca üç karbon atomuna bağlıdır. Karbon atomunun, elmasta olduğu gibi dört kovalent bağ oluşturabilen dört değerlik elektronu vardır, ancak grafitte yalnızca üç kovalent bağ oluşur ve dördüncü elektron serbesttir. Serbestçe hareket edebilmesi grafitin elektrik iletmesini sağlar. Grafit katmanlı bir yapıya sahiptir, aralarında zayıf moleküller arası kuvvetlerin bulunduğu katmanlardan oluşur. Her katmanın içinde karbon atomları altı karbon atomundan oluşan halkalar oluşturur. Dış basıncın etkisi altında katmanlar birbirlerine göre kolayca hareket edebilirler. Bu nedenle grafit yumuşaktır ve diğer şeylerin yanı sıra, kağıt üzerine kolayca yazı yazmayı sağlayan kalemelerde kullanılır.

ÖZET

Kimyasal bağ, farklı yapı taşlarını (atomlar, iyonlar vb.) bir arada tutan çekici kuvvettir.

Katyon, pozitif yüklü iyondur.

Anyon, negatif yüklü iyondur.

İyonik bağ, iyonik bileşiklerde bir metalin oluşturduğu iyonları (katyonlar) ve bir ametalin oluşturduğu iyonları (anyonlar) bir arada tutan elektrostatik çekim kuvvetidir.

Monatomik iyonlar, tek bir atomdan oluşan iyonlara denir.

Birim hücre, kristal kafeste belirli bir düzende tekrarlanan en küçük yapısal birimdir.

İyonik kristal kafes, iyonların oluşturduğu kristal kafestir.

İyonik yarıçap, iyonun çekirdeğinden son elektron tabakasına kadar olan mesafedir.

Kovalent bağ, bir veya daha fazla elektron çiftinin paylaşılmasıyla metal olmayan atomlar arasında oluşan kimyasal bir bağlıdır.

Tek kovalent bağ veya sigma (σ), iki atom arasında paylaşılan tek bir elektron çifti tarafından oluşturulan kovalent bir bağlıdır.

Bağ oluşturmeyan elektron çiftleri (paylaşılmamış elektron çiftleri), kovalent bağ oluşumuna katılmayan eşleşmiş değerlik elektronlarıdır.

Bağ oluşturmeyan orbitaller, bağ oluşturmeyan elektronların bulunduğu orbitallerdir.

Çift bağ, iki ortak elektron çiftinin oluşturduğu kovalent bir bağlıdır.

Üçlü bağ, üç ortak elektron çiftinin oluşturduğu kovalent bir bağlıdır.

Polar olmayan kovalent bağ aynı türdeki ve elektronegatiflik farkı sıfır olan atomlar arasında veya benzer elektronegatifliğe sahip atomlar arasında oluşur.

Polar kovalent bağ, elektronegatiflikleri farklı olan farklı tipteki atomlar arasında oluşan bir bağlıdır. **Koordinat bağı**, paylaşılan elektron çiftinin yalnızca bir atomdan kaynaklandığı şekilde oluşan kovalent bir bağlıdır.

Hibridizasyon, atom orbitallerinin karıştırılması ve hibrit orbitaller adı verilen yeni bir orbital türünün oluşturulması işlemidir.

İyon-dipol etkileşimleri, iyonlar (katyonlar ve anyonlar) ile polar moleküller arasında var olan çekici kuvvetlerdir.

İndüklenmiş dipol, iyonların veya polar moleküllerin varlığında polar olmayan maddelerde oluşan bir dipoldür.

London kuvvetleri veya dağılma kuvvetleri, atomlar veya moleküllerdeki alternatif dipoller ile indüklenen dipoller arasında oluşan çekici kuvvetlerdir.

Dipol-dipol etkileşimleri, iki polar molekül arasında oluşan çekici kuvvetlerdir.

Hidrojen bağları, su molekülleri arasındaki dipol-dipol etkileşimleridir.

Gazlar, her yöne serbestçe hareket edebilen ve kendilerine ayrılan tüm hacmi doldurabilen moleküllerden yapılıdır.

Sıvıların sabit hacimleri vardır, ancak kendi şekilleri yoktur, bulundukları kabın şeklini alırlar.

Katı maddeler düzenli bir yapıya, belirli bir şekle ve forma sahiptir.

Kristal katı maddeler, parçacıklarının (atomlar, iyonlar ve moleküller) düzenli bir şekilde dizildiği katılardır.

Amorf katı maddeler, taneciklerin düzenli bir düzen olmaksızın dizildiği maddelerdir.

Metalik bağ, metal katyonları ile değerlik elektronları arasında var olan elektrostatik çekim kuvvetidir.

İyonik kristaller iyonlardan oluşur. İyonik kristallerin kristal kafesi, iyonik bağ adı verilen elektrostatik bir kuvvetle birbirine çekilen katyon ve anyonlardan oluşur.

Moleküler kristaller, polar kristallerde dipol-dipol tipindeki nispeten zayıf moleküller arası etkileşimler (hidrojen bağı dahil) ve polar olmayan kristallerde dağılma kuvvetleri tarafından birbirlerine çekilen moleküllerden oluşur.

Kovalent kristaller atomlardan oluşur. Bu kristallerde her bir atom, kristaldeki komşu atoma kovalent bağ ile bağlanmıştır.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Kararlı elektron konfigürasyonu ne anlama gelir? Periyodik tablodaki elementlerin kararlı bir elektron dizilimi var mıdır? Açıklayınız.
- 2) Periyodik tablodaki tüm elementler, inert gaz argon gibi kararlı bir elektron konfigürasyonuna ulaşır mı? Açıklayınız.
- 3) Elementler kararlı elektron konfigürasyona nasıl ulaşabilirler?
- 4) Ca, Al, F ve P elementlerinin Lewis sembollerini yazın.
- 5) Metaller neden katyon, ametaller neden anyon oluşturur?
- 6) İyonik bağ sadece metal ve ametal arasında mı oluşur? Nedenini açıklayınız.
- 7) Aşağıdakiler arasında ne tür bir kimyasal bağ oluşmasını bekliyorsunuz?
 - a) potasyum ve klor
 - b) karbon ve oksijen
 - c) azot ve oksijen
 - d) alüminyum ve flor
- 8) Arseniğin ($_{33}\text{As}$) elektron konfigürasyonunu yazınız ve her elektron kabuğunda kaç elektron olduğunu, hangi elektronların değerlik olduğunu ve periyodik tabloda hangi grup ve periyotta yer aldığını belirleyiniz. As'nin kararlı elektron konfigürasyonu var mıdır? Değilse nasıl başarılabılır?
- 9) Son elektron tabakasındaki elektron dizilimi $3s^23p^6$ olacak katyon hangisidir? Bu elektron konfigürasyonuna sadece bir katyon mu sahipti?
- 10) Magnezyum ve fosfor arasındaki iyonik bağın nasıl oluştuğunu açıklayınız. Verilen ve alınan elektron sayıları eşit olacak mı? Bileşiğin formülü ve adı ne olacak?
- 11) N^{3-} , Al^{3+} , Ba^{2+} ve Br^- 'nin elektron konfigürasyonunu yazınız.
- 12) Ca_3N_2 bileşiğindeki iyonların Lewis sembollerini yazınız.
- 13) Mg ve Mg^{2+} 'nin atom ve iyon yarıçaplarını karşılaştırın. Bunların değerinin ne kadar olduğunu bulabilir misiniz?
- 14) Anyonların iyonik yarıçapları, kendilerini oluşturan atomlardan neden daha büyüktür? Açıklayınız.
- 15) Hangi bileşikte iyonik bağ daha kuvvetlidir: Ca_3N_2 mi yoksa LiF mi? Açıklayın.
- 16) Sodyum klorürün formülü NaCl 'dir. Bu, kristal kafesinde yalnızca bir sodyum atomu ve bir klor atomu olduğu anlamına mı geliyor? Kristal kafes atomlardan mı oluşur? Açıklayınız.
- 17) Tek bağ, çift bağ ve üçlü bağda iki atom arasında kaç elektron paylaşılır?
- 18) Çift bağ ile π -bağı arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
- 19) Üçlü bağ hangi bağlardan oluşur? Bir örnekle açıklayınız.
- 20) Kovalent bağ ile koordineli kovalent bağ arasındaki fark nedir?
- 21) Amonyum klorür (NH_4Cl)'de bağların nasıl oluştuğunu açıklayabilir misiniz? Bu ne tür bir kimyasal bağdır?
- 22) σ -bağı oluştururken hangi orbitaller hangi şekilde örtüşür?
- 23) Üst üste binen p-orbitalleri Orbitallerin hangi yönde örtüştüğünün bir önemi var mı?

- 24) Aşağıdaki p-elementlerinden hangisinin bağ yapmayan elektronları K veya P'dir? Açıklayınız.
- 25) NH_3 ve HF 'de bağ nasıl oluşur açıklayınız? Bu ne tür bir kovalent bağdır?
- 26) Her iki karbon atomunun sp^2 hibritleşmesi yaptığını biliyorsanız $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ bileşiğinin yapısını açıklayınız.
- 27) Su molekülü sp^3 hibridizasyonuna sahiptir. sp^3 hibritleşmesi yapan atomlar dört tek bağ oluştururken, su molekülünde sadece iki tek O-H bağı bulunur. Bu nasıl açıklanabilir?
- 28) İyon-iyon etkileşimleri van der Waals etkileşimleri midir? Açıklayınız.
- 29) Sodyum klorür (NaCl) suda çözündüğünde çözeltide sodyum (Na^+) ve klorür (Cl^-) iyonları oluşur mu? İyonlar ve su molekülleri arasında ne tür etkileşimler olacaktır? Açıklayınız.
- 30) İndüklenmiş dipol nasıl oluşur?
- 31) Hidrojen bağı hangi moleküller arası etkileşim türüne girer? Suyun moleküller arasında nasıl oluştuğunu açıklayınız. Polar olmayan moleküller arasında hidrojen bağları oluşabilir mi?
- 32) Polar olmayan moleküllerin karakteristik özelliği olan moleküller arası etkileşimler nelerdir?
- 33) Atomlardan oluşan kovalent kristallerde metalik bağ var mıdır? Açıklayınız.
- 34) Magnezyum örneğini kullanarak metalik bağı açıklayınız.
- 35) İyonik maddeler katı haldeyken elektriği iletir mi?

MODÜLER BİRİM 4**ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERDE DENGELER****Öğrenme hedefleri**

Elektrolit Çözeltilerde Dengeler Modüler birimi ile aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenmektedir:

- Elektrolitler (asit, baz ve tuz çözeltileri), elektrolitik ayrışma (denklem yazma) ve elektrolitik ayrışma derecesi (kuvvetli ve zayıf elektrolitler arasında ayırım yapma) hakkında bilgi edinme;
- İyonik reaksiyonların geri döndürülemez (tamamlanacak) olup olmayacağını tahmin etmek ve iyonik reaksiyonlar için denklemler yazmak;
- Protolitik süreçleri, protolitleri (kuvvetli, zayıf ve otoprotolitler) ve konjuge asit ve baz çiftleri arasındaki ilişkiyi anlamak;
- Tuzların hidrolizi sırasında çözeltideki ortamın asitliğini tahmin etmek;
- Çözünürlük ürününü tanımlamak ve az çözünen tuz ile iyonları arasındaki denge için denklemleri yazmak;

Modüler biriminin incelenmesi ile beklenen sonuçlar

Elektrolit Çözeltilerde Dengeler Modüler birimini inceledikten sonra öğrencilerin şunları yapması beklenmektedir:

- Elektrolit ayrışması için denklemler, “moleküler” formda iyonik reaksiyonlar için denklemler, tam iyonik denklemler ve etkili (kısaltılmış) denklemler yazmak;
- Elektrolit ayrışma derecesine göre kuvvetli ve zayıf elektrolitler arasında ayırım yapmak;
- Bronsted ve Lowry teorisine göre asit ve baz arasındaki farkı ayırt etmek;
- Suyun iyonik ürünü ve pH ile ilgili basit problemleri çözmek;
- Protolitik reaksiyonlar ve tuzların hidrolizine ilişkin denklemleri yazabilmek;
- Tuzların çözünürlük çarpımı ve hidrolizine dayalı problemler çözmek;

Terimler

elektrolitler, birinci tür iletkenler, ikinci tür iletkenler, elektrolitik ayrışma, elektrolitik ayrışma derecesi, iyonik reaksiyon, “moleküler” formdaki denklem, tam iyonik denklem, etkin (kısaltılmış) iyonik denklem, gözlemci iyonlar, proton, protolitik reaksiyon, protolit, hidronyum iyonu, proton vericisi, proton alıcısı, protojenik özellikler, protofilik özellikler, konjuge asit, konjuge baz, amfiprotolit, otoprotoliz, suyun iyonik çarpımı, hidrojen indikatörü (pH), indikatör, hidroliz, çözünürlük çarpımı, heterojen denge, ortak iyon, Le Chatelier ve Brown ilkesi;

Modüler birimin içeriği

Elektrolitler, elektrolitik ayrışma ve elektrolitik ayrışma derecesi
İyonik reaksiyonlar
Bronsted ve Lowry teorisine göre protolitik süreçler, asitler ve bazlar
Suyun otoprotolizi ve hidrojen indikatörü (göstergesi)
Tuzların hidrolizi
Çözünürlük çarpımı

4. ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERDEKİ DENGELER

Metaller genellikle kolay hareket eden elektronlara sahip oldukları için elektrik akımını iletirler. Bunlara *birinci tür iletkenler* denir. Asitlerin, bazların ve tuzların bazı sulu çözeltileri veya eriyikleri de elektriği iletir. Bu tür çözeltilere veya eriyiklere elektrolit denir ve bunlar *ikinci tür iletkenlerdir*. Sporcu içeceği tüketmeyi seven herkes elektrolit kelimesini duymuştur, ancak bu kelimenin anlamı nedir? Aslında elektrolitler, suda çözüldüğünde iyon oluşturan maddelerdir. Ancak tüm maddeler çözeltilerde iyon oluşturmazlar. Bazı maddelerin çözeltileri elektrik akımını iletirken, bazılarının iletmemesinin nedeni nedir sorusu sıkça sorulur. Örneğin şeker (sakaroz, $C_{12}H_{22}O_{11}$) suda çözüldüğünde oluşan çözelti elektrik akımını iletmez, sofr tuzunun (sodyum klorür, NaCl) çözeltisi ise elektrik akımını iletir. Bu iki maddenin çözeltilerinin farklı davranmasının nedeni kimyasal bağlarda bulunmaktadır. Sak,karoz, atomların birbirine kovalent bağlarla bağlandığı moleküllerden oluşurken, NaCl'de sofr tuzunun yapı taşları olan iyonlar (katyonlar ve anyonlar) arasında iyonik bağ bulunur.

4.1. Elektrolitler, Elektrolit Ayrışması ve Elektrolit Ayrışma Derecesi

Maddelerin çözeltileri elektrik akımını iletip iletmemelerine göre elektrolit olmayan ve elektrolit olabilen çözeltilerdir.

Elektrolit olmayanlar, sulu çözeltilerinde moleküller bulunan ve bu nedenle elektrik akımını iletmeyen maddelerdir. Elektrolit olmayanlara örnek olarak saf su, alkoller, şekerlerin sudaki çözeltileri vb. verilebilir.

Elektrolitler, suda (veya başka bir polar çözücüde) çözüldüğünde iyon oluşturan maddelerdir. Elektrolitlere örnek olarak asit, baz ve tuz çözeltileri verilebilir çünkü çözeltide iyon oluşturmurlar. Bu çözeltiler, çözeltide bulunan iyonların (katyon ve anyon) hareketliliği sonucu olarak elektrik akımını iletirler.

Dolayısıyla elektrolitler ile elektrolit olmayanlar arasındaki temel farkın, elektrolitlerin çözeltide iyon oluşturmaları, elektrolit olmayanların çözeltilerinin ise moleküller içermesi olduğu söylenebilir. Bu nedenle çözelti halindeyken farklı davranırlar. Elektrolit çözeltilerdeki iyonlar, iyonlardan ve polar moleküllerden oluşan bileşiklerin çözeltilerinde veya eriyiklerinde gerçekleşen ayrışma (elektrolitik ayrışma) adı verilen bir süreç sonucunda oluşur. Örneğin, sodyum klorürün (NaCl) suda çözünmesiyle sodyum katyonları (Na^+) ve klor anyonları (Cl^-) oluşurken, hidroklorik asidin (HCl) suda çözünmesiyle hidrojen katyonları (H^+) ve klor anyonları (Cl^-) oluşur. Ayrışma işlemi su veya başka bir polar çözücü (etanol, asetik asit vb.)

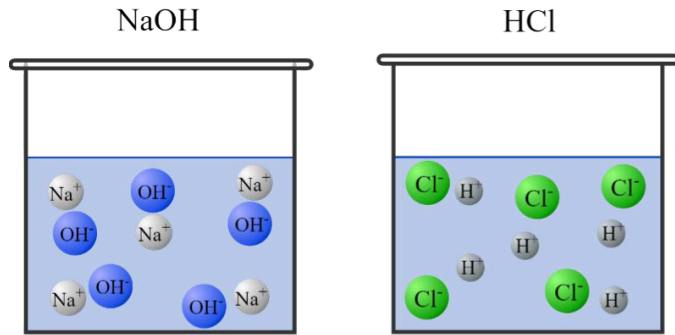
içerisinde gerçekleşir. Çözücünün polar moleküller maddelerin iyonlara (kasyonlar ve anyonlar) ayrışmasını kolaylaştırır. Bu arada, çözeltide polar çözücü molekülleri tarafından çevrelenen iyonlara *solvatlanmış iyonlar* denir. Çözücünün su olduğu durumda oluşan iyonlar *hidratlıdır*, yani su molekülleriyle (aq ile belirtilir) çevrilidir. Elektrolitik ayrışma teorisi, İsveçli bilim adamı Svante Arrhenius (1859–1927) tarafından 1887 yılında çeşitli maddelerin iletkenliğini incelerken ortaya çıkmış. Aşağıdaki denklemler sulu çözeltilerde elektrolitik ayrışmanın birkaç örnek gösterilmiştir:



Elektrolitlerin sulu çözeltilerde tamamen veya kısmen iyonlara ayrışmasına bağlı olarak şunlar olabilir:

- kuvvetli elektrolitler;
- zayıf elektrolitler.

Kuvvetli elektrolitler, *suda neredeyse tamamen ayrıışan elektrolitlerdir*. Kuvvetli elektrolitler için örnek olarak suda çözünen tuzlar ve sulu çözeltilerde neredeyse tamamen ayrıışan asitler ve bazlar verilebilir. Bu arada kuvvetli elektrolitlerin sulu çözeltileri sadece iyon içerir. Kuvvetli elektrolitlerin ayrışma süreci tek okla ($\rightarrow$) gösterilmiştir, çünkü bunlar suda tamamen ayrıışır. Örneğin, kuvvetli elektrolitler olan sodyum hidroksit (NaOH) ve hidroklorik asidin (HCl) ayrışma süreci aşağıdaki denklemlerle gösterilebilir:



Şekil 4.1 NaOH ve HCl'nin elektrolitik ayrışması

Zayıf elektrolitler, *suda kısmen ayrıışmış elektrolitlerdir*. Zayıf elektrolitlerin sulu çözeltileri iyonlar ve ayrıışmamış moleküller içerir. Zayıf elektrolitler, suda kısmen ayrıışmış asit ve bazların çözeltileridir. Zayıf elektrolitlerin ayrışmasını temsil etmek için çift ok ($\rightleftharpoons$) kullanılır, çünkü çözeltileri, örneklerde gösterildiği gibi ayrışmaları sırasında oluşan iyonlarla dengede olan ayrıışmamış moleküller içerir:



Tablo 13'te kuvvetli ve zayıf asit ve bazlara ait bazı örnekler verilmiştir. Bütün tuzların çözeltileri kuvvetli elektrolitlerdir.

Tablo 13. Kuvvetli ve zayıf asitler ve bazlar

Kuvvetli asitler ve bazlar		Zayıf asitler ve bazlar	
HClO ₄	perklorik asit	H ₂ SO ₃	sülfüröz asit
HCl	hidroklorik asit	HNO ₂	nitroz asit
HBr	hidrobromik asit	H ₃ PO ₃	fosforöz asit
HI	hidroyodik asit	H ₂ CO ₃	karbonik asit
HNO ₃	nitrik asit	H ₂ S	hidrosülfürik asit
H ₂ SO ₄	sülfürik asit	H ₃ BO ₃	borik asit
KOH	potasyum hidroksit	HF	hidroflorik asit
NaOH	sodyum hidroksit	HClO	hipokloröz asit
Ca(OH) ₂	kalsiyum hidroksit	CH ₃ COOH	asetik asit
Ba(OH) ₂	baryum hidroksit	H ₂ C ₂ O ₄	oksalik asit
Sr(OH) ₂	stronsiyum hidroksit	NH ₄ OH	amonyum hidroksit

ALİŞTIRMALAR

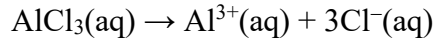
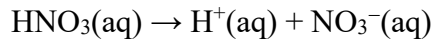
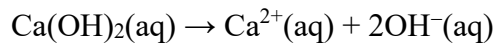
Asitlerin, bazların ve tuzların elektrolitik ayrışmasına ait denklemlerin yazılması.

Ödev 1

Ca(OH)₂, HNO₃ ve AlCl₃'ün ayrışma reaksiyonlarının denklemlerini yazınız.

Aranan: Ca(OH)₂, HNO₃ ve AlCl₃'ün ayrışma reaksiyonlarının denklemleri yazılsın.

Verilen bileşiklerin ayrışma süreci aşağıdaki denklemlerle gösterilebilir:



Ödev 2

HClO₃, Zn(OH)₂ ve Ca₃(PO₄)₂'nin ayrışma reaksiyonlarının denklemlerini yazınız.

ALİŞTIRMALAR

Asitlerin, bazların ve tuzların elektrolitik ayrışmasına ait denklemlerin yazılması.

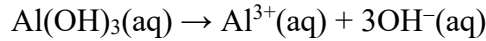
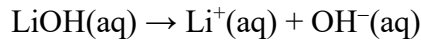
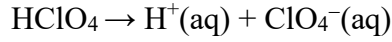
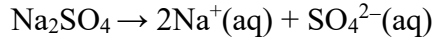
Ödev 3

Ca(OH)₂, HNO₃ ve AlCl₃'ün ayrışma reaksiyonlarının denklemlerini yazınız.

ÇÖZÜM

Aranan: KNO_3 , Na_2SO_4 , HClO_4 , LiOH ve $\text{Al}(\text{OH})_3$ 'ün ayrışma reaksiyonlarının denklemleri yazılsın.

Verilen bileşikler sulu çözeltilerinde iyonlar oluştururlar ve ayrışma sürecinin denklemleri aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Asetik asidin ayrışması çift okla ($\rightleftharpoons$) gösterilmiştir, çünkü zayıf bir elektrolittir.

Ödev 4

Na_2S , ZnCl_2 , HCN , H_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ve KOH 'un ayrışma reaksiyonlarının denklemlerini yazın.

Elektrolit ayrışma derecesi

Zayıf elektrolitlerin kuvvetinin ölçü birimi, elektrolit ayrışma derecesidir ve bu, Yunan harfi α (alfa) ile işaretlenir. α ayrılmış moleküllerin sayısı ile çözünmüş moleküllerin toplam sayısı arasındaki oranı temsil eder.

$$\alpha = \frac{\text{ayrışmış moleküllerin sayısı}}{\text{çözünmüş moleküllerin toplam sayısı}}$$

Genel formülü HA olan zayıf asit için α ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HA})}$$

Elektrolit ayrışma derecesi isimsiz bir sayı veya yüzde (%) olarak ifade edilir. Suda neredeyse tamamen ayrılan kuvvetli elektrolitler için α değeri yüzde (%) olarak ifade edildiğinde 1 veya 100'dür. Zayıf elektrolitlerde elektrolit ayrışma derecesi değeri %10'dan küçüktür. α değeri ne kadar düşükse elektrolit o kadar zayıftır.

ALİŞTIRMALAR

Elektrolit ayrışma derecesi

Ödev 5

Yoğunluğu $0,45 \text{ mol/dm}^3$ olan NH_4OH çözeltisinin, ayrışmasıyla elde edilen OH^- iyonlarının yoğunluğu $0,043 \text{ mol/dm}^3$ ise elektrolitik ayrışma derecesinin (α) değerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Verilen:

$$c(\text{NH}_4\text{OH}) = 0,45 \text{ mol/dm}^3$$

$$c(\text{OH}^-) = 0,043 \text{ mol/dm}^3$$

Aranan: $\alpha = ?$

NH_4OH 'nin elektrolitik ayrışma derecesi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\alpha = \frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_4\text{OH})}$$

$$\alpha = \frac{0,043 \text{ mol/dm}^3}{0,45 \text{ mol/dm}^3} \cdot 100 = 9,55 \%$$

α (9,55%) değerinden NH_4OH 'nin zayıf elektrolit olduğu sonucuna varılabilir.

Ödev 6

Hidroflorik asit (HF) konsantrasyonu $0,5 \text{ mol/dm}^3$, ayrışmasıyla elde edilen H^+ iyon konsantrasyonu ise $0,019 \text{ mol/dm}^3$ ise, Hidroflorik asidin α değerini hesaplayınız.

Elektrolitik ayrışmanın derecesi maddenin yapısına, sıcaklığa ve konsantrasyona bağlıdır. Sıcaklık arttıkça α değeri artar, α değerinin çözeltideki elektrolit konsantrasyonuna bağımlılığı ise ters orantılıdır. Bu, çözelti ne kadar seyreltikse (çözünen madde konsantrasyonu ne kadar düşük ve hacmi ne kadar büyükse), α değerinin o kadar büyük olacağı ve bunun tersinin de geçerli olacağı anlamına gelir. Sonsuz seyreltmede zayıf elektrolitler tamamen ayrışır.

4.2. İyonik Reaksiyonlar

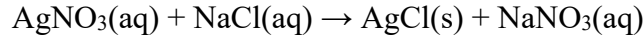
İyonik reaksiyonlar, sulu çözeltilerde iyonlar arasında gerçekleşen reaksiyonlardır. Bileşiklerin moleküller olarak ifade edildiği “moleküler” formdaki denklemlere benzer şekilde, iyonik denklem, sulu çözeltilerdeki elektrolitlerin ayrılmış iyonlar olarak ifade edildiği bir kimyasal denklemdir. Kuvvetli asitler, kuvvetli bazlar ve çözünebilen iyonik bileşikler (genellikle tuzlar) sulu çözeltilerde ayrılmış iyonlar halinde bulunurlar, bu nedenle iyonik denklemde iyon olarak yazılırlar. Zayıf asitler, bazlar ve çözünmeyen tuzlar genellikle moleküler formülleri kullanılarak yazılır, çünkü bunların yalnızca küçük bir kısmı iyonlara ayrışır. Bu tür denklemlere **iyonik denklemler** denir. Aslında iyonik reaksiyonları temsil etmek için aşağıdakiler kullanılır:

- denklemin “moleküler” formdaki hali;
- tam iyonik denklem;
- etkili (kısaltılmış) iyonik denklem.

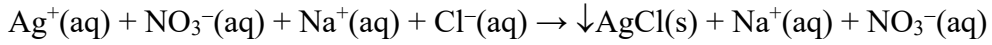
“Moleküler” formdaki denklemde, tüm iyonik bileşikler, asitler ve hidroksitler moleküler formülleri yardımıyla nötr bileşikler olarak gösterilir. Her maddenin hali, parantez içindeki formülün hemen ardından parantez içinde şu şekilde gösterilir: sulu çözelti (aq-aqua), sıvı (l-liquid), katı (s-solid) ve gaz (g-gas). Bu gösterim şekli iyonik denklemlerin yazılmasını kolaylaştırır.

İyonik reaksiyonların geri döndürülemez olması, yani tamamlanması (akışın yalnızca tepkime maddelerinden ürünlere doğru olması) için koşul, ürünlerden birinin zayıf bir elektrolit (l), gaz (g) veya az çözünen bir bileşik, yani bir çökelti olmasıdır.

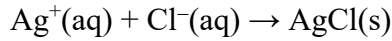
İyonik reaksiyonu için bir örnek olarak gümüş nitrat ile sodyum klorür arasındaki reaksiyon verilebilir. Gümüş nitrat (AgNO_3) ve sodyum klorür (NaCl) sulu çözeltileri arasındaki reaksiyonun moleküler formdaki denklemi, gümüş klorür (AgCl) çökeltisi ve sodyum nitrat (NaNO_3) çözeltisi üreterek aşağıdaki gibi yazılabilir:



Bu şekilde yazılan ve reaksiyona giren maddelerin molekül formüllerinin verildiği denkleme “**moleküler formdaki**” **denklem** denir. Denklem “moleküler” forma yazıldıktan sonra dengelenmesi gerekir. Suda çözünen tuzlar, kuvvetli asitler ve kuvvetli bazlar iyonlarına ayrışır, onlar hemen tamamen ayrışır, bu yüzden iyonları denklemde şu şekilde yazılır:

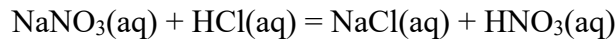


Bu şekilde yazılan kimyasal denkleme **tam iyonik denklem** denir. Tam iyonik denklemden, reaksiyon sırasında çözeltide bulunan tüm iyonlar görülebilir. Tam iyonik denklemden $\text{AgCl}(\text{s})$ çökeltisi, “moleküler” formdaki denklemde olduğu gibi moleküler formülle gösterilir, çünkü çok az çözünen bir bileşiktir ve iyonlara ayrışması ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Net iyonik denklemden, bazı iyonların (bu örnekte Na^+ ve NO_3^-) denklemin her iki tarafında da bulunduğu, yani AgCl çökeltisinin oluşumuna katılmadıkları görülebilir. Bu yüzden bunlara *gözlemci iyonlar* denir. Bu iyonları çıkarırsak kimyasal denklem şu şekli alacaktır:

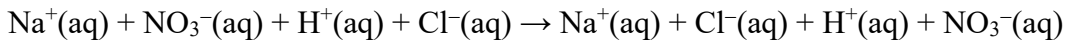


Bu şekilde yazılan kimyasal denkleme **etkili** veya **kısaltılmış iyonik denklem** denir. Kısaltılmış iyonik denklemden, AgCl çökeltisinin, nereden geldiklerine bağımsız olarak, Ag^+ ve Cl^- iyonlarından oluştuğu görülebilir. İyonik reaksiyonlarının denklemlerini yazarken, denklemin sol tarafındaki iyon sayısının sağ tarafındaki iyon sayısına eşit olmasına dikkat edilmelidir.

Sodyum nitrat (NaNO_3) ile hidroklorik asit (HCl) arasındaki reaksiyonun denklemi aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Bu reaksiyonun tam iyonik denklemini yazarsak şu elde edilecek:



İyonik denklemden, tepkimeye giren maddelerde bulunan iyonların aynılarının ürünlerde de bulunduğu, yani tepkimeye giren tüm maddelerin çözeltide olduğu görülebilir. Bu tepkime tamamlanma koşullarını sağlamadığı için geri döndürülemez olmayacaktır.

ALİŞTIRMALAR

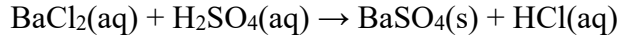
İyonik reaksiyon denklemlerinin “moleküler” formda, tam iyonik denklemlerin ve etkili (kısaltılmış) iyonik denklemlerin yazılması.

Ödev 5

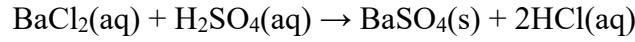
Baryum klorür (BaCl_2) ve sülfürik asit (H_2SO_4) sulu çözeltileri arasındaki reaksiyon sonucunda baryum sülfat (BaSO_4) çökeltisi ve sodyum klorür (NaCl) çözeltisi üretildiği reaksiyonun “moleküler” formdaki denklemini, tam iyonik denklemini ve kısaltılmış iyonik denklemini yazınız.

ÇÖZÜM

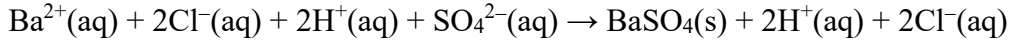
Aranan: BaCl_2 ve H_2SO_4 ’ün sulu çözeltileri arasındaki reaksiyon sonucunda BaSO_4 çökeltisi ve NaCl çözeltisi üretildiği reaksiyonun “moleküler” formdaki denklemi, tam iyonik denklemi ve kısaltılmış iyonik denklemi yazılsın. İlk olarak denklem “moleküler” formda yazılır,



yazıldıktan sonra dengelenmesi gerekiyor

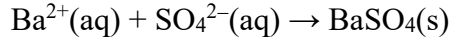


Ardından (aq) ile işaretlenen reaksiyona katılanların iyonlara parçalandığı tam iyonik denklem yazılır, dolayısıyla denklemde iyonları yazılır:



Gözlemci iyonlar: $\text{H}^{+}(\text{aq})$ ve $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$ ’dur.

Buna göre, etkili iyonik denklem şöyle olacaktır:



Kısaltılmış iyonik denklemden, BaSO_4 çökeltisinin Ba^{2+} iyonları ve SO_4^{2-} iyonlarından oluştuğu görülebilir.

Ödev 6

Potasyum karbonat (K_2CO_3) ve hidroklorik asit (HCl) sulu çözeltileri arasındaki reaksiyon sonucunda potasyum klorür (KCl) çözeltisi, karbondioksit gazı (CO_2) ve suyun üretildiği reaksiyonunun “moleküler” formdaki denklemini, tam iyonik denklemi ve kısaltılmış iyonik denklemini yazınız.

ALİŞTIRMALAR

İyonik reaksiyon denklemlerinin “moleküler” formda, tam iyonik denklemlerinin ve etkili (kısaltılmış) iyonik denklemlerinin yazılması.

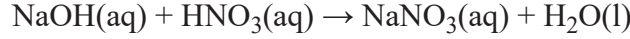
Ödev 7

Sodyum hidroksit (NaOH) ve nitrik asit (HNO_3) sulu çözeltileri arasındaki nötralizasyon reaksiyonunun, sodyum nitrat (NaNO_3) ve su çözeltisi üretildiği reaksiyonun “moleküler” formdaki denklemini, tam iyonik denklemini ve kısaltılmış iyonik denklemini yazınız.

ÇÖZÜM

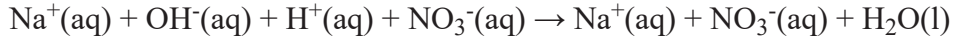
Aranan: NaOH ve HNO_3 ’ün sulu çözeltileri arasındaki reaksiyon sonucunda NaNO_3 çözeltisi ve suyun üretildiği reaksiyonun “moleküler” formdaki denklemi, tam iyonik denklemi ve kısaltılmış iyonik denklemi yazılsın.

İlk olarak denklem “moleküler” formda yazılır,



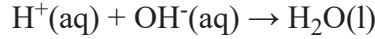
Bu denklemin dengeli olduğu görülebilir.

Daha sonra reaksiyona katılan (aq) ile işaretlenen maddelerin iyonlarına ayrıştığı ve dolayısıyla iyonlarının denkleme yazıldığı tam iyonik denklem yazılır. Su zayıf bir elektrolittir, dolayısıyla iyonlara ayrılmaz.



Gözlemci iyonlar: $\text{Na}^+(\text{aq})$ ve $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ 'dur.

Dolayısıyla etkin iyonik denklem şu şekilde olacaktır:

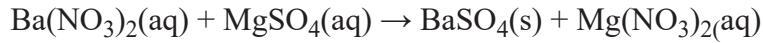


Buradan H_2O 'nun H^+ ve OH^- iyonlarından oluştuğunu görebiliriz.

Ödev 8

Magnezyum hidroksit ile nitrik asit arasındaki nötrleşme tepkimesinin “moleküler” formdaki denklemini, tam iyonik denklemini ve kısılatılmış iyonik denklemini yazınız.

Önceki örneklerden anlaşılacağı üzere iyonik reaksiyon denklemine dayanarak reaksiyonun tamamlanıp tamamlanmayacağını tahmin etmek mümkündür. Örneğin, magnezyum sülfat (MgSO_4) ile baryum nitrat ($\text{Ba(NO}_3)_2$) arasındaki reaksiyon denklemini incelersek



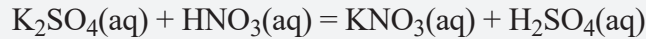
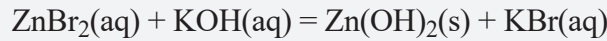
Ürünlerden birinin az çözünen bir bileşik (çökelti, s) olduğu görülmektedir. Bu, bu reaksiyonun koşullardan birini (çökelti oluşumu) karşıladığı ve dolayısıyla geri döndürülemez olacağı, yani sonuna kadar devam edeceği anlamına gelir.

ALİŞTIRMALAR

Verilen bir denkleme dayanarak iyonik bir reaksiyonun sonuna kadar devam edeceğinin (pratik olarak geri döndürülemez olup olmayacağını) tahmin edilmesi.

Ödev 9

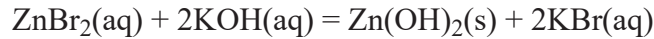
Aşağıdaki iyonik reaksiyonlardan hangisinin tamamlanacağını tahmin ediniz:



ÇÖZÜM

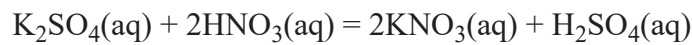
Aranan: Aşağıdaki iyonik reaksiyonlardan hangisinin tamamlanacağı tahmin edilsin.

İlk denklem dengelenirse, şu elde edilir:



Reaksiyona katılanların agregat hallerinden, reaktanların ve ürünlerden birinin ($\text{ZnBr}_2(\text{aq})$, $\text{KOH}(\text{aq})$ ve $\text{KBr}(\text{aq})$) çözeltide olduğu, diğer ürünün ise az çözünen bir bileşik ($\text{Zn(OH)}_2(\text{s})$) olduğu görülebilir. Dolayısıyla bu iyonik reaksiyon geri döndürülemez olacaktır, çünkü ürünlerden birinin çökelti olması koşulu karşılanır.

İkinci denklem dengelenmiş olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:



Denklemden, reaksiyona katılanların tamamının çözelti (sulu çözelti) içinde olduğu görülebilir. Dolayısıyla, tamamlanmaya gitmek için gerekli koşulları karşılamadığı için (ürünlerden biri

zayıf bir elektrolit, az çözünen bir bileşik (çökelti) veya bir gaz olduğunda, bu iyonik reaksiyon geri döndürülemez olmayacaktır.

Ödev 10

$\text{ZnBr}_2(\text{aq}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) = \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{KBr}(\text{aq})$ için moleküler denklemi, tam iyonik denklemi ve kısaltılmış iyonik denklemi yazınız.

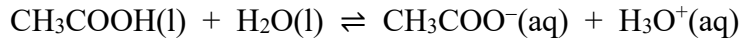
4.3. Bronsted ve Lowry Teorisine Göre Protolitik Süreçler, Asitler ve Bazlar

Arrhenius'un elektrolitik ayrışma teorisine göre asitler sulu çözeltilerde ayrıştığında H^+ iyonları, bazlar ise sulu çözeltilerde ayrıştığında OH^- iyonları oluştururlar. Bu, HCl ve NaOH 'un elektrolitik ayrışma sürecini gösteren yukarıda verilen denklemlerden görülebilir. Ancak çözeltide H^+ veya OH^- iyonu oluşturmayan, ancak asidik veya bazik özellik gösteren maddeler de vardır. Örneğin amonyakın (NH_3) baz gibi davrandığı ve bazik özellikler gösterdiği bilinmektedir, ancak OH^- iyonlar içermiyor. NH_3 'ün bu özelliğini açıklamak için Brønsted (Johannes Nicolaus Brønsted, 1879 – 1947) ve Lowry'nin (Thomas Martin Lowry, 1874 – 1936) protolitik teorisi kullanılır.

Elektrolitik ayrışma teorisine göre asetik asidin ayrışması aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Ancak asetik asidin ayrışma sürecine su da katılırsa reaksiyon denklemi şu şekilde olacaktır:



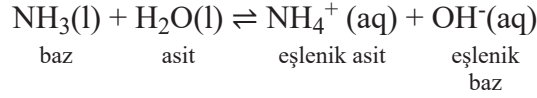
Denklemden, CH_3COOH 'un suya bir proton (H^+) verdiği, suyun da bu protonu alarak çözeltide CH_3COO^- (aq) ve H_3O^+ (aq) iyonlarını oluşturduğu görülebilir. Bu süreçte su sadece bir çözücü değil, aynı zamanda reaksiyona katılan bir üyedir.

Proton terimi, protolitik reaksiyonlarda değiştirilen H^+ iyonu için kullanılır, çünkü hidrojen elektronunu kaybettiğinde iyonun yükü, çekirdekteki protonun pozitif yükünden kaynaklanır. Pozitif yüklü diğer iyonlar için katyon terimi kullanılır. H_3O^+ iyonları aslında hidratlanmış protonlardır (bir su molekülü tarafından hidratlanmış H^+ iyonu) ve bunlara **hidronyum iyonları** veya kısaca **hidronlar** denir.

Brønsted-Lowry teorisine göre **asit**, *proton veren bir maddedir ve proton-vericisi olarak adlandırılır*. Örnekte proton veren asit CH_3COOH 'dur. Proton verdiğinde asit, eşlenik bazına geçer. Demek ki, CH_3COOH 'un eşlenik bazı CH_3COO^- 'dur. **Baz**, *protonları kabul eden maddedir ve proton-alıcısı olarak adlandırılır*. Örnekte protonları kabul eden baz H_2O 'dur. Bir baz proton aldığında eşlenik asidine geçer. Bu, H_2O 'nun eşlenik asidinin H_3O^+ iyonu olduğu anlamına gelir.

Asitler ve bazlar için proton (H^+) değişimi yaptıkları için **protolit** ortak adı kullanılır, Brønsted-Lowry teorisine ise **protolit teorisi** denir. Protonların değişimi olduğu reaksiyonlara protolitik reaksiyonlar denir. Proton vericisi olan asitler protojenik özelliğe sahipken, proton alıcısı olan bazlar protofilik özelliğe sahiptir.

Protolitik reaksiyonu için bir diğer örnek suyun asit gibi davrandığı ile amonyakın (NH_3) protolitik reaksiyonudur:



Buna göre, protolitik süreçte asit, eşlenik (konjuge) baza, baz da eşlenik aside dönüşür. Asit ne kadar kuvvetliyse, eşlenik bazı o kadar zayıftır ve tersi, baz ne kadar kuvvetli ise eşlenik asidi o kadar zayıftır.

Protolitler, protonları kolay veya zor alıp vermelerine göre ikiye ayrılır:

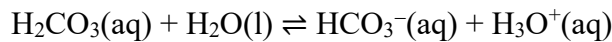
- **kuvvetli protolitler**, *protonları kolayca bağışlayan veya kolayca kabul eden protolitler*;
- **zayıf protolitler**, *zor proton veren veya zor proton kabul eden protolitler*.

Önceki örneklerde olduğu gibi hem asit hem de baz gibi davranan maddelere **amfiproteolit** adı verilir. Amfiprotolitler protonları hem kolayca hem de zor alabilirler.

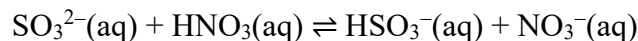
ALİŞTIRMALAR	Protolitik reaksiyonlar için denklemlerin yazılması ve asidin eşlenik bazına, bazın da eşlenik asidine ilişkilendirilmesi.
Ödev 11	Aşağıdaki protolitik reaksiyonların denklemlerini yazın $H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons ?$ $SO_3^{2-}(aq) + HNO_3(aq) \rightleftharpoons ?$ Asidi eşlenik bazıyla, bazı da eşlenik asidiyle bağlayın.

ÇÖZÜM

Aranan: Protolitik reaksiyonların denklemleri yazılsın ve asid eşlenik baza, baz da eşlenik aside bağlansın.



Karbonik asit (H_2CO_3) suya bir proton verir ve bu arada HCO_3^- 'e dönüşür, bu da H_2CO_3 'ün bir asit ve onun eşlenik bazının HCO_3^- olduğu anlamına gelir. Su ise bir proton alarak H_3O^+ iyonuna dönüşür. Bu, suyun bir baz, H_3O^+ iyonunun ise onun eşlenik asidi olduğunu gösterir. Aşağıdaki protolitik reaksiyonunun denklemine göre



SO_3^{2-} 'nin proton alıp eşlenik asidi HSO_3^- 'ye dönüşen bir baz olduğu, HNO_3 'ün ise proton verip eşlenik bazı NO_3^- 'ye dönüşen bir asit olduğu görülebilir.

Ödev 12

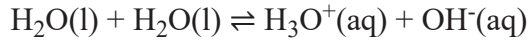
Verilen reaksiyonda asidi ve eşlenik bazını, bazı ve eşlenik asidini işaretleyin:
 $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

4.4. Suyun Otoprotolizi ve Hidrojen Göstergesi

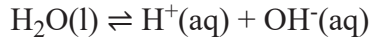
Otoprotolitik reaksiyonlar, aynı maddenin hem H^+ iyonlarının vericisi hem de alıcısı olduğu reaksiyonlardır. Otoprotolitik reaksiyonu için örnek olarak su molekülleri arasında H^+ iyonlarının değişimi verilebilir.

Suyun otoprotolizi

Saf su çok zayıf elektrolittir, yani su moleküllerinin yalnızca küçük bir kısmı iyonlara ayrışır. Brønsted-Lowry teorisine göre, su molekülleri arasındaki proton değişim süreci aşağıdaki denklemle gösterilebilir:



veya daha basit olarak, Arrhenius teorisine göre şu denklemle gösterilebilir:



Daha sıkça daha basit denklem kullanılır, ancak serbest protonların (H^+) suda bulunmadığını göz önüne almak gerekir. H^+ iyonları çoğunlukla tek bir su molekülü ile birleşiyor ve bu sırada H_3O^+ iyonlarını oluştururlar. Saf suda hidrojen (H^+) ve hidroksit (OH^-) iyonlarının konsantrasyonu eşit olup 25 °C sıcaklıkta $1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ 'tür ($c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$).

Suyun ayrışma süreci için denge sabiti ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$K_c = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}_2\text{O})^2}$$

Denklemin düzenlenmesi ile şu elde edilir:

$$K_c \cdot c(\text{H}_2\text{O})^2 = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

Suyun konsantrasyonu sabit olduğundan, iki sabitin çarpımı $K_c \cdot c(\text{H}_2\text{O})^2$ suyun iyon çarpımı adı verilen ve K_w ile gösterilen yeni bir sabit verir.

$$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

K_w suyun iyon çarpımıdır

$c(\text{H}^+)$, hidrojen iyonlarının (H^+) kantitatif konsantrasyonudur

$c(\text{OH}^-)$ hidroksit iyonlarının (OH^-) kantitatif konsantrasyonudur

Suyun iyonik çarpımı (K_w), hidrojen iyonları (H^+) ve hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunun çarpımıdır. H^+ veya OH^- iyonlarının konsantrasyonunu K^w ifadesinden ifade edersek şunu elde ederiz:

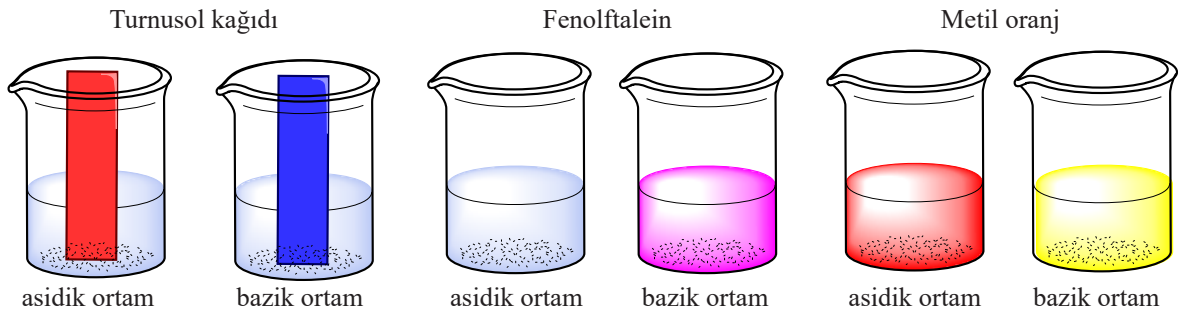
$$c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} \quad c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)}$$

K_w formülünden, H^+ iyonlarının konsantrasyonu arttığında OH^- iyonlarının konsantrasyonunun azaldığı ve tersi geçerli olduğu açıktır. 25 °C sıcaklıkta K_w 'nin değeri $1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$ 'dır.

$$K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \cdot 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

Bir çözeltinin asitliği H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonuna bağlıdır. H^+ iyonlarının konsantrasyonunun OH^- iyonlarının konsantrasyonundan fazla olduğu ortam asidiktir ($c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$). OH^- iyonlarının konsantrasyonunun H^+ iyonlarının konsantrasyonundan fazla olduğu ortam baziktir ($c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$). Nötr ortam, H^+ iyonlarının konsantrasyonunun OH^- iyonlarının konsantrasyonuna eşit olduğu ortamdır ($c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$).

Ortamın asitliğini belirlemek için, ortamın asitliğine göre renk değiştiren maddeler olan **göstergeler** (indikatörler) kullanılır. Bir maddenin asit mi yoksa baz mı olduğunu belirlemek için göstergelerden yararlanabiliriz. En çok bilinen göstergelerden biri turnusoldür. Asitler mavi turnusolün rengini kırmızıya, bazlar ise kırmızı turnusolün rengini maviye çevirir. Turnusol dışında, asidik ortamda renksiz, bazik ortamda ahududu kırmızısı renk veren fenolftalein, asidik ortamda kırmızı, bazik ortamda sarı renk veren metil oranj gibi başka göstergeler de kullanılır.



Şekil 4.2. Asidik ve bazik ortamlarda turnusol kağıdı, fenolftalein ve metil oranj göstergelerinin renk değişimi

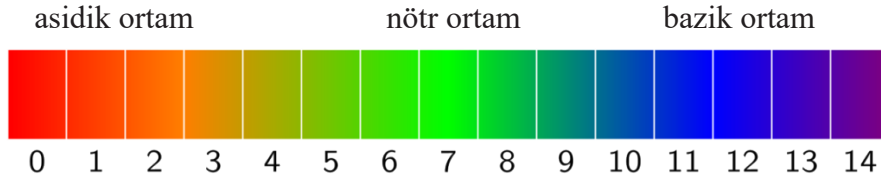
Hidrojen göstergesi

Hidrojen göstergesi (pH) seyreltik çözeltilerin asitliğini ifade etmek için kullanılır. H^+ iyonlarının konsantrasyonu düşük olduğunda, pH ölçeği bir çözeltinin asitliğini ifade etmenin uygun bir yoludur. Örneğin H^+ iyonlarının konsantrasyonu $0,001 \text{ mol/dm}^3$ olduğunda çözeltinin pH'ı 3 olacaktır.

Hidrojen göstergesi (pH), hidrojen iyonu (H^+) konsantrasyonunun sayısal değerinin negatif onluk logaritmasıdır.

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)/\text{mol/dm}^3$$

pH değerine bağlı olarak ortamın asitliği tahmin edilebilir.



Şekil 4.2. pH ölçeği

pH değerleri 0 ile 14 arasında değişir, $\text{pH} < 0$ olan konsantre çözeltilerde ise pH ölçeği uygulanamaz.

Seyreltik çözeltilerdeki hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunu hesaplamak için, pH'a benzer şekilde, pOH hidroksit göstergesi kullanılır. **Hidroksit göstergesi** (pOH), hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunun sayısal değerinin negatif onlu logaritmasıdır.

$$\text{pOH} = -\log c(\text{OH}^-)/\text{mol/dm}^3$$

pH ile pOH arasındaki ilişki aşağıdaki formülle gösterilir:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad 25^\circ\text{C}$$

Bir çözeltinin pH veya pOH değeri bilindiğinde ve H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonlarının hesaplanması gerektiğinde, pH ve pOH ifadelerinin antilogaritmaları alınarak aşağıdaki formüller elde edilir:

$$c(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}} \quad c(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}}$$



Şekil 4.3. Üniversal gösterge kağıdı

pH ve pOH negatif değere sahip olamaz.

Verilen bir çözeltinin pH değeri üniversal indikatör kağıdıyla belirlenebilir. Bu pH belirleme yönteminin doğruluğu sınırlıdır, pH değerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesi için **pH-metre** adı verilen cihazlar kullanılır.

ALİŞTIRMALAR

Asit ve baz çözeltilerinde su ve hidrojen göstergesinin iyon çarpımı ile ilgili basit problemlerin çözümü.

Ödev 13

Hidroksit iyonların (OH^-) konsantrasyonunun $1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ olduğu bir çözeltideki hidrojen iyonlarının (H^+) konsantrasyonunu hesaplayın. Ortamın asitliğini tahmin edin.

ÇÖZÜM

Verilen:

$$c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_W = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

$$\text{Aranan: } c(\text{H}^+) = ?$$

Suyun iyon çarpımının formülünden, $K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-)$

$c(H^+)$ 'yi ifade edersek şunu elde ederiz:

$$c(H^+) = \frac{K_w}{c(OH^-)}$$

Ödevde verilen değerler değiştirilir ve şu elde edilir:

$$c(H^+) = \frac{1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6}{1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ mol}/\text{dm}^3$$

H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyon değerlerini karşılaştırdığımızda H^+ iyonlarının konsantrasyonunun OH^- iyonlarının konsantrasyonundan düşük olduğunu ($c(H^+) < c(OH^-)$), yani ortamın bazik olduğunu görebiliriz.

Ödev 14

Hidrojen iyonlarının (H^+) konsantrasyonu $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}/\text{dm}^3$ olan bir çözeltideki hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunu hesaplayınız. Ortamın asitliğini tahmin edin.

ALİŞTIRMALAR

Asit ve baz çözeltilerinde su ve hidrojen gösterfesinin iyon çarpımı ile ilgili basit problemlerin çözümü.

Ödev 15

Hidrojen iyonlarının (H^+) konsantrasyonunun $1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$ olduğu bir çözeltinin pH ve pOH değerlerini hesaplayın. Ortamın asitliğini tahmin edin.

ÇÖZÜM:

Verilen:

$$c(H^+) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$$

Aranan: pH=?

pH aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$pH = -\log c(H^+)/\text{mol}/\text{dm}^3$$

$$pH = -\log(1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3)/\text{mol}/\text{dm}^3$$

$$pH = 4$$

pH ile pOH arasındaki ilişkiyi veren formülden:

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - pH = 14 - 4 = 10$$

pH 7'den düşük ($pH < 7$) olduğuna göre, asidik ortam söz konusudur.

Ödev 16

pH = 8 olan bir çözeltide H^+ iyonlarının konsantrasyonu nekadardır? Ortamın asitliğini tahmin ediniz.

ALİŞTIRMALAR

Asit ve baz çözeltilerinde su ve hidrojen göstergesinin iyon çarpımı ile ilgili basit problemlerin çözümü.

Ödev 17

$c(OH^-)$ 'nin $1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/\text{dm}^3$ olduğu çözeltinin pH değerini hesaplayın. Ortamın asitliğini tahmin edin.

ÇÖZÜM:

Verilen:

$$c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_W = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

Aranan: pH = ?

Su için iyonik çarpımı formülünden,

$$K_W = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

H^+ iyonlarının konsantrasyonu hesaplanabilir

$$c(\text{H}^+) = \frac{K_W}{c(\text{OH}^-)}$$

Ödevdeki verilen değerleri değiştirerek şunu elde ediyoruz:

$$c(\text{H}^+) = \frac{1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{dm}^6}{1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$$

pH aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)/\text{mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = -\log(1 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3)/\text{mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = 8$$

pH 7'den büyük olduğundan ($\text{pH} > 7$) ortam zayıf baziktir.

Ödev 18

$c(\text{OH}^-) 1,5 \cdot 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$ olduğu çözeltinin pH değerini hesaplayınız. Ortamın asitliğini tahmin edin.

4.5. Tuzların Hidrolizi

Tuz elde etmenin yollarından biri nötrleşme tepkimesidir, yani bir asit ile bir baz arasında gerçekleşen tepkime sonucu tuz ve su oluşur. Bir asidin asidik, bir bazın bazik özellik gösterdiği bilinmektedir, ancak şu soru ortaya çıkar, tuz nötr mü olacaktır, yani çözeltisinin pH'ı ≈ 7 olacak mı? Bu sorunun cevabı, tuzun sulu çözeltilerinde ayrışması sırasında oluşan tuz iyonlarının durumuna bakılarak bulunabilir.

Suda çözünen tuzların hemen hemen hepsinin çözeltileri kuvvetli elektrolittir, yani suda tamamen ayrışırlar. Tuz iyonları (katyon ve/veya anyon) su molekülleriyle proton değişiminde bulunduğu çözeltinin asitliği değişir. Bu, tuzun suda çözülmesinden sonra ortaya çıkan çözeltinin nötr, zayıf asidik veya zayıf bazik olabileceği anlamına gelir. Bu sürece *tuz hidrolizi* denir ve aslında bir protolitik süreçtir ve çözeltinin pH'ını etkiler.

Tuzların hidrolizi protolitik bir süreçtir, yani tuz iyonları ile su arasında proton değişimi sürecidir.

Tuzların sınıflandırılması, reaksiyon sırasında tuzu oluşturan asit ve bazın kuvvetine göre yapılır.

Tablo 12: Tuz türleri

Tuzlar	Örnekler
Kuvvetli asit ve kuvvetli bazdan oluşan tuzlar	K_2SO_4 potasyum sülfat $NaCl$ sodyum klorür $Mg(NO_3)_2$ magnezyum nitrat
Kuvvetli asit ve zayıf bazdan oluşan tuzlar	NH_4Cl amonyum klorür $AlCl_3$ alüminyum klorür NH_4ClO_4 amonyum perklorat
Zayıf asit ve kuvvetli bazdan oluşan tuzlar	$NaNO_2$ sodyum nitrit Li_2SO_3 lityum sülfid CaF_2 kalsiyum florür
Zayıf asit ve zayıf bazdan oluşan tuzlar	CH_3COONH_4 amonyum asetat $AlPO_3$ alüminyum fosfit $(NH_4)_2S$ amonyum sülfür

Tuzun katyonu bazdan, anyonu ise asitten kaynaklanır. Asit ve bazın kuvveti bilinirse, tuzun suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin asitliğinin ne olacağını tahmin etmek mümkündür.

ALİŞTİRMALAR Bir tuzun çözeltisinin pH değerini formülüne dayanarak tahmin etmek.

Ödev 19

Aşağıdaki tuzların formüllerine dayanarak çözeltideki ortamın pH'ını tahmin edin: K_2SO_4 , CH_3COONH_4 ve $NaNO_2$.

ÇÖZÜM:

Aranan: K_2SO_4 , CH_3COONH_4 ve $NaNO_2$ çözeltilerinde ortamın pH'ı tahmin edilsin.

Tuz elde etmenin bir yolu asit ve bazın reaksiyonudur. Tuzun formülünden, hangi asit ve bazın reaksiyona girerek söz konusu tuzu ürettiğini tahmin etmek mümkündür.

K_2SO_4 (potasyum sülfat), potasyum hidroksit (KOH) ile sülfürik asidin (H_2SO_4) reaksiyonu sonucu oluşan bir tuzdur. KOH kuvvetli bir baz, H_2SO_4 ise kuvvetli bir asittir. Dolayısıyla bu tuzun suda çözülmesiyle ortamın nötr, $pH \approx 7$ olması beklenir.

CH_3COONH_4 (amonyum asetat), amonyum hidroksit (NH_4OH) ve asetik asitin (CH_3COOH) reaksiyonu sonucu oluşan bir tuzdur. NH_4OH zayıf bir baz, CH_3COOH ise zayıf bir asittir. Bu durumda asit ve baz zayıf olduğunda ortamın nötr, $pH \approx 7$ olması beklenir. Ancak ortamın asitliğini daha doğru tahmin edebilmek için asidin asitlik sabiti (K_a) ve bazın bazlık sabiti (K_b) hakkında ek bilgilere ihtiyaç vardır. Asit ve bazın kuvveti bu sabitlerin değerlerinden belirlenir.

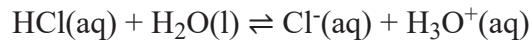
$NaNO_2$ (sodyum nitrit), sodyum hidroksit (NaOH) ve nitroz asidin (HNO_2) reaksiyonu sonucu oluşan bir tuzdur. NaOH kuvvetli bir baz, HNO_2 ise zayıf bir asittir. Bazın kuvvetli, asidin zayıf olması nedeniyle bu tuzun suda çözünmesinin zayıf bazik bir ortam, $pH > 7$, oluşturması beklenir.

Ödev 20

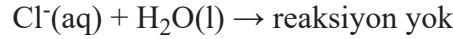
Aşağıdaki tuzların formülüne dayanarak çözeltinin pH'ını tahmin edin: AlCl_3 (alüminyum klorür) ve CaF_2 (kalsiyum florür).

Bir tuzun hidrolizi sırasında çözeltinin asitliğinin değişip değişmeyeceğini ve nasıl değişeceğini belirlemek için, tuzun hangi iyonlarının suyla proton değişiminde bulunacağını ve tuz iyonları ile su arasındaki protolitik reaksiyon sonucunda hangi iyonların (H_3O^+ veya OH^-) oluşacağını bilmek gerekir.

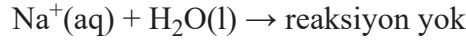
Asit ne kadar kuvvetliyse, eşlenik bazı o kadar zayıftır ve tersi. Eğer asit çok kuvvetli ise, onun eşlenik bazı sudan daha zayıf bir bazdır ve protonlara (H^+) karşı hiçbir afinitesi yoktur. Örneğin, hidrojen klorür (HCl) kuvvetli bir asittir ve onun eşlenik bazı Cl^- iyonları çok zayıf bir bazdır (sudan daha zayıf).



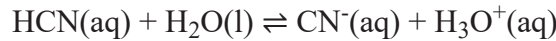
HCl , suya kolayca proton veren kuvvetli bir asittir, Cl^- iyonları ise sudan proton kabul edemeyen zayıf bir eşlenik bazdır.



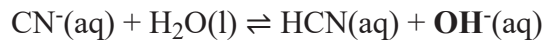
Kuvvetli bazlar alkali (Li , Na , K) ve alkali toprak (Ca , Sr , Ba) metallerin hidroksitleridir. Genel olarak tüm metal katyonları su ile reaksiyona girerek asidik çözelti oluştururlar, ancak hidroliz esas olarak daha yüksek yüklü küçük metal iyonları (Al^{3+} , Fe^{3+} , vb.) için ifade edilir. Bu nedenle alkali ve toprak alkali metal iyonlarının su ile etkileşimi küçük olup ihmal edilmektedir.



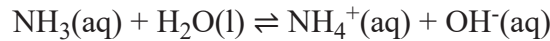
Zayıf asitlerin kuvvetli eşlenik bazları vardır, dolayısıyla zayıf asitten türeyen iyon kuvvetli eşlenik baz (sudan daha kuvvetli) gibi davranır ve ondan proton alabilir.



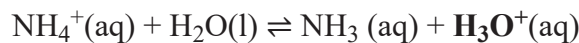
HCN suya neredeyse hiç proton vermeyen zayıf bir asittir, CN^- ise sudan daha kuvvetli eşlenik bazdır ve sudan proton alabilir.



Zayıf bazlar daha kuvvetli eşlenik asitlerle eşleşir. Dolayısıyla zayıf bazdan kaynaklanan iyon, sudan daha kuvvetli bir asit gibi davranır ve ona proton verebilir.



NH_3 , sudan zor proton kabul eden zayıf bir bazdır, NH_4^+ ise sudan daha kuvvetli eşlenik asididir ve suya proton verebilir.



Yukarıdaki örneklerden şu sonuç çıkarılabilir:

- Kuvvetli asit ve kuvvetli bazdan kaynaklanan iyonlar ne asidik ne de bazik özellik gösterirler ve su ile protolitik reaksiyona girmezler;

- Zayıf asit veya zayıf bazdan kaynaklanan iyonlar su ile proton değişimi yaparlar ve bu reaksiyon sonucunda çözeltinin asitliği değişir.

Aslında, tuzun çözünmesi sırasında çözeltinin asitliği, su ile protolitik reaksiyona katılan iyonlara bağlı olacaktır.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli tuzların hidrolizine ilişkin denklemlerin yazılması ve bu denklemlere dayanarak tuz çözeltilerinin pH'ı hakkında sonuçlar çıkarılması.

Ödev 21

Sodyum klorürün (NaCl) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

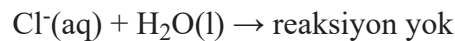
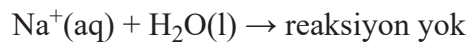
ÇÖZÜM:

aranan: NaCl'nin suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH'ı tahmin edilsin.

Sodyum klorür (NaCl), sodyum hidroksitin (NaOH) hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyona girmesiyle elde edilen tuzdur. NaCl suda çözündüğünde tuz neredeyse tamamen ayrışır ve sodyum katyonları (Na^+) ve klorür anyonları (Cl^-) oluşur:



Na^+ iyonları kuvvetli bir bazdan (NaOH), Cl^- iyonları ise kuvvetli bir asitten (HCl) kaynaklanır. Bu, NaCl'nin ayrışmasıyla oluşan iyonların su ile proton değişimi yapmayacağı anlamına gelir.



Kuvvetli asit ve kuvvetlibazdan oluşan tuzun iyonları su ile proton değişimi yapmadığından tuz çözeltisinin nötr olması beklenir.

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) \approx c(\text{OH}^-), \text{pH} \approx 7$$

Dolayısıyla kuvvetli bir asit ve kuvvetli bir bazdan oluşan tuzların hidrolize olmadığı söylenebilir.

Ödev 22

Potasyum sülfatın (K_2SO_4) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin ediniz.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli tuzların hidrolizine ilişkin denklemlerin yazılması ve bu denkleme dayanarak tuz çözeltilerinin pH'ı hakkında sonuçlar çıkarılması.

Ödev 23

Amonyum nitratın (NH_4NO_3) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin ediniz.

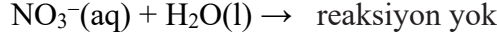
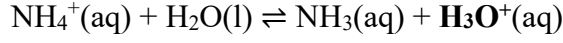
ÇÖZÜM:

Aranan: NH_4NO_3 'ün suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH'ı tahmin edilsin.

Amonyum nitrat (NH_4NO_3), amonyum hidroksitin (NH_4OH) nitrik asitle (HNO_3) reaksiyona girmesiyle elde edilen tuzdur. NH_4NO_3 suda çözündüğünde tuz neredeyse tamamen ayrışır ve amonyum katyonları (NH_4^+) ve nitrat anyonları (NO_3^-) oluşur:



NH_4^+ zayıf bir bazdan (NH_4OH) kaynaklanır ve proton verdiği sudan daha kuvvetli bir eşlenik asittir. NO_3^- kuvvetli bir asitten (HNO_3) kaynaklanır, yani çok zayıf bir eşlenikbazdır ve sudan proton kabul edemez. Buna göre şu yazılabilir



NH_4NO_3 'ün çözünmesiyle elde edilen çözeltide NH_4^+ ile H_2O arasındaki protolitik reaksiyon sonucunda H_3O^+ iyonları oluşur. Dolayısıyla çözeltinin pH değerinin yediden küçük olması, yani ortamın zayıf asidik olması beklenir.

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) > c(\text{OH}^-), \text{pH} < 7.$$

Ödev 24

Amonyum klorürün (NH_4Cl) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli tuzların hidrolizine ilişkin denklemlerin yazılması ve bu denklemlere dayanarak tuz çözeltilerinin pH'ı hakkında sonuçlar çıkarılması.

Ödev 25

Potasyum sülfitin (K_2SO_3) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

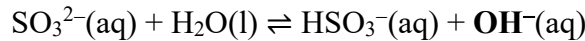
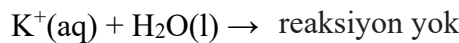
ÇÖZÜM:

Aranan: K_2SO_3 'ün suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH'ı tahmin edilsin.

Potasyum sülfid (K_2SO_3), potasyum hidroksit (KOH) kükürtlü asitle (H_2SO_3) reaksiyonu sonucu oluşan tuzdur. K_2SO_3 suda çözündüğünde tuz neredeyse tamamen ayrışır ve potasyum katyonları (K^+) ve sülfid anyonları (SO_3^{2-}) oluşur:



K^+ kuvvetli bazdan (KOH) kaynaklanır ve su ile etkileşimi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. SO_3^{2-} zayıf bir asitten (H_2SO_3) kaynaklanır, bu da sudan daha kuvvetli bir eşlenik baz olduğu ve sudan bir proton alabileceği anlamına gelir.



SO_3^{2-} ve H_2O arasındaki protolitik reaksiyon sonucunda K_2SO_3 'ün çözünmesiyle elde edilen çözeltide OH^- iyonları olduğundan $\text{pH} > 7$, yani çözeltinin zayıf bazik olması beklenir.

$$c(\text{OH}^-) > c(\text{H}_3\text{O}^+), \text{pH} > 7.$$

Ödev 26

Sodyum nitritin (NaNO_2) suda çözülmesinde elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

ALİŞTIRMALAR

Çeşitli tuzların hidrolizine ilişkin denklemlerin yazılması ve bu denklemlere dayanarak tuz çözeltilerinin pH'ı hakkında sonuçlar çıkarılması.

Ödev 27

Amonyum asetatın ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

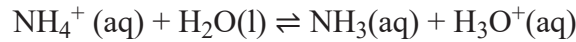
ÇÖZÜM:

Aranan: $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 'ün suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH'ı tahmin edilsin.

Amonyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$), amonyum hidroksitin (NH_4OH) asetik asitle (CH_3COOH) reaksiyonu sonucu oluşan tuzdur. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ suda çözündüğünde, tuz neredeyse tamamen ayrışır ve amonyum katyonları (NH_4^+) ve asetat anyonları (CH_3COO^-) oluşur:



NH_4^+ zayıf bir bazdan (NH_4OH) kaynaklanır ve proton verdiği sudan daha kuvvetli eşlenik asittir. CH_3COO^- zayıf bir asitten (CH_3COOH) kaynaklanır, bu da sudan daha kuvvetli bir eşlenik baz olduğu ve sudan proton alabileceği anlamına gelir.



Bu protolitik reaksiyonlar sonucunda $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 'ün çözünmesiyle elde edilen çözeltide H_3O^+ ve OH^- - iyonları oluşur.

$$c(\text{OH}^-) \approx c(\text{H}_3\text{O}^+), \text{pH} \approx 7.$$

Zayıf asit ve zayıf bazdan oluşan tuzun çözeltisinin asitliğini belirlemek için zayıf asit (K_a) ve zayıf bazın (K_b) ayrışma sabitlerinin değerlerini bilmek gerekir. Bunları karşılaştırılarak çözeltinin pH değeri daha doğru tahmin edilebilir.

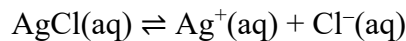
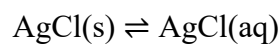
Ödev 28

Amonyum siyanürün (NH_4CN) suda çözülmesiyle elde edilen çözeltinin pH değerini tahmin edin.

4.6. Çözünürlük Çarpımı

İyonik bileşiklerin çoğu suda çözünür, İyon-dipol etkileşimleri sonucu neredeyse tamamen iyonlara ayrışırlar. Bazı iyonik bileşikler suda çözünmez ve katı agrega halinde, yani çökelti halinde kalırlar. Ancak bu bileşiklerin çok küçük bir kısmı çözünebilir niteliktedir. Çözünmeyen bir iyonik bileşiğin ne ölçüde çözündüğünü nicel olarak belirlemek için çözünürlük çarpımı (K_{sp}) kullanılır.

Suda çözünmeyen, ancak fazla su varlığında AgCl 'nin az bir kısmı çözünen bir tuz olan gümüş klorür (AgCl) örneğini inceleyelim. Tamamen çözünen tuzun bir kısmı sulu çözeltide ayrışır. Bu yüzden, çözeltide gümüş klorür (AgCl) çökeltisi ile çözeltide oluşan iyonlar arasında dinamik bir denge kurulmuş olur ve bu denge aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Her denge için onu tanımlayan bir sabit vardır, bu durumda bu K_{sp} 'dir. Burada, katı halde olduğundan $\text{AgCl}(\text{s})$ konsantrasyonunu içermeyen heterojen bir denge söz konusudur. AgCl örneğinde K_{sp} ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$K_{sp} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$$

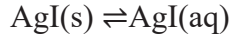
K_{sp} , az çözünen tuz AgCl 'nin çözünürlük çarpımıdır
 $c(\text{Ag}^+)$ ve $c(\text{Cl}^-)$, Ag^+ ve Cl^- iyonlarının denge konsantrasyonlarıdır

Demek ki K_{sp} , az çözünen tuzun çözünen kısmının ayrışması sırasında çözeltide oluşan iyonların denge konsantrasyonlarının çarpımıdır. K_{sp} ifadesinde, tuzun ayrışması sırasında oluşan iyonların konsantrasyonu, ayrışma reaksiyonunun dengeli denklemindeki stokiyometrik katsayı ile ölçeklendirilir.

Genel olarak tuzların çözünürlüğü değişkendir ve K_{sp} değerinden hesaplanabilir. Çözeltideki iyonların konsantrasyonu biliniyorsa K_{sp} hesaplanabilir ve tersi durumda K_{sp} değerinden çözeltideki iyonların konsantrasyonu hesaplanabilir. Ayrıca K_{sp} değeri ne kadar düşükse tuzun çözünürlüğü de o kadar düşüktür.

Az çözünen bileşiklerin çözünürlüğü büyük ölçüde ortak iyon etkisinden etkilenir. Bu etki, K_{sp} ile temsil edilen heterojen dengeye Le Chatelier ilkesinin uygulanmasıyla açıklanabilir. Şöyle ki, Le Chatelier ilkesine göre, tepkime sistemine tepkime maddelerinden birinden ek bir miktar eklenirse denge sağa, yani daha fazla ürün elde etme yönüne kayar ve tersi, tepkime sistemine ürünlerinden birinden ek bir miktar eklenirse denge sola, yani daha fazla tepkime maddesi elde etme yönüne kayar.

Aşağıdaki heterojen dengede *ortak iyonun etkisini* inceleyelim:



Daha fazla miktarda çökelti (AgI) oluşmasını istiyorsak, çözeltiye KI ekleyerek bunu başarabiliriz.



KI 'nin ayrışması sırasında AgI ve KI için ortak iyon olan I^- iyonları elde edilir. Ürünlerdeki I^- -iyonlarının miktarı arttıkça denge sola kayar ve daha fazla miktarda AgI oluşur. Dengedeki kayma ortak iyon etkisi sayesinde.

ALİŞTIRMALAR

Doymuş çözeltideki çeşitli az çözünen maddeler ve iyonları arasındaki denge denklemlerinin ve çözünürlük çarpımına karşılık gelen nicel denklemlerin yazılması.

Ödev 29

Aşağıdaki az çözünen bileşik örneklerinin çözünürlük çarpımı (K_{sp}) için kantitatif denklemleri yazın: $\text{CaF}_2(\text{s})$, $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$.

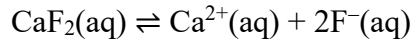
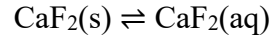
ÇÖZÜM:

Aranan:

Aşağıdaki örnekler için K_{sp} ifadesi yazılsın: $\text{CaF}_2(\text{s})$, $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$.

$\text{CaF}_2(\text{s})$

$\text{CaF}_2(\text{s})$ az çözünen bir iyonik bileşiktir, çözünen tuz kısmı aşağıdaki denkleme göre iyonlara ayrışacaktır:

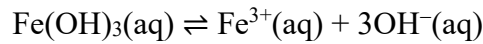
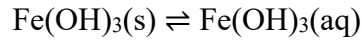


Dolayısıyla K_{sp} ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$K_{\text{sp}} = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{F}^{-})^2$$

$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$

$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$ az çözünen bir bileşiktir, çözünen kısmı aşağıdaki denkleme göre iyonlara ayrışacaktır:



K_{sp} ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$K_{\text{sp}} = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{OH}^{-})^3$$

Ödev 30

Aşağıdaki az çözünen tuz örneklerinin çözünürlük çarpımı (K_{sp}) için kantitatif denklemleri yazın: $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ve $\text{PbI}_2(\text{s})$.

ÖZET

Birinci tür iletkenler, kolay hareket eden elektronlara sahip oldukları için elektrik akımını ileten metallerdir.

Elektrolit olmayanlar, sulu çözeltilerinde moleküller bulunan ve bu nedenle elektrik akımını iletmeyen maddelerdir.

Elektrolitler, suda (veya başka bir polar çözücüde) çözüldüğünde iyon oluşturan maddelerdir.

Kuvvetli elektrolitler, suda neredeyse tamamen ayrıışan elektrolitlerdir.

Zayıf elektrolitler, suda kısmen ayrıışmış elektrolitlerdir.

Elektrolit ayrıışma derecesi α (alfa), zayıf elektrolitlerin kuvvetinin ölçüsüdür.

İyonik reaksiyonlar, sulu çözeltilerde iyonlar arasında gerçekleşen reaksiyonlardır.

Asit, Brønsted-Lowry teorisine göre, proton veren bir maddedir ve proton vericisi olarak adlandırılır.

Baz, Brønsted-Lowry teorisine göre, proton kabul eden bir maddedir ve proton alıcısı olarak adlandırılır.

Protolitler, proton (H^+) değişimi yapan asitler ve bazlardır.

Protolitik reaksiyonlar, protonların değiştirildiği reaksiyonlardır.

Kuvvetli protolitler, protonları kolayca veren veya kolayca kabul eden protolitlerdir.

Zayıf protolitler, zor olarak proton veren veya alan protolitlerdir.

Amfiproteolitler proton alan ve veren, yani hem asit hem de baz gibi davranan maddelerdir.

Suyun iyonik çarpımı (K_w), hidrojen iyonları (H^+) ve hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunun çarpımıdır.

Göstergeler (indikatörler), ortamın asitliğine göre renk değiştiren maddelerdir.

Hidrojen göstergesi (pH), hidrojen iyonu (H^+) konsantrasyonunun sayısal değerinin negatif onlu logaritmasıdır, $pH = -\log c(H^+)/\text{mol/dm}^3$.

Hidroksit göstergesi (pOH), hidroksit iyonlarının (OH^-) konsantrasyonunun sayısal değerinin negatif onlu logaritmasıdır, $pOH = -\log c(OH^-)/\text{mol/dm}^3$.

Tuzların hidrolizi bir protolitik işlemidir, yani tuz iyonları ile su arasında proton değişimi işlemidir.

Çözünürlük çarpımı (K_{sp}), az çözünen bir tuzun çözünen kısmının ayrıışmasıyla çözeltide oluşan iyonların denge konsantrasyonlarının çarpımıdır.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Birinci tür iletkenler ile ikinci tür iletkenler arasındaki fark nedir? Her ikisi de sulu çözeltilerde ayrışır mı?
- 2) Sodyum klorür katı haldeyken elektriği iletir mi? Açıklayınız.
- 3) Aşağıdaki bileşiklerin sulu çözeltilerinde elektrolitik ayrışma sürecini gösteriniz ve bunlardan hangilerinin kuvvetli, hangilerinin zayıf elektrolit olduğunu belirtiniz: HCl , H_2SO_3 , NH_4OH , K_3PO_4 , CH_3COOH , AlCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, NH_4NO_3 , HClO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, H_3PO_3 ve $\text{Bi}(\text{OH})_3$?
- 4) Ödev 3'teki bileşiklerin adlarını söyleyin.
- 5) Eğer a) $c(\text{HNO}_2) = 0,5 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{H}^+) = 0,022 \text{ mol/dm}^3$ b) $c(\text{HNO}_2) = 0,05 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{H}^+) = 0,0056 \text{ mol/dm}^3$ ise HNO_2 'nin elektrolitik ayrışma derecesinin (α) değerini hesaplayınız:
- 6) Aşağıdaki protolitik reaksiyonların ürünlerini yazınız:
 - a) $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{HF}(\text{aq}) \rightarrow$
 - b) $\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$
 - c) $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq}) \rightarrow$
 - d) $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{HClO}_4(\text{aq}) \rightarrow$
- 7) 6. sorudaki asit/eşlenik baz ve baz/eşlenik asit çiftlerini işaretleyin.
- 8) Su, H_2CO_3 ile proton değişiminde nasıl davranır ve HCO_3^- ile nasıl davranır? Açıklayınız.
- 9) Su bir amfiprotolittir. Bu ne demektir? Suyun otoprotolitik reaksiyonunun denklemini yazınız.
- 10) Aşağıdaki durumlarda ortamın asitliğini belirleyiniz:
 - a) $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 1 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$
 - b) $c(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- 11) H^+ iyonlarının konsantrasyonu $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ olan bir çözeltideki OH^- iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız. Ortamın özelliğinin nasıl olacağını belirleyin.
- 12) OH^- iyonlarının konsantrasyonu $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$ olan bir çözeltideki H^+ iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız. Ortamın özelliğinin nasıl olacağını belirleyin.
- 13) $0,001 \text{ mol/dm}^3$ konsantrasyonlu hidroklorik asit (HCl) çözeltisindeki H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız.
- 14) Konsantrasyonu $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ olan potasyum hidroksit (KOH) çözeltisindeki H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız.
- 15) Hidrojen iyonu (H^+) konsantrasyonu $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ olan çözeltinin pH ve pOH değerlerini hesaplayınız. Ortamın asitliği ne olacak?
- 16) Hangi çözeltinin asitliği daha fazladır, $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ HNO}_3$ mü yoksa $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ mü? Cevabı açıklayınız
- 17) $\text{pH} = 4,4$ olan bir çözeltideki H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız.
- 18) $\text{pOH} = 5$ olan bir çözeltideki H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonunu hesaplayınız.
- 19) Göstergeler nedir? En sık kullanılan göstergeler hangileridir? Asidik ve bazik ortamlarda renkleri nasıldır?
- 20) Aşağıdaki çözeltilerde turnusol kağıdı, fenolftalein ve metil oranj göstergenlerinin rengi ne olacaktır?

- a) potasyum hidroksit (KOH)
 b) sodyum klorür (NaCl)
 c) nitrik asit (HNO₃)
- 21) Aşağıdaki tuzların oluştuğu asit ve bazların formüllerini ve adlarını yazınız: K₃PO₃, NH₄Cl, LiClO₄, NH₄NO₂, NaF, CaCl₂. Tuzların isimlerini söyleyin.
- 22) Ödev 21'deki tuzlardan hangileri sulu çözeltilerde hidrolize olur? Oluşan çözeltilerin asitliği ne olacaktır? Cevabı açıklayınız.
- 23) Tabloyu doldurun

Tuz	Asit	Baz	pH
NaNO ₃	HNO ₃	NaOH	≈ 7
Mg(CN) ₂			
CH ₃ COONH ₄			
NaClO ₄			
(NH ₄) ₂ SO ₄			

- 24) Ödev 23'teki tuzları, asitleri ve bazları adlandırın.
- 25) Aşağıdaki bileşiklerin çözünürlük çarpımı (K_{sp}) ifadesini yazınız.
- a) gümüş kromat (Ag₂CrO₄)
 b) magnezyum hidroksit (Mg(OH)₂)
 c) baryum sülfat (BaSO₄)
- 26) CdS'nin K_{sp} ifadesini yazınız ve reaksiyon sistemine CdI₂ eklendiğinde ortak iyonun etkisini açıklayınız.

MODÜLER BİRİM 5

ELEKTROKİMYASAL SÜREÇLER

Öğrenme hedefleri

Elektrokimyasal Süreçler modüler biriminin aşağıdaki hedeflere ulaşması beklenmektedir:

- *Elektrokimyasal süreçler ve elektrokimyasal elementler, elektroliz, elektroliz hücreleri ve korozyon hakkında bilgi edinilmesi;*
- *Basit galvanik elementleri bir araya getirmek ve bunlarda gerçekleşen süreçleri tahmin etmek (oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonları için denklemler yazmak) ve anot ve katodu belirlemek;*
- *Pratik olarak önemli galvanik elementlerin işleyişi ve uygulamaları hakkında bilgi edinmek;*
- *Elektroliz sürecini açıklamak ve belirli bir elektrolitin elektroliz ürünlerini tahmin etmek;*
- *Korozyonun farklı türlerini ve korozyona karşı korunma yollarını anlamak;*

Modüler biriminin incelenmesi ile beklenen sonuçlar

Elektrokimyasal Süreçler Modüler birimini inceledikten sonra öğrencilerin şunları yapması beklenmektedir:

- *Elektrokimyasal süreç, elektrokimyasal element, galvanik element, elektroliz hücresi, anot, katot, korozyon vb. terimlerini tanımlamak;*
- *Bir galvanik elementteki akımın yönünü tahmin etmek için metallerin elektrokimyasal dizisini uygulamak, oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının denklemlerini yazmak;*
- *Pratik olarak önemli galvanik elementleri anlayıp açıklayabilmek;*
- *Belirli bir elektrolitin elektrolizi sırasında anot ve katotta elde edilen ürünleri tahmin etmek;*
- *Malzemelerde görülen farklı korozyon tiplerini ayırt etmek ve korozyona karşı korunma yollarını önermek;*

Terimler

elektrokimya, elektrokimyasal süreç, elektroliz, elektrokimyasal element, galvanik element, elektroliz hücresi, yarı element, anot, katot, elektrot, redoks süreçleri, oksidasyon yarı reaksiyonu, redüksiyon yarı reaksiyonu, Daniel galvanik element, Leclashes kuru elementi, korozyon, kimyasal korozyon, elektrokimyasal korozyon, galvanizasyon, eloksal kaplama, boyama, vernikleme, emayeleme, kalaylama, alaşımlama

Modüler birimin içeriği

Elektrokimyasal süreçler ve elektrokimyasal elementler
Galvanik elementler ve Pratikte önemli galvanik elementler
Elektroliz
Metallerin korozyonu ve metallerin korozyondan korunması

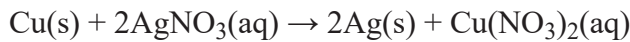
5. ELEKTROKİMYASAL SÜREÇLER

Elektrokimya, adından da anlaşılacağı gibi elektrik ile kimya arasındaki ilişkiyi açıklar. *Kimyasal reaksiyonlar ile elektrik akımı arasındaki ilişkiyi inceleyen kimya dalına elektrokimya denir.* Bazı reaksiyonlar sonucunda doğru akım elde edilir. Elektrik akımı genellikle elektronların hareketi sonucu oluşur, yani bu kimyasal reaksiyonlar gerçekleştiğinde elektronlar hareket eder. Böyle bir örnek oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarıdır (redoks reaksiyonları). Öte yandan bazı reaksiyonlar yalnızca elektrik akımının etkisi altında gerçekleşir. Böyle bir durumda bazı pilden elde edilen enerjiden faydalanılabilir. Herhangi bir şekilde elektrik akımının kullanıldığı reaksiyonlara **elektrokimyasal reaksiyonlar** denir.

5.1. Elektrokimyasal Süreçler ve Elektrokimyasal Elementler

Elektrokimyasal süreç, elektrik akımının akışına neden olan veya elektrik akımının etkisiyle oluşan bir süreçtir. Elektrokimyasal süreçlerin temelinde, atomlar arasında elektron değişiminin gerçekleştiği oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları (redoks reaksiyonları) yer alır. Bu arada, *elektron verme olayına oksidasyon, elektron alma olayına ise redüksiyon(indirgeme) denir.*

Bir bakır tel, gümüş nitrat çözeltisine daldırıldığında, bir süre sonra çubuk üzerinde metalik gümüşün biriktiği ve çözeltinin mavi renk aldığı görülür (Şekil 5.1). Bakır telin yüzeyinde elementel gümüşün oluşması çözeltideki gümüş iyonlarının indirgenmesi sonucu, çözeltinin mavi rengi ise teldeki bakır atomlarının oksidasyonu sonucu çözeltide bakır katyonlarının oluşması sonucu meydana gelir. Bu süreç aşağıdaki denklemle gösterilebilir:



Böyle bir sistem sadece bakır atomlarının oksidasyon reaksiyonu ile gümüş katyonlarının redüksiyon reaksiyonu fiziksel olarak birbirinden ayrılırsa elektrik akımı kaynağı olarak kullanılabilir. Bu, oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonlarının farklı kaplarda gerçekleşeceği ve elektrotların metal bir iletkenle bağlanacağı anlamına gelir. Böyle bir sisteme **elektrokimyasal element** veya elektrokimyasal hücre denir. Elektrokimyasal elementlere, İtalyan bilim insanları Galvani (Luigi Galvani, 1737-1798) ve Volta'nın (Alessandro Volta, 1745-1827) onuruna *Volta hücreleri* veya *galvanik hücreler* de denir. Elektrokimyasal elementler, elektrik akımı kaynağı olarak mı kullanılıyor yoksa elektrik akımının etkisi altında kimyasal reaksiyonlar mı gerçekleşiyorsa galvanik hücreler ve elektroliz hücreleri olmak üzere iki gruba sınıflandırılırlar.

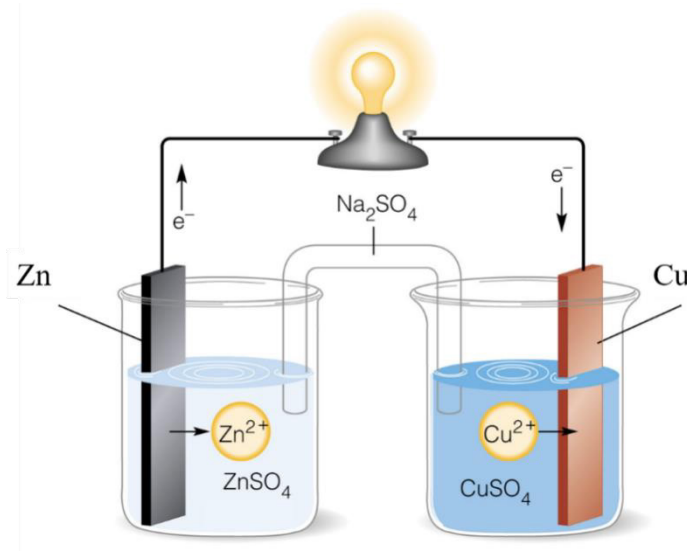


Şekil 5.1. Cu ve AgNO₃ arasında redoks reaksiyonu

5.2. Galvanik Elementler ve Pratikte Önemli Galvanik Elementler

Galvanik elementler, elektrik akımı kaynağı olarak görev yapan elektrokimyasal elemtlerdir. Bunlar, çeşitli pillerin yapımında temel oluştururlar, çünkü bunlarda redoks reaksiyonları kendiliğinden gerçekleşir. Dolayısıyla galvanik elementlerin elektrotlarda kendiliğinden gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürdüğü söylenebilir.

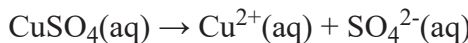
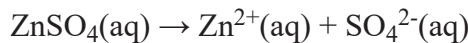
Her galvanik elementinin kendine özgü karakteristik voltajı vardır. Tipik olarak galvanik elementler, her biri bir elektrolit çözeltisine daldırılmış bir elektrottan oluşan iki ayrı yarım elementen oluşur. Bir örnek, 1836 yılında İngiliz kimyager Daniell (John Frederic Daniell, 1790-1845) tarafından icat edilen Daniell galvanik elementidir.



Şekil 5.2. Daniel galvanik elementi

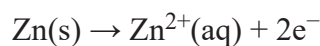
Daniel galvanik elementi iki yarım elementten oluşur, sol yarım element ve sağ yarım element. Sol yarım element, aynı tip katyonları (çinko sülfat, ZnSO_4) içeren çözeltiye daldırılmış çinko plakadır ve sağ yarım element, bakır(II) sülfat (CuSO_4) çözeltisine daldırılmış bakır plakadır.

Elektrolitlerin ayrışması sonucu sol yarı elementin çözeltisinde çinko (Zn^{2+}) ve sülfat (SO_4^{2-}) iyonları, sağ yarı elementin çözeltisinde ise bakır (Cu^{2+}) ve sülfat (SO_4^{2-}) iyonları bulunur.

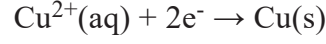


Çinko ve bakır plakalar, akım şiddetini ölçmek için bir voltmetrenin bağlandığı metal bir telle birbirine bağlanmış elektrotlardır.

Sol yarım elementte oksidasyon reaksiyonu gerçekleşir, yani çinko atomları elektron verir ve katyon olarak çözeltiye geçer.

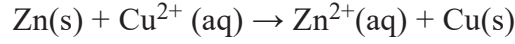


Oksidasyon sırasında çinko atomlarının serbest bıraktığı elektronlar çinko plakası üzerinde birikmez, tel üzerinden bakır plakata doğru hareket eder. Bu esnada çözeltideki Cu^{2+} iyonları bu elektronları alarak elementel bakıra indirgenir.



*Oksidasyon işleminin gerçekleştiği elektrot negatif yüklüdür ve **anot** olarak adlandırılır. Redüksiyon işleminin gerçekleştiği elektrot pozitif yüklüdür ve **katot** adını alır. Çinko plaka, **elementin negatif kutbu (-)** olup anot, bakır plaka ise **elementin pozitif kutbu (+)** olup katot adını alır.*

Daniel galvanik elementinde gerçekleşen toplam redoks reaksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Sol yarım elementin çözeltisinde oksidasyon süreci sonucunda Zn^{2+} iyonlarının konsantrasyonu artar (pozitif yük artar), sağ yarım elementte ise redüksiyon süreci sonucunda çözeltideki SO_4^{2-} iyonlarının konsantrasyonu artar (negatif yük artar). Her iki yarı elementteki çözeltiler elektron nötr olmalıdır. Çözeltilerin elektronötralliklerini sağlamak için, çözeltiler *elektrolit köprüsü* ile bağlanır. **Elektrolitik köprü**, elektrolit çözeltisi (örneğin Na_2SO_4) ile doldurulmuş bükülmüş (U) bir tüptür. Bu elektrolitteki iyonlar, çözeltilerdeki iyonlarla veya elektrotlarla reaksiyona girmez. Tüpün uçları iyonların geçebileceği gözenekli zarlarla kapatılmıştır, ancak elektrolit çözeltisi geçemez. Daniell galvanik elementi durumunda sülfat anyonları, çinko atomlarının oksidasyonu sonucu oluşan Zn^{2+} iyonlarının fazla pozitif yükünü nötralize etmek için elektrolit köprüsünden sol yarım elemente göç eder. Aynı zamanda sodyum katyonları, redüksiyon yarı reaksiyonunun sonucu olarak SO_4^{2-} iyonlarının (negatif yük) fazla olduğu sağ yarı elemente göç eder. Bu şekilde sistemin bir bütün olarak elektronötr olmasına ulaşılır.

Buna göre bir elektrokimyasal elementten geçen elektrik akımının iki sürecin sonucu olduğu söylenebilir: Teller boyunca elektronların hareketi ve çözeltilerdeki iyonların hareketi.

Daniell galvanik elementi aşağıdaki şematik diyagramda gösterilmiştir:



Oksidasyonun gerçekleştiği anot veya elektrot her zaman şematik diyagramın sol tarafında yazılır. Redüksiyonun gerçekleştiği katot veya elektrot şematik diyagramın sağ tarafına yazılır. Bir dikey çizgi ($\mid$), elektrot ile çözelti arasındaki sınırı gösterir. İki paralel dikey çizgi ($\parallel$), iki yarım elementin arasındaki sınırı, yani elektrolitik köprüyü göstermektedir.

Galvanik elementler bir araya getirilirken, oksidasyonun gerçekleştiği sol yarım elementte (anot) hangi metalin elektrot olacağı, redüksiyonun gerçekleştiği sağ yarım elementte (katot) hangi metalin elektrot olacağı tahmin edilmelidir. Metaller, elektronları ne kadar kolay serbest bıraktıklarına, yani tepkime yeteneklerine bağlı olarak **elektrokimyasal metal dizisi** adı verilen bir dizide düzenlenir. Bu sırada, karşılaştırmada hidrojen esas alınmıştır. Dizinin başında elektronlarını daha kolay veren elementler, yani daha reaktif metaller yer alır. Listede aşağı doğru inildikçe metallerin reaktivliği azalır, yani daha kolay elektron kaybederler. Oksidasyonun gerçekleştiği sol yarım element, redüksiyonun gerçekleştiği sağ yarım elementteki elektrot metaline kıyasla elektronları daha kolay serbest bırakan metaldir. **Elektrokimyasal metal dizisi**, metallerin reaktivliklerine bağlı olarak düzenlenmesidir.

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

Metallerin elektrokimyasal dizisinden ilk metalin lityum olduğu görülebilir; bu da onun en reaktif olduğu, yani dizideki diğer metallere göre daha kolay elektron verdiği anlamına gelir. Bu yüzden Li en güçlü indirgeyici maddedir. Lityum elektron kaybettiğinde oluşan lityum katyonu (Li^+) oksitleyici bir maddedir. Metal ne kadar kuvvetli indirgeyici madde ise, katyonu o kadar zayıf bir oksitleyici maddedir. dizinin son metali ise kendinden önceki metallere göre en sert elektron yayan metal olan altındır. Au, diğer metallere kıyasla en zayıf indirgeyici maddedir. Bu, elektrokimyasal dizideki diğer metallerin katyonları ile karşılaştırıldığında altın katyonunun (Au^{3+}) en güçlü oksidan olduğu anlamına gelir. Metallerin elektrokimyasal serileri kullanılarak çok sayıda kimyasal reaksiyon tahmin edilebilir ve metallerin reaktivlikleri karşılaştırılabilir.

ALİŞTIRMALAR	Çeşitli galvanik elementlerde oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonları için denklemlerin yazılması ve elementin anot ve katotları ile pozitif ve negatif kutuplarının belirlenmesi.
Ödev 1	Bakır(II) nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisine daldırılmış bir bakır plaka (Cu) ve gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisine daldırılmış bir gümüş plakadan (Ag) oluşan bir galvanik elementinde oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının denklemlerini yazın. Hangi elektrodun anot, hangisinin katot olduğunu belirleyin.

ÇÖZÜM:

Aranan:

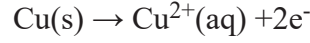
Galvanik elementin oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının denklemleri yazılsın ve hangi elektrotun anot, hangisinin katot olduğu belirlensin.

Galvanik elementi oluşturmak için kullanılması gereken elektrotlar şunlardır:

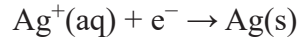
- Bakır(II) nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisine daldırılmış bir bakır plaka (Cu);
- Gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisine daldırılmış bir gümüş plaka (Ag).

Bakır ve gümüşün elektrokimyasal metal dizisindeki konumları göz önüne alındığında, sol yarım elementin, bakır(II) nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisine daldırılmış bakır plaka (Cu) olacağı sonucuna varılabilir, çünkü bakır, dizide gümüşten önce yer alır. Bu, gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisine daldırılmış gümüş plakanın (Ag) sağ yarım elementi olacağı anlamına gelir.

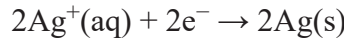
Sol yarım elementte oksidasyon reaksiyonu gerçekleşir:



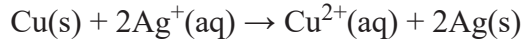
Sağ yarım elementte redüksiyon reaksiyonu gerçekleşir:



Verilen elektron sayısı ile alınan elektron sayısının eşitlenmesi için iki Ag^+ iyonu gerekiyor.



Buna göre, toplam redoks reaksiyonu şu şekilde olacaktır:



Elementin anodu veya negatif kutbu bakır elektrot, gümüş elektrot ise elementin katodu yani pozitif kutbu olacaktır.

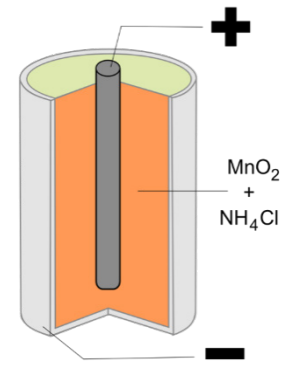
Ödev 2

Cıva(II) nitrat ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisine daldırılmış bir cıva plaka (Hg) ve çinko nitrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisine daldırılmış bir çinko plakadan (Zn) oluşan galvanik elementin oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının denklemlerini yazın. Hangi elektrodun anot, hangisinin katot olduğunu belirleyin.

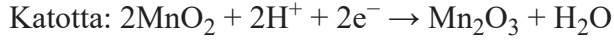
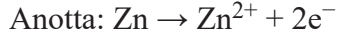
Pratikte önemli galvanik elementler

Her gün, çalışma prensibi elektrokimyasal elementlerle aynı olan farklı tipte piller kullanıyoruz. Bazı piller tek bir elektrokimyasal elementten oluşurken, birkaç elektrokimyasal elementin seri bağlandığı (bir pilin katodu diğerinin anoduna bağlı) piller de vardır ve bu sırada pilin toplam kapasitesi artar. Örneğin, 1,5 voltluk piller tek bir elektrokimyasal elementten oluşur, arabalarda kullanılan piller (akümülatörler) ise her biri 2 volt gerilime sahip, seri bağlanmış 6 elektrokimyasal hücreden oluşur. Akümülatörün toplam gerilimi 12 voltur.

Tek kullanımlık piller boşaldıktan sonra şarj edilemez. Bu piller boşaldıktan sonra geri dönüştürülmelidir. Bu grupta **Leclanchet kuru hücreleri** yer almaktadır. Bunlar, sıvı elektrolit yerine, elektrik ileten maddelerden oluşan macun içerirler. Leclanchet kuru hücresinde anot çinkodan, katot ise grafitten yapılır. Elektrolit olarak NH_4Cl ve MnO_2 macunu kullanılır. Bu pilde aşağıdaki denklemlerde gösterilen kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir:



Şekil 5.3. Leclanchet kuru hücresi



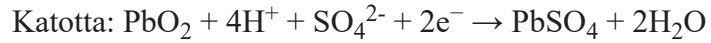
NH_4Cl , KOH veya NaOH ile değiştirilirse alkalın pil elde edilir. Alkali piller, alkalın olmayan pillere, yani elektrolit olarak asidik macun kullanan pillere göre daha uzun ömürlüdür. Her iki pil türü de 1,5 voltluk potansiyel üretir.

Bazı piller, boşaldıktan sonra doğru akım kaynağına bağlanarak şarj edilebildikleri için daha uzun süre (birden fazla kez) kullanılabilir. **Kurşun-asit aküler** bunlardan biridir.

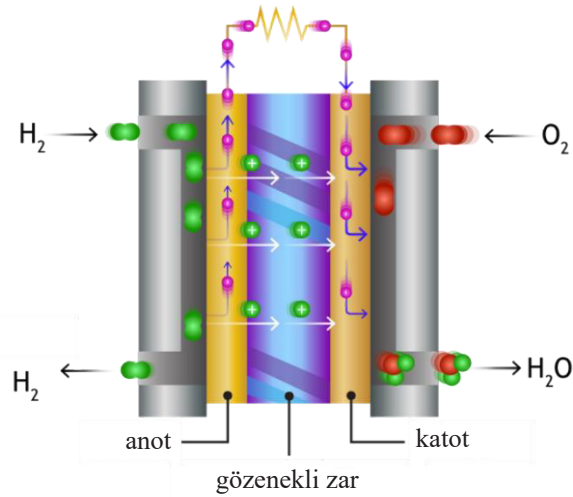


Şekil 5.4. Kurşun-asit akü

Kurşun-asit aküler, seri bağlı altı elektrokimyasal hücreden oluşur. Elementlerdeki anotlar kurşundan, katotlar ise metal bir alt tabaka üzerine biriktirilmiş kurşun(IV) oksitten (PbO_2) oluşur (Şekil 5.4). Elektrotlarda aşağıdaki denklemlerde gösterilen kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir:

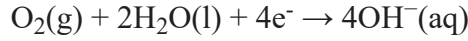
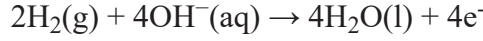


Yakıt hücresi, yakıtın (hidrojen) ve oksidantın (oksijen) kimyasal enerjisini redoks reaksiyonları yoluyla elektrik enerjisine dönüştüren, pratikte önemli bir galvanik elementtir. Bir elektrolitin etrafına yerleştirilmiş iki elektrottan (bir anot (galvanik elementin negatif kutbu) ve bir katottan (galvanik elementin pozitif kutbu) oluşur.

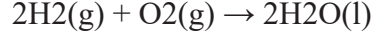


Şekil 5.5. Yakıt hücresi

Yakıt hücrelerinde meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon süreçleri, yanma reaksiyonlarıyla aynıdır. Yakıt hücreleri, uzay uçuşlarında elektrik akımı kaynağı olarak kullanılır. Yakıt hücrelerindeki yarı reaksiyonlar aşağıdaki gibi yazılabilir:



Yakıt hücresinde gerçekleşen toplam redoks reaksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Son denklem, aslında oksijenle reaksiyona girerek su oluşturan hidrojenin yanma sürecini açıklar.

Yakıt hücreleri, redoks reaksiyonunu yürütmek için sürekli bir yakıt ve oksijen kaynağına (genellikle havadan) ihtiyaç duymaları bakımından çoğu pilden farklıdır, bir pilde ise kimyasal enerji genellikle pilde bulunan maddelerden gelir. Yakıt hücreleri, yakıt ve oksijenle beslendikleri sürece sürekli olarak elektrik enerjisi üretebilirler.

5.3. Elektroliz

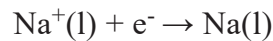
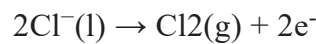
*Elektrik akımının etkisi altında kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği elektrokimyasal elementlere **elektroliz hücreleri** denir. Elektrokimyasal hücrelerde gerçekleşen işlemlere elektroliz işlemleri denir. Maddelerin elektrik akımının etkisi altında ayrışma işlemine **elektroliz** denir.*

Elektroliz, endüstride saf metaller (sodyum, magnezyum, alüminyum vb.), gaz halindeki maddeler (oksijen, hidrojen, klor vb.), sodyum hidroksit vb. elde etmek için kullanılır. Örneğin, bir sodyum klorür (NaCl) eriyiğinin elektrolizi ile sodyum (Na) ve klor (Cl_2) elde edilir. Katı haldeki sodyum klorür, kristal kafes içindeki iyonlar serbestçe hareket edemediği için elektrik akımını iletmez. Sodyum klorür eritilirse (800°C 'ye ısıtılarak), elektrik akımını ileten berrak bir sıvı (eriyik) elde edilir.

Elektroliz süreci sırasında, bir elektrotta sarı-yeşil bir gazın salındığı, diğer elektrotta ise sıvı halde olan ve erimiş NaCl 'nin yüzeyine çıkan gümüş-beyaz bir metal olduğu görülebilir. Sodyum $97,8^\circ\text{C}$ 'de erir ve eriyikten daha hafif olduğundan yüzeye çıkar. Eriyiğin $\text{NaCl}(\text{l})$ 'den ayrışması aşağıdaki denklemle gösterilebilir:



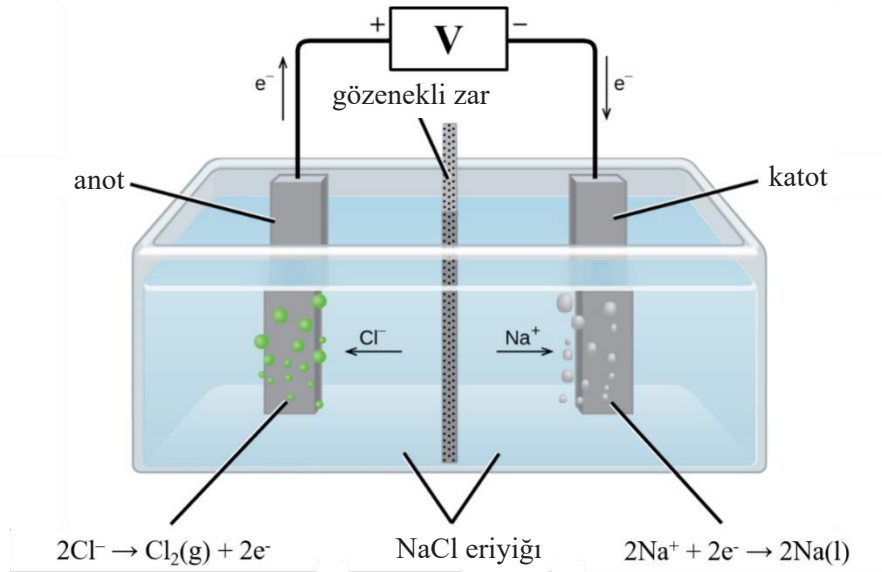
Cl^- iyonlarının oksidasyon yarı reaksiyonu anotda, Na^+ iyonlarının redüksiyon yarı reaksiyonu ise katotta gerçekleşir. Bu yarı reaksiyonların denklemleri aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Klor tarafından anotta salınan elektronlar, dış iletkenden katoda geçerek sodyum iyonlarının elementel sodyuma indirgenme sürecine katılırlar. NaCl(l) elektroliz işleminin toplam reaksiyonu şu şekilde olacaktır:

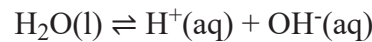
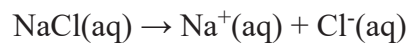


Dolayısıyla, sodyum klorür (NaCl) çözeltisinin elektrolizi ile sodyum (Na) ve klor (Cl₂) elementel halde elde edilir. Sodyum ve klor birbirleriyle temas etmemelidir, çünkü aralarında şiddetli bir reaksiyon meydana gelir ve NaCl oluşur.

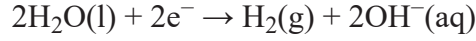


Şekil 5.6. NaCl eriyiğinin elektrolizinin şematik gösterimi

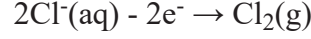
NaCl(aq) çözeltisinin su içinde elektrolizi ile elde edilen ürünler, NaCl(l) eriyiğinin elektrolizi ile elde edilen ürünlerden farklıdır. Çözelti, NaCl(aq)'nin ayrışmasıyla oluşan Na⁺(aq) ve Cl⁻(aq) iyonlarının yanı sıra, suyun (H₂O(l)) ayrışmasıyla oluşan H⁺(aq) ve OH⁻(aq) iyonlarını da içerecektir.



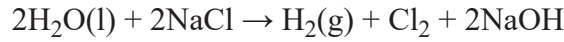
NaCl(aq)'in sulu çözeltilerinde iki tip katyon (Na⁺ ve H⁺) ve iki tip anyon (Cl⁻ ve OH⁻) bulunur. Bu nedenle, hangi katyonun katotta indirgeneceği ve hangi anyonun anotta yükseltgeneceği sorusu ortaya çıkar. Bu soruyu cevaplamak için, elektrokimyasal metal dizisinde sodyum ve hidrojen elementlerinin yerini görmemiz gerekir. Sodyum (Na), elektrokimyasal metal dizisinde hidrojenden (H) önce gelir, bu da, hidrojenden daha kolay elektron verdiği, ancak katyonunun (Na⁺) hidrojen katyonundan (H⁺) elektronları daha zor kabul ettiği anlamına gelir. Bu yüzden, H⁺ iyonlarının indirgenmesi, Na⁺ iyonlarının indirgenmesinden daha kolay ilerleyecektir. Sonuç olarak, katotta elementel hidrojen (H₂) ayrılacaktır. Suyun çok zayıf bir elektrolit olduğu göz önüne alarak, katotta gerçekleşen redüksiyon yarı reaksiyonu aşağıdaki denklemle gösterilebilir:



Anyonlar (Cl^- ve OH^-) anoda ulaştığında, elektron alma eğilimi daha yüksek olanlar oksitlenecektir. Bu örnekte, klorür iyonları (Cl^-) elektronları daha kolay aldıkları için oksitlenecek ve anottaki oksidasyon yarı reaksiyonu sonucunda elementel klor (Cl_2) elde edilecektir.



NaCl(aq) çözeltisinde Na^+ iyonları bulunduğundan, elektrolizi sırasında yan ürün olarak NaOH elde edilir. Buna göre, sudaki sodyum klorür çözeltisinin (NaCl(aq)) elektrolizi şu denklemle gösterilebilir:



Denklemden, sodyum klorür çözeltisinin elektrolizinin ürünlerinin hidrojen (H_2) ve klor (Cl_2), yan ürününün ise NaOH olduğu görülebilir.

ALİŞTIRMALAR

Elektroliz edilecek elektrolitin bileşimine ve elektrolizin çözeltide veya eriyikte gerçekleştiğine bağlı olarak anot ve katotta ayrılacak ürünleri tahmin etmek.

Ödev 3

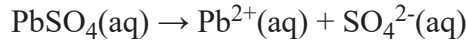
Kurşun(II) sülfat (PbSO_4) çözeltisi ile çinko bromür (ZnBr_2) çözeltisinin elektroliziyle hangi ürünlerin elde edileceğini tahmin edin.

ÇÖZÜM:

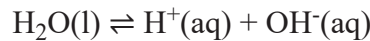
Aranan: Aşağıdakilerin elektrolizi ile hangi ürünler elde edilecek:

- Kurşun(II) sülfat (PbSO_4) çözeltisi;
- Çinko bromür (ZnBr_2) eriyiği.

Sulu çözeltelerde PbSO_4 iyonlara ayrışır:



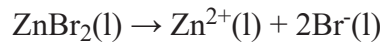
Ayrıca, su da aşağıdaki denkleme göre kısmen ayrışır:



Çözeltide iki tür katyon bulunur: Pb^{2+} iyonları ve H^+ iyonları. Elektrokimyasal metal dizisinden, kurşunun hidrojenden önce geldiği görülebilir, bu da, Pb 'nin H_2 'den daha kolay elektron saldıgını, ancak Pb^{2+} iyonlarının H^+ iyonlarından elektronları daha zor kabul edeceğini gösterir. Bu nedenle, katotta elementel hidrojen (H_2) salınır.

Çözeltide bulunan anyonlardan (SO_4^{2-} ve OH^-), OH^- iyonlarının elektronlara karşı daha büyük afinitesi vardır ve bu iyonlardan oksidasyon yoluyla oksijen (O_2) elde edilir. Bu, $\text{PbSO}_4\text{(aq)}$ çözeltisinin elektrolizi ile hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) elde edileceği demektir.

ZnBr_2 eriyikte aşağıdaki denkleme göre iyonlara ayrışır:



Eriyikte sadece bir tür katyon (Zn^{2+}) ve sadece bir tür anyon (Br^-) bulunur. Bu nedenle, katotta Zn^{2+} iyonlarının redüksiyonunun elementel çinko (Zn) üretmesi, anotta ise Br^- iyonlarının oksidasyonunun elementel brom (Br_2) üretmesi beklenir.

Ödev 4

Alüminyum nitrat ($Al(NO_3)_3$) çözeltisinin, bakır(II) iyodür (CuI_2) eriyiğın ve bakır(II) iyodür (CuI_2) çözeltisinin elektroliziyle hangi ürünlerin elde edileceğini tahmin edin.

ALİŞTİRMALAR

Çeşitli elektrolitlerin çözeltilerin ve eriyiklerin elektrolizi sırasında anot ve katotta oluşan yarı reaksiyonların denklemlerinin yazılması.

Ödev 5

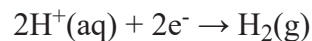
Kurşun(II) sülfat ($PbSO_4$) çözeltisinin ile çinko bromür ($ZnBr_2$) eriyiğının elektrolizi sırasında anot ve katotta oluşan yarı reaksiyonların denklemlerini yazınız.

Aranan: Aşağıdakilerin elektrolizi sırasında anot ve katotta meydana gelen yarı reaksiyonların denklemler yazılsın:

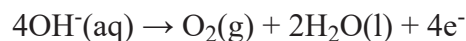
- kurşun(II) sülfat ($PbSO_4$) çözeltisi;
- Çinko bromür ($ZnBr_2$) çözeltisi.

Önceki problemin çözümünden, $PbSO_4(aq)$ çözeltisinin elektrolizi ile

- Katotta, H^+ iyonlarının redüksiyon yarı reaksiyonu gerçekleşeceği ve aşağıdaki denkleme göre hidrojenin (H_2) üretileceği



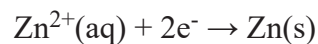
- Anotta ise, OH^- iyonlarının oksidasyonunun yarı reaksiyonu aşağıdaki denkleme göre gerçekleşeceği görülebilir



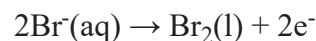
$PbSO_4(aq)$ 'un elektrolizinin ürünleri $H_2(g)$ ve $O_2(g)$ 'dir.

$ZnBr_2(l)$ eriyiğının elektrolizi ile

- Katotta, Zn^{2+} iyonlarının redüksiyonu yarı reaksiyonu gerçekleşecek ve aşağıdaki denkleme göre çinko (Zn) elde edilecektir.



- Anotta, Br^- iyonlarının oksidasyonunun yarı reaksiyonu aşağıdaki denkleme göre gerçekleşecektir:



$ZnBr_2(l)$ 'nin elektrolizinin ürünleri $Zn(s)$ ve $Br_2(l)$ 'dir.

Ödev 6

Alüminyum nitrat ($Al(NO_3)_3$) çözeltisinin, bakır(II) iyodür (CuI_2) eriyiğın ve bakır(II) iyodür (CuI_2) çözeltisinin elektrolizi sırasında anot ve katotta oluşan yarı reaksiyonların denklemlerini yazınız.

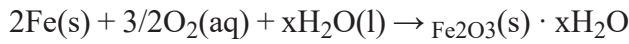
5.4. Metallerin Korozyonu ve Metallerin Korozyondan Korunması

Nesnelerin neden paslandığı ve bu sürecin nasıl önlenebileceği, korozyonun ne olduğu hakkında biraz daha fazla bilgi sahibi olursak cevaplanabilecek sorulardır.

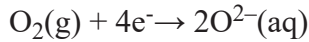
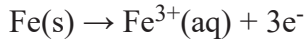
Korozyon, *malzemelerin çevresel etkiler sonucu özelliklerini kaybettiği bir süreçtir.*

Çevresel etkiler aslında malzemelerin oksijen, su veya tuzlu su gibi ortamdaki maddelerle reaksiyona girmesinin bir sonucudur. Korozyon sonucunda, malzemelerin yüzeyinde korozyon sürecini daha da hızlandırabilen bileşikler oluşur.

Dış etkilere maruz kalan hemen hemen tüm malzemeler korozyona uğrar, ancak korozyon süreci özellikle metallerde, özellikle de demirde en önemli olanıdır. Demirdeki korozyona paslanma denir, bu, demirin çevreden gelen oksijen ve suyla reaksiyona girdiği ve yüzeyinde pas adı verilen hidratlı bir demir(III) oksit tabakasının oluştuğu bir süreçtir.



Paslanma sonucu oluşan demir oksit kırmızımsı kahverengi renktedir. Demirin paslanma sürecini temsil eden reaksiyon, aşağıdaki denklemlerle gösterildiği gibi, demirin oksitlendiği ve oksijenin indirgendiği redoks reaksiyonudur:



Başlangıçta demirin sadece yüzeyi paslanır, ancak uzun süreli maruziyetle tamamen paslanır.

Metallerde korozyon şu şekilde olabilir:

- kimyasal korozyon;
- elektrokimyasal korozyon.

Metallerde kimyasal korozyon, oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2), kükürt dioksit (SO_2), halojen elementler (X_2), hidrojen sülfür (H_2S) vb. gibi çevreden gelen agresif gazların etkisinin sonucu olarak meydana gelir. Kimyasal korozyon, elektriğin iletilmesinin mümkün olmadığı bir ortamda meydana gelir. Havadaki oksijenin (nemsiz ortamda) etkisiyle oluşan korozyonun nedeni, metal yüzeyinde oksit tabakasının oluştuğu redoks süreçleridir. Korozyon süreci sıcaklıktan da etkilenir ve daha yüksek sıcaklıklarda korozyon süreci daha hızlı gerçekleşir.

Elektrokimyasal korozyon, *elektriğin iletilmesinin mümkün olduğu bir ortamda meydana gelir.* Böyle bir ortam, atmosferde bulunan gazların suda çözünmesiyle oluşur. Örneğin, karbondioksit



Şekil 5.7. Bir demir nesnenin korozyonu

(CO₂) veya kükürt dioksit (SO₂) çözünmüş olan su. İki metal veya metal ve bir miktar safsızlık böyle bir ortamda temas ederse, bir tür galvanik element oluşur. Elektrokimyasal korozyon, galvanik elementte gerçekleşen redoks işlemlerinin bir sonucu olarak meydana gelir.

Metallerdeki korozyon sürecinin hızı, diğer faktörlerin yanı sıra, onların reaktifliğine bağlıdır. Örneğin, bir altın yüzük, bir demir çivi, bir alüminyum oyuncak ve bir bakır borudaki korozyonu karşılaştırırsak, korozyon işlemine en dayanıklı olan altındır, onu bakır takip eder. Verilen metallerden demir en hızlı korozyona uğrar, ancak alüminyum ondan daha reaktiftir. Bunun nedeni, alüminyumda havadaki oksijenin etkisi altında, reaksiyona girmeyen ve alüminyum daha fazla korozyondan koruyan alüminyum oksit (Al₂O₃) tabakasının oluşmasıdır.

Korozyona Karşı Koruma

Korozyon sürecinin malzemeler üzerindeki zararlı etkileri göz önüne alındığında, onları korumanın bir yolunu bulmak çok önemlidir. Korozyon koruması için kullanılan yöntemler, malzemelerin agresif gazlar ve havadaki nemle temasını engeller. Korozyon koruması için çeşitli yöntemler vardır, bunlardan bazıları şunlardır: boyama, vernikleme, yağ ve sıvı yağlarla yağlama, emaye kaplama, kalaylama, galvanizasyon, eloksal kaplama, alaşımlama vb.

Boyama, büyük yüzeyler söz konusu olduğunda metalleri korozyondan korumak için sıklıkla kullanılan yöntemdir, ancak daha küçük nesneler için de kullanılır. Boyama sırasında, metali korozyondan korumak için metale bir katman boya uygulanır.

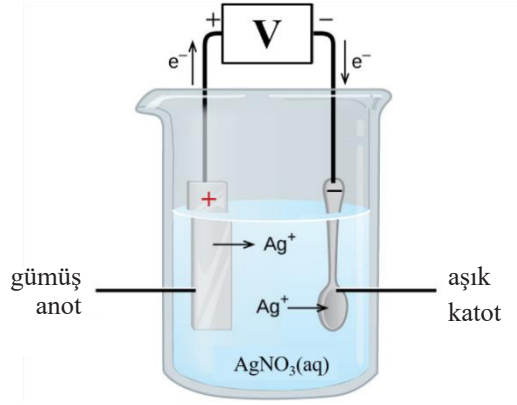
Vernikleme, boyama işlemine benzer şekilde, metallerin yüzeyine vernik uygulanarak yapılır.

Yağ ve sıvı yağlarla **yağlama**, örneğin bisiklet zinciri gibi demir nesnelere, korozyon sürecini hızlandıran sürtünmeyi önlemek için hareket halindeyken uygulanır.

Emaye kaplama, ev aletlerini korozyondan korumak için kullanılır.

Kalay kaplama, bakırın korozyon ürünleri toksik olduğundan, bakır nesnelere koruyucu bir kalay tabakası uygulama işlemidir.

Galvanizasyon, bir metalin ince bir tabakasının başka bir metalin yüzeyine uygulanma sürecidir. Galvanizasyonun amacı, ilk metali korozyondan korumaktır. Galvanizasyon için genellikle korozyona daha az duyarlı metaller kullanılır, örneğin çinko. Metallerin galvanizasyonu, elektroliz işlemi kullanılarak gerçekleştirilir. Korozyona karşı korumanın yanı sıra galvanizasyon, dekorasyon amaçlı da kullanılır; örneğin mücevher üretiminde bakır, altınla galvanizlenir. Galvanizasyon için başka bir örnek de çatal bıçak takımının gümüş kaplaması, yani yüzeyine gümüş uygulanmasıdır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Elektroliz ile bir kaşığa gümüş kaplama

Eloksal kaplama, *elektrolitik oksidasyon olarak da bilinir, alüminyum nesnelerin galvanizasyon yoluyla bir oksit tabakasıyla kaplandığı bir süreçtir.* Metaller, diğer metaller veya ametaller eklenerek (alaşımlama) korozyondan korunabilir. Bu şekilde alaşımlar oluşturulur. Örneğin çelik, demir ve karbon alaşımıdır. Bu alaşıma krom ve nikel eklenirse korozyona dayanıklı çelik elde edilir.

Korozyona karşı korunmanın bir diğer yolu da demiri alüminyum veya çinko gibi daha reaktif bir metalle birleştirmektir. Bu şekilde alüminyum veya çinko havadaki oksijenle oksitlenecek ve demir korozyondan korunacaktır. Korozyona karşı bu koruma yönteminde, daha reaktif olan (elektrokimyasal dizinin önceki aşamalarında) metal feda edilirken, daha az reaktif olan metal korozyondan korunan bir tür galvanik element oluşur.

ÖZET

Elektrokimya, kimyasal reaksiyonlar ve elektrik akımı arasındaki ilişkiyi inceleyen kimya dalıdır.

Elektrokimyasal süreç, elektrik akımının akışına neden olan veya akım akışından kaynaklanan bir süreçtir.

Oksidasyon, elektronların serbest bırakılması sürecidir.

Redüksiyon, elektronların kabul edilmesi sürecidir.

Galvanik elementler, elektrik akımı kaynağı olarak görev yapan elektrokimyasal elementlerdir.

Anot, oksidasyon işleminin gerçekleştiği elektrottur, anot negatif yüklüdür.

Katot, redüksiyon işleminin gerçekleştiği elektrottur, katot pozitif yüklüdür.

Elektrolit köprüsü, elektrolit çözeltisiyle doldurulmuş bükülmüş (U) bir tüptür.

Metallerin elektrokimyasal dizisi, metallerin reaktivliklerine bağlı olarak düzenlenmesidir.

Kurşun-asit aküler, deşarj olduktan sonra doğru akım kaynağına bağlanarak şarj edilebildikleri için uzun süre (birden fazla kez) kullanılabilen akülerdir.

Leclanchet kuru hücreler, deşarj olduktan sonra şarj edilemeyen tek kullanımlık pillerdir. Bu tür piller deşarj olduktan sonra geri dönüştürülmelidir.

Yakıt hücresi, yakıtın (hidrojen) ve oksidanın (oksijen) kimyasal enerjisini redoks reaksiyonları yoluyla elektrik enerjisine dönüştüren pratik olarak önemli bir galvanik elementtir.

Elektroliz hücreleri, kimyasal reaksiyonların elektrik akımının etkisi altında gerçekleştiği elektrokimyasal elementlerdir.

Elektroliz, maddelerin elektrik akımının etkisi altında ayrışma sürecidir.

Korozyon, malzemelerin çevresel etkiler sonucu özelliklerini kaybettiği süreçtir.

Metallerin kimyasal korozyonu, çevreden gelen agresif gazların etkisi sonucu meydana gelir.

Elektrokimyasal korozyon, elektrik iletiminin mümkün olduğu bir ortamda meydana gelir.

Galvanizasyon, bir metalin ince bir tabakasının başka bir metalin yüzeyine uygulanması işlemidir.

Eloksal kaplama veya elektrolitik oksidasyon, alüminyum nesnelerin galvanizasyon yoluyla bir oksit tabakasıyla kaplandığı bir işlemdir.

SORULAR VE ÖDEVLER

- 1) Kimyanın hangi kısmına elektrokimya denir ve hangi reaksiyonlar elektrokimyasaldır?
- 2) Elektrokimyasal süreçler nasıl olabilir?
- 3) Bir çinko çubuk gümüş nitrat çözeltisine daldırılırsa ne olur? Kimyasal reaksiyon meydana gelir mi? Bu reaksiyon elektrik akımı elde etmek için temel oluşturabilir mi?
- 4) Elektrokimyasal süreçler ve elektrik akımı arasındaki ilişkiyi açıklayınız?
- 5) Bir elektrodu bakır(II) nitrat çözeltisine daldırılmış bakırdan, diğeri gümüş nitrat çözeltisine daldırılmış gümüşten yapılmış bir galvanik hücre kurunuz.
- 6) 5. ödevdeki elektrokimyasal hücredeki süreçler ne kadar sürecektir?
- 7) Gümüş nitrat (AgNO_3) eriyiğın elektrolizinin ürünleri nelerdir? Açıklayınız.
- 8) Potasyum bromür eriyiğın elektrolizi sırasında hidrojen elde edilir mi? Açıklayınız.
- 9) Potasyum bromür eriyiğın elektrolizinin ürünleri nelerdir? Bir KBr çözeltisinin elektrolizinden aynı ürünler elde edilir mi?
- 10) Korozyon nedir? Sadece metaller mi korozyon meydana gelir?
- 11) Kimyasal ve elektrokimyasal korozyon arasındaki fark nedir?
- 12) Korozyon ve paslanma terimleri aynı anlama mı gelir?
- 13) Yüzeyinde oluşan demir oksit, onu daha fazla paslanmaktan korur mu?
- 14) Galvanizastonun bir demir nesneyi nasıl koruyabileceğini açıklayın.
- 15) Demir, elektrokimyasal metal dizisindeki herhangi bir metalle bağlanarak korozyondan korunabilir mi? Açıklayınız.

6. DENEYLER

BİRİNCİ MODÜLER BİRİMDEN DENEYLER

DENEY 1

Tollens reaktifi ile glikozun oksidasyonu

Glikoz, kimyasal bileşimine göre $[Ag(NH_3)_2]OH$ formülüne sahip diamin gümüş(I) hidroksit olan Tollens reaktifi ile oksitlenebilen monosakkarittir (aldoheksoz). Tollens reaktifi, gümüş nitrat ($AgNO_3$) ve amonyum hidroksitin (NH_4OH) sulu çözeltilerinden hazırlanır. Reaksiyonları sırasında, fazla NH_4OH içinde çözünerek renksiz $[Ag(NH_3)_2]OH$ çözeltisi veren beyaz bir gümüş hidroksit ($AgOH$) çökeltisi oluşur. Glikoz oksidasyon reaksiyonu, sulu bir glikoz çözeltisine Tollens reaktifi eklenerek gerçekleştirilir. Reaksiyon karışımı bir su banyosunda veya ispiroto lambasında ısıtılır. Bu durumda, glikozun aldehit grubu bir karboksil grubuna oksitlenir ve Tollens reaktifindeki gümüş iyonları (Ag^+), reaksiyonun gerçekleştirildiği kabın duvarlarına gümüş ayna şeklinde biriken elementel gümüşe indirgenir. Reaksiyon denklemi şu şekilde gösterilebilir:



Tollens reaktifiyle reaksiyon, karboksil grubuna oksitlenen bir aldehit grubuna (aldozlar) sahip monosakkaritlerin karakteristiğidir.

DENEY 2

İnorganik asitlerin etkisi altında sakarozun hidrolizi

Sakaroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$), seyreltik asitlerin varlığında glikoz ve fruktoza ayrıışan (hidrolize olan) disakkarittir. Ayrıışma reaksiyonu denklemi şu şekilde yazılabilir:



Sakarozun hidrolizi deneyini gerçekleştirmek için, iki test tüpüne sulu sakaroz (adi şeker) çözeltisi koyulur. Bir test tüpüne seyreltik bir asit, sülfürik (H_2SO_4) veya hidroklorik (HCl) asit çözeltisi eklenir ve test tüpleri ispiroto lambasıyla ısıtılır. Asit eklenen test tüpünde sakarozun hidrolize olması beklenir. Ardından her iki test tüpüne de Tollens reaktifi eklenir ve test tüpleri tekrar ısıtılır. Bu durumda, yalnızca önceden asit eklenmiş test tüpünde, elementel gümüşün duvarlarında gümüş ayna şeklinde ayrıışması beklenir. Redoks reaksiyonu, sakarozun hidroliziyle elde edilen glikoz ile Tollens reaktifi arasında gerçekleşir. Sulu sakaroz çözeltisi içeren test tüpünde, elementel gümüş ayrıışmaz, çünkü sakaroz, Tollens reaktifindeki Ag^+ iyonlarını elementel gümüşe indirgeyemez, bu da sakarozun indirgeyici bir şeker olmadığı anlamına gelir.

DENEY 3**Lugol Çözeltilisi ile Belirli Gıdalarda Nişastanın Varlığının Kanıtlanması**

Nişasta, gıdalardaki varlığı Lugol reaktifi ile kanıtlanan bir polisakkarittir. Lugol reaktifi, iyot (I_2) ve potasyum iyodürün (KI) alkollü bir çözeltisidir. Nişasta çözeltisi, 1 g nişastanın 100 mL sıcak suda çözülmesiyle %1 oranında hazırlanır. Nişasta çözeltisini hazırlamak için kullanılan su kaynama noktasına kadar ısıtılır.

Nişasta çözeltisine Lugol reaktifi eklendiğinde, nişastanın amilopektininin iyot ile oluşturduğu kompleks nedeniyle mavi renkli bir ürün elde edilir. Mavi rengin görünümü, nişastanın varlığının kanıtıdır. Deney, taze patateslere veya pirinç suyuna birkaç damla Lugol reaktifi eklenerek gerçekleştirilebilir. Bu gıdalar nişasta içerdiğinden, reaktifin eklenmesiyle mavi bir renk görünümü gözlemlenecektir.

DENEY 4**Yağların ve Sıvı Yağların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi**

Yağların ve sıvı yağların fiziksel özelliği onların çözünürlükleridir. “Benzer benzerde çözünür” kuralı uygulanarak, yağların ve sıvı yağların farklı çözücülerdeki çözünürlüğü hakkında sonuçlar çıkarılabilir. Bu kurala göre, yağlar ve sıvı yağlar polar olmayan organik bileşiklerdir ve su polar bir çözücü olduğu için suda çözünmezler. Çözünürlük kuralından kaynaklanan bu sonuç, bir deney yapılarak doğrulanabilir. Üç deney tüpüne küçük parçalar halinde pastırma, domuz yağı ve biraz bitkisel yağ (ayçiçeği veya zeytinyağı) eklenir. Tüm deney tüplerine su eklenir ve dikkatlice karıştırılır. Deney tüpleri dikkatlice incelenerek, yağların ve sıvı yağların sudaki çözünürlüğü hakkında bir sonuca varılabilecek belirli değişikliklerin olup olmadığı gözlemlenir.

Yağların ve sıvı yağların çözünürlüğü, toluen (metil benzen, $C_6H_5CH_3$), aseton (CH_3COCH_3), karbon tetraklorür (CCl_4) ve diğerleri gibi polar olmayan çözücülerde de test edilebilir. Bu amaçla, deney suyla yapıldığı gibi yapılır. Üç deney tüpüne pastırma, domuz yağı ve bitkisel yağ konur ve ardından her bir deney tüpüne birkaç mililitre çözücü eklenir. Deney tüpleri dikkatlice izlenir, değişiklikler not edilir ve bu deneyden elde edilen sonuçlar, suyla yapılan önceki deneyin sonuçlarıyla karşılaştırılır. Ayrıca, yağların ve sıvı yağların listelenen çözücülerdeki çözünürlüğü hakkında literatür araştırabilir ve elde edilen bilgileri deney sonuçlarıyla karşılaştırabilirsiniz.

DENEY 5**Proteinlerin Çökmesi**

Küresel proteinler suda çözünür, ancak çözeltiye tuz veya organik çözücüler eklendiğinde çökerler. Çökelen proteine su eklenirse, tekrar çözünecektir. Deney yumurta akı ile yapılabilir. Bu amaçla, bir yumurta akı çözeltisi bir deney tüpüne yerleştirilir ve 1g NaCl'yi 100 mL suda çözerek hazırlanan %1'lik sodyum klorür (NaCl) çözeltisi aynı deney tüpüne eklenir. Ardından deney tüpüne $MgSO_4$ tozu eklenir. Tuz varlığında yumurta akı proteinleri çöker ve çözelti bulanıklaşır. Bulanık çözeltiye su eklenirse, çökelen protein tekrar çözünecektir. Deney, etanol veya aseton gibi organik çözücülerle tekrarlanabilir. Organik çözücülerin varlığında proteinlerin çözünürlüğü azalır ve bu nedenle çözeltiden çökelmeleri beklenir, bu da deney yapılarak doğrulanabilir.

DENEY 6**Protein Denatürasyonu**

Denatürasyon sırasında proteinler fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybeder. Proteinler, güçlü baz ve asitlerin etkisi altında, sıcaklığın düşürülüp yükseltilmesi ve diğer faktörlerle denatüre olurlar. Yumurta akında bulunan proteinlerin denatürasyonu, test tüpüne %1'lik NaCl çözeltisi eklenip ısıtılarak gerçekleştirilebilir. Bu deney gerçekleştirilirken, yumurta akındaki proteinlerin denatüre olması beklenir. Deney sırasında meydana gelen değişiklikler dikkatlice izlenmelidir.

DENEY 7**Proteinlerin Kimyasal Özellikleri - Biüret Reaksiyonu**

Protein çözeltisine bakır(II) sülfat reaktifi eklendiğinde, proteinde bulunan peptit bağları bakır iyonlarıyla birlikte, yoğunluğu proteinde bulunan peptit bağı sayısına bağlı olarak mavi-mor renkte bir kompleks oluşturur. Dipeptitler hariç, tüm peptitler ve proteinler reaktifle reaksiyona girer, çünkü reaksiyonda en az iki peptit bağı yer alır.

Bu reaksiyon, protein tespiti için nitel bir test ve aynı zamanda biyolojik materyallerdeki protein miktarını tahmin etmek için nicel bir test olarak kullanılır. Deney, %1 NaCl çözeltisi eklenmiş bir test tüpüne yumurta akı çözeltisi konularak gerçekleştirilir. Ardından, $CuSO_4$ ve %10 sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinin karışımı olan biüret reaktifi test tüpüne eklenir. Bu, Cu^{2+} iyonları ile proteinlerdeki peptit grubunun azotu arasında oluşan kompleksten mavi-mor bir renk üretir.

DENEY 8**Proteinlerin Kimyasal Özellikleri - Ksantoprotein Reaksiyonu**

Yumurta akı çözeltisi, %1'lik sudaki NaCl çözeltisinin eklendiği test tüpüne yerleştirilir. Ardından, çok dikkatli bir şekilde, test tüpünün duvarları boyunca konsantre nitrik asit eklenir. Meydana gelen değişiklikler dikkatlice gözlemlenmelidir. Konsantre nitrik asit eklendiğinde, proteinlerin bileşiminde bulunan aromatik amino asitlerin benzen çekirdeklerinin nitrasyon reaksiyonu sonucu sarı bir renk görülebilir. Daha sonra aynı çözeltiye sodyum hidroksit eklenir ve bunun sonucunda ortamın pH'ı ve çözeltinin rengi değişir. Reaksiyon sisteminde meydana gelen değişiklikler dikkatlice gözlemlenmelidir.

DENEY 9**C ve D vitaminlerinin su ve organik çözücülerdeki çözünürlüğünün tespit edilmesi**

C vitamini, suda çözünen vitaminler grubuna aittir, bu nedenle suda en kolay çözünmesi beklenir. Öte yandan, D vitamini ise yağlarda çözünür, bu nedenle organik çözücülerde çözünmesi beklenir. C ve D vitaminlerinin sudaki çözünürlüğünü kontrol etmek için belirli miktarda toz vitamin alınır ve test tüplerine yerleştirilir. Ardından vitaminlerin su ve organik çözücülerdeki çözünürlüğü test edilir. Organik çözücülerden metanol, etanol, etil asetat veya başka bir organik çözücüdeki çözünürlük belirlenebilir. Deney oda sıcaklığında gerçekleştirilir ve listelenen vitaminlerin çözünürlüğü hakkında sonuçlar çıkarmak için değişiklikler dikkatlice izlenir. Deney gerçekleştirildikten sonra, D vitamininin hangi organik çözücüde en iyi çözündüğü sonucuna varılabilir.

DENEY 10**Enzimatik reaksiyonun hızına bazı faktörlerin etkisi**

Enzimler, canlı organizmalarda meydana gelen reaksiyonları büyük ölçüde hızlandıran biyokatalizörlerdir, ancak laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen reaksiyonları hızlandırmak için de kullanılırlar. Enzimatik reaksiyonun hızını etkileyen faktörler şunlardır: sıcaklık, ortamın pH değeri, enzim konsantrasyonu, substrat konsantrasyonu ve inhibitörlerin varlığı. İnternette çeşitli faktörlerin enzimatik reaksiyonun hızına olan etkisi hakkında video deneyleri bulabilir ve araştırma yapabilir.

DÖRDÜNCÜ MODÜLER BİRİMDEN DENEYLER**DENEY 11****Çeşitli geri döndürülemez iyonik reaksiyonların gerçekleştirilmesi**

İyonik reaksiyonlar, sulu çözeltilerde meydana gelen iyonlar arasındaki reaksiyonlardır. İyonik reaksiyonların geri döndürülemez olduğu, yani tamamlandığı koşullar, ürünlerden birinin çökelti (s, solid), gaz (g, gas) veya zayıf elektrolit (l, liquid) olmasıdır.

Ürünlerden birinin çökelti olduğu bir iyonik reaksiyon, gümüş nitrat (AgNO_3) ve sodyum klorür (NaCl) arasındaki reaksiyondur ve bu reaksiyon, gümüş klorür (AgCl) ve sodyum nitrattan (NaNO_3) oluşan beyaz bir çökelti üretir.

Ürünlerden birinin gaz olduğu bir iyonik reaksiyon, sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve hidroklorik asit (HCl) arasındaki reaksiyondur ve bu reaksiyon, gaz olan karbondioksit (CO_2), sodyum klorür (NaCl) ve su üretir. Açığa çıkan gazın kabarcıkları test tüpünde gözlemlenir.

Zayıf bir elektrolitin olduğu bir reaksiyon, sodyum asetat (CH_3COONa) ve hidroklorik asidin (HCl) reaksiyona sokulmasıyla asetik asit (CH_3COOH) elde edilmesi reaksiyonudur. Asetik asit elde edildiğinde karakteristik bir “sirke” kokusu hissedilir.

Reaksiyonlar, reaktiflerin seyreltik çözeltileriyle test tüplerinde gerçekleştirilebilir. Her reaksiyon için, denklemleri “moleküler” formda, tam iyonik denklemleri ve tüm reaksiyonlar için etkin (kısaltılmış) iyonik denklemleri yazın. Yukarıdaki reaksiyon örneklerine ek olarak, laboratuvar koşullarına göre başka geri döndürülemez iyonik reaksiyonlar da gerçekleştirilebilir.

DENEY 12**Farklı göstergelerle asit ve baz çözeltilerinin pH'nın belirlenmesi**

pH, belirli bir çözeltideki H^+ iyonlarının konsantrasyonunu belirlemeyi mümkün yapan hidrojen göstergesidir. Asit çözeltilerinde H^+ iyonları üstünlük gösterir, bazlarda ise OH^- iyonları bulunur. Bir çözeltinin asitliği göstergeler yardımıyla değerlendirilebilir. Bu amaçla turnusol kağıdı (kırmızı ve mavi), fenolftalein, metil oranj ve diğer göstergeler kullanılabilir. Ayrıca, pH değerinin tüm pH ölçeği boyunca değerlendirilmesini sağlayan universal gösterge kağıdı da kullanılabilir.

Deneyi gerçekleştirmek için, seyreltik sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sülfürik asit ve hidroklorik asit çözeltileri hazırlanmalıdır. Her çözeltideki ortamın asitliğini turnusol kağıdı veya universal gösterge kağıdı ile tespit edilebilir veya fenolftalein ve metil oranj göstergelerinden 1-2 damla ekleyin. Listelenen göstergelerin asidik ve bazik ortamlardaki

renklerinin ne olduğunu literatürden veya internetten araştırın. ve literatürden elde edilen sonuçları deneyden elde edilen sonuçlarla karşılaştırın, bu sonuçlar bir tablo halinde sunulabilir.

DENEY 13

Tuz Çözeltilerinin pH Değerinin Farklı Göstergelerle Belirlenmesi

Tuzlar, asidik özelliklere sahip bileşiklerin bazik özelliklere sahip bileşiklerle reaksiyona girmesiyle elde edilir. Tuz çözeltilerinin nötr ($\text{pH} = 7$), asidik ($\text{pH} < 7$) veya bazik ($\text{pH} > 7$) olup olmadığını araştırmak için farklı tuz çözeltilerinin pH değerleri belirlenebilir.

Şu tuzların çözeltileri hazırlansın: sodyum klorür (NaCl), potasyum nitrit (KNO_2), sodyum asetat (CH_3COONa) ve amonyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$). Listelenen tuzlara ek olarak, başka tuzlar da kullanılabilir, ancak sınıflandırmalarına göre her gruptan bir temsilci bulunmalıdır. Verilen tuzların formülüne dayanarak, çözeltilerindeki ortamın asitliğinin ne olması gerektiği konusunda bir varsayım (hipotez) yapın.

Hazırlanan tuz çözeltilerinden birkaç mililitre bir test tüpüne alınsın ve çözeltinin asitliğini önceki deneyde kullanılan indikatörler (kırmızı ve mavi turnusol kağıdı), universal gösterge kağıdı, fenolftalein, metil oranj ve diğer indikatörler) kullanarak test edilsin. Deneyden elde edilen sonuçlar hipotezlerle karşılaştırılmalı ve uygun çıkarımlar yapılmalıdır. Mümkünse okulda, indikatörlerle elde edilen sonuçları doğrulamak için pH değerleri pH metre kullanılarak ölçülebilir.

DENEY 14

Zayıf çözünen maddelerden doymuş çözeltilerinin hazırlanması ve ortak iyonun çökelmelerine olan etkisinin incelenmesi

Zayıf çözünen bir bileşik olan kurşun(II) klorürün (PbCl_2) doymuş çözeltisi hazırlansın. PbCl_2 beyaz bir çökeltidir ve tuzun çözünür kısmı sulu çözeltilerde tamamen ayrılarak iyonlar oluşturur. Ayrışmayan tuz kısmı ile oluşan iyonlar arasında bir denge kurulur. Çözeltide ortak bir iyonun varlığı (ortak iyon etkisi), dengenin kaymasına, yani PbCl_2 'nin çökmesine veya çözünmesine yol açabilir.

Ortak iyonun PbCl_2 'nin çökmesi üzerindeki etkisini incelemek için, belirli bir konsantrasyonda bir potasyum klorür (KCl) çözeltisi hazırlanmalıdır. Doymuş PbCl_2 çözeltisine birkaç mililitre KCl çözeltisi eklenir ve reaksiyon sisteminde meydana gelen değişiklikler gözlenir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, ortak iyonun PbCl_2 çökmesine olan etkisi hakkında sonuçlara varılabilir. Deney, diğer tuzlarla da gerçekleştirilebilir.

BEŞİNCİ MODÜLER BİRİMDEN DENEYLER**DENEY 15****Basit galvanik elementlerin yapımı**

Bir galvanik elementin yapımı için iki metal çubuğa ve içine daldırıldıkları elektrolit çözeltisine ihtiyacınız vardır. Metal çubuklar, diğer ucunda bir ampul bulunan bir tel ile birbirine bağlanır. Ampul yandığında, galvanik elementin akım kaynağı olduğu anlaşılır.

Basit bir galvanik element, bir tel ile birbirine bağlanmış çinko ve bakır plaka kullanılarak yapılabilir. Bir bardakta seyreltik sülfürik asit çözeltisi hazırlanır ve çinko ve bakır plakalar bu çözeltiye daldırılır. plakaların birbirine değmemesine dikkat edilmelidir. Çinko ve bakır plakaları birbirine bağlayan tel, galvanik elementin bir akım kaynağı olduğunu gösteren ampule bağlanır.

Elektrokimyasal dizisi yardımıyla şunları belirleyin:

- Metallerden hangileri oksitlenecek ve hangileri indirgenecektir?
- Hangi elektrot katot, hangisi anot olacak?
- Elektrotlarda gerçekleşen yarı reaksiyonların denklemlerini yazın?
- Toplam redoks reaksiyonunun denklemini yazın?

Basit galvanik elementin yapılmasına ilişkin başka bir örnek önerin.

DENEY 16**Su ve Bazı Tuzların Elektrolizi**

Elektroliz, elektrik akımının etkisi altında maddelerin ayrışma sürecidir. Elektroliz işlemini gerçekleştirmek için, içine elektrolit çözeltisinin yerleştirildiği büyük bir cam bardak veya başka bir cam kap gerekir. İki elektrot çözeltiye daldırılır ve dış akım kaynağına, örneğin bir pile bağlanır. Grafit elektrotlar (örneğin grafit çubuklar) iyi bir iletken olduğu için kullanılabilir. Bu aada, pilin pozitif kutbuna bağlı elektrot anot olarak adlandırılır, katot ise pilin negatif kutbuna bağlı elektrottur. Elektronlar anottan katoda doğru hareket eder.

Basit bir elektroliz hücresinde, suyun elektrolizi işlemi gerçekleştirilebilir. Elektroliz işlemini hızlandırmak için, su zayıf bir elektrolit olduğundan, kaba güçlü bir elektrolit (örneğin NaOH) eklenir. Grafit elektrotlar pile bağlanıp su dolu kaba daldırıldıktan sonra, elektroliz işleminin gerçekleştirildiği kaptaki meydana gelen değişimler dikkatlice izlenmelidir. Suyun elektrolizinin ürünleri gaz olduğundan, kaptaki gaz kabarcıkları gözlemlenecektir.

Suyun elektrolizi sırasında elde edilen ürünler hangileridir? Oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının ile toplam redoks reaksiyonunun denklemlerini yazınız.

Tuzların elektroliz işlemini gerçekleştirmek için, örneğin bakır(II) klorür (CuCl_2) gibi tuzun sulu bir çözeltisi hazırlanmalıdır. CuCl_2 çözeltisi cam bardakta hazırlanabilir. Bardağa iki grafit elektrot daldırılır ve dış akım kaynağına (pil) bağlanır. Elektroliz, suya yapıldığı benzer şekilde gerçekleştirilir. İşlem sırasında meydana gelen değişiklikler dikkatlice izlenmelidir. Deneyle ilgili olarak aşağıdaki soruları cevaplayın: CuCl_2 çözeltisinin rengi nedir ve elektroliz işlemi sırasında değişir mi? Elektrotlarda hangi ürünler ayrılır? Oksidasyon ve redüksiyon yarı reaksiyonlarının denklemlerini ve toplam redoks reaksiyonunu yazınız.

DENEY 17

Metallerin Elektrokimyasal Korozyonu

Metallerin korozyonu, elektrokimyasal süreçlerin etkisi altında meydana gelir. Elektron yayan metal (anot) oksitlenir ve kütesini kaybeder, yani aşınır. Aşınan metal, temas ettiği diğer metali korozyondan korur. Elektrokimyasal korozyon, iki metalin elektrik iletimine izin veren bir ortamda, örneğin CO_2 ve SO_2 gibi gazların çözündüğü yağmur suyu gibi su veya tuzlar gibi elektrolit içeren bir çözeltide temas etmesiyle meydana gelir.

Metallerin elektrokimyasal korozyon sürecini incelemek için basit bir deney, magnezyum tel ve demir çividen oluşan elektrokimyasal elementin elektrot olarak bir araya getirilmesiyle gerçekleştirilebilir. Elektrotlar, iletken görevi görecek ve elektronların anottan katoda geçmesini sağlayacak bakır tel ile birbirine bağlanabilir. Daha sonra elektrotlar, elektrolit olarak sulu NaCl çözeltisi içeren bir bardağa daldırılır. Karşılaştırma amacıyla, NaCl çözeltisi içindeki başka bir bardağa demir çivi yerleştirilir. Bardakta meydana gelen değişimler gözlemlenir. Deneyi tamamladıktan sonra şu sorular cevaplansın: Her iki bardaktaki demir çiviler aşınır mı? Magnezyum ve demir temas ettiğinde, iki metalden hangisi aşınır ve hangisi korozyondan korunur? Hangi metal anot, hangisi katot olur? Bu nasıl belirlenebilir?

DENEY 18

Çeşitli metal nesnelerin galvanizasyonu

Metallerin galvanizasyonu, bir metalin yüzeyine başka bir metalin sürüldüğü elektroliz işlemidir. Galvanizasyon işlemi, metalleri korozyondan korumak için kullanılır. Basit bir galvanizasyon deneyi, biri çinko çubuk, diğeri demir çubuk veya başka bir demir nesne olan iki elektrot kullanılarak gerçekleştirilebilir. Elektrotlar bakır telle bağlanır ve ardından ZnCl_2 çözeltisine daldırılır. Bu sırada, daha reaktif bir metal olan çinko oksitlenir, yani çinko elektrot anot görevi görür. Çinko iyonları (Zn^{2+}) çözeltiye geçer. Daha sonra çözeltideki çinko iyonları elektron alır ve demir çubuk (katot) üzerinde elementel çinkoya indirgenir. Sonuç olarak, demir yüzeyi onu

korozyondan koruyan çinko tabakasıyla kaplanır. Bu işleme galvanizasyon denir. İki elektrotta hangi işlemler gerçekleşir? Yarı reaksiyonların denklemlerini ve toplam redoks reaksiyonunun denklemini yazın. Galvanizasyon işleminin metalleri korozyondan korumak için uygulanmasına başka bir örnek verin ve deneyi okul laboratuvarında gerçekleştirin.

7. ALFABETİK DÜZENLEME

A

A vitamini.....	68
adenin.....	75
adenozin.....	77
adenozin difosfat.....	78
adenozin monofosfat.....	78
adenozin trifosfat.....	78
aktif bölge.....	61
albüminler.....	52
aldarik asit.....	16
aldonik asit.....	16
aldopentoz.....	7
aldotrioz.....	6
aldozlar.....	6
Alessandro Volta.....	167
alkali metaller.....	106
amfiproteolitler.....	152
amfoterik özellikler.....	51
amilopektin.....	26
amiloza.....	26
amino asitler.....	40
amino asit dizisi.....	47
amino grubu.....	40
amorfs katı.....	139
anahtar- kilit modeli.....	63
anomerler.....	14
anot.....	169
anyon.....	115
apoenzim.....	60
araşidonik asit.....	34
Arrhenius.....	151
atomik orbital.....	93
atomik yarıçap.....	108
asit (protolitik teori).....	152
azotlu baz.....	74

B

B1 vitamini.....	71
B2 vitamini.....	72
B6 vitamini.....	72
bağ oluşturmaya elektronlar.....	126
bağ oluşturmaya orbitaller.....	126

basit karbonhidratlar.....	5
basit proteinler.....	52
baz (protolitik teori).....	152
belirsizlik ilkesi.....	90
birim hücre.....	122
birinci tür iletkenler.....	144
Biüret reaksiyonu.....	184
biyobileşikler.....	1
biyoelementler.....	3
biyojenik element.....	3
biyokatalizörler.....	58, 61
biyomoleküller.....	2
biyokimya.....	1
boş orbital.....	95
boyama.....	178
Brønsted ve Lowry.....	151

C

C vitamini.....	72
-----------------	----

Ç

çift bağ.....	127
çökeltme.....	50
çözünürlük.....	50
çözünürlük çarpımı.....	163

D

D vitamini.....	69
d-elementleri.....	107
d-orbitalleri.....	95
dağılım kuvvetleri.....	137
Daniell galvanik elementi.....	170
değerlik elektronları.....	101
dehidrojenaz.....	59
dejenerat orbitaller.....	99
dekarboksilaz.....	59
dekstrinler.....	27
deksirojirler.....	12
deksiroz.....	18
denatüre proteinler.....	50
deoksiribonükleik asit.....	74
deoksiribonükleotidler.....	77

diasilgliseroller.....	35
difosfatlar	78
dinükleotidler	79
dipeptit	44
dipol-dipol etkileşimleri.....	137
disakkaritler.....	20
disülfür bağları	49
DNA.....	75
DNA'nın birincil yapısı.....	82
DNA'nın ikincil yapısı	83
DNA'nın üçüncül yapısı.....	83
DNA denatürasyonu.....	84
DNA renatürasyonu	84
dsp ² -hibridizasyon	134
dsp ³ -hibridizasyon	133
dönme açısı	12

E

E vitamini.....	70
elektrokimya	167
elektrokimyasal element	167
elektrokimyasal korozyon.....	178
elektrokimyasal metal serileri.....	170
elektrolitik köprü.....	169
elektrolitik ayrışma derecesi	147
elektrolit olmayanlar	144
elektrolitler.....	144
elektroliz	173
elektron afinitesi.....	110
elektron konfigürasyonu	100
elektron tabakası	90, 98
elektrokimyasal reaksiyonlar	167
elektroliz hücreleri	173
elektronegatiflik	109
elektronlar	89
eloksal kaplama.....	179
emayeleme	179
enantiyomerizm.....	8
enantiyomerler	8
enzim-substrat kompleksi	62
enzimogliji	58
ergokalsiferol	69
esansiyel amino asitler	43
esansiyel yüksek yağ asitleri.....	34
esterleşme.....	35

eşleşmiş elektronlar.....	98
etkileyiciler	65
etkili iyonik denklem	148

F

f-elementleri.....	107
f-orbitalleri	95
Ferritin.....	53
Fibriller proteinler	52
Fischer.....	8
Fischer projeksiyon formülleri.....	8
fosfat grubu	74
fosfodiester bağı.....	77
fosfolipitler.....	32
fosfoproteinler.....	52
fotosentez	5
fruktoz	19
füranozlar	13

G

galaktoz	19
galaktozemi	19
galvanik elementler.....	168
galvanizasyon.....	179
genler.....	84
genom.....	84
glikojen	27
glikoproteinler.....	52
glikoz.....	18
glikozitler	17
gliserol.....	33
gliserolfosfolipidler.....	31
globin	54
globinler	52
gruplar	104
göreceli katalitik güç.....	61
göstergeler.....	154
guanin.....	75

H

haberci RNA.....	85
Heisenberg	89
halojen elementler.....	107
heksozlar	6

hem.....	54
hemoglobin	52
heteropolisakkaritler	5
hibridizasyon.....	85
hibrit nükleik asit	85
hibrit orbitaller	131
hidrofilik etkileşimler.....	49
hidrofobik etkileşimler.....	49
hidroksit indikatörü.....	155
hidrojen bağı	136
hidrojen göstergesi	155
hidrolazlar	59
hidroliz	21
hidronlar	152
hidronyum iyonları.....	152
hipervitaminoz	67
histonlar.....	52
holoenzim.....	61
homopolisakkaritler	5
hormonlar	31
Hund kuralı	99

İ

iki bileşenli enzimler.....	60
ikinci tür iletkenler.....	144
ikincil yapı	48
imünoglobulinler.....	53
indirgen şeker.....	22
İndüklenen dipol	136
indüklenmiş adaptasyon modeli.....	63
inhibitörler.....	65
insülin.....	53
inülin	19
invert şeker.....	25
iyon-dipol etkileşimleri.....	135
iyon-iyon etkileşimi	135
iyon gözlemcileri	148
iyonik bağ.....	114
iyonik bağlar	49
iyonik bileşikler	122
iyonik kristal kafes.....	122
iyonik kristaller	140
iyonik reaksiyonlar.....	147
iyonik yarıçap.....	122
iyonlaşma enerjisi	108

izoelektrik nokta.....	43
izolasyon	50
izomerazlar.....	59

K

K vitamini	70
kalaylama	179
kalkojen elementler.....	107
kan şekeri	18
karboksil grubu	40
karbonhidratlar	4
karamel.....	25
katalizörler	58
katı agrega hal	139
katot.....	169
katyon.....	115
kayganlaştırma	178
kazein	53
kemotripsin	59
keratin	52
ketoheksoz.....	7
ketopentoz.....	8
ketozlar.....	6
kısaltılmış elektron konfigürasyonu.....	101
kısaltılmış iyonik denklem.....	148
kimyasal bağ	114
kimyasal korozyon	178
kiral karbon atomu	8
koenzim.....	60
kofaktör	60
kolajen.....	52
kolekalsiferol.....	69
kolesterol.....	32
kompleks karbonhidratlar	5
kompleks proteinler	52
koordinat bağı	129
korozyon	177
kovalent kristaller.....	140
kristal kafes	139
kristalin katı	139
kromoproteinler.....	52
ksantoprotein reaksiyonu	184
kuantum mekaniği.....	90
kuantum mekanik modeli.....	98
kuantum sayıları.....	90

kuaterner yapı.....	49
kurşun-asit aküler.....	172
kuvvetli elektrolitler.....	145
kuvvetli protolitler	152
küresel proteinler	52

L

laklama	178
laktoz.....	22
laurik asit.....	34
Lavoisier	1
Le Chatelier ilkesi.....	163
Leclanché	172
Leclanché kuru hücreleri.....	172
Lewis sembolleri.....	114
levuloz.....	19
ligazlar.....	59
linolenik asit.....	34
lipaz.....	59
lipitler	30
lipoproteinler.....	52
liyazlar.....	59
London kuvvetleri.....	136
Lugal çözeltisi.....	183

M

maltoz.....	21
maltoz bağlanma modu	22
manyetik kuantum sayısı.....	90, 91
Mendeleev.....	104
metalik bağ.....	140
metaloproteinler	52
methemoglobin	54
meyve şekeri	19
Michaelis-Menten	62
mikro besinler	67
miristik asit.....	34
mitokondriyal DNA	85
miyoglobin	54
moleküler denklem.....	147
moleküler kristaller	140
moleküller arası etkileşimler.....	135
monoasilgliseroller.....	35
monofosfatlar	78
mononükleotidler	79

monosakkaritler.....	5
monatomik iyonlar	117
mumlar	31
mutarotasyon.....	14

N

Niels Bohr	97
nişasta.....	26
Neuberg	1
normal (sıradan)şeker.....	24
nötronlar	89
nükleik asitler.....	79
nükleozitler	76
nükleoproteinler	52
nükleotidler	77

O

O – glikozidik bağı.....	21
oksidasyon.....	167
oksidoredüktazlar	59
oksihemoglobin.....	54
oleik linoleik	34
oligosakkaritler	5
optik olarak aktif moleküller.....	50
optik antipotlar	11
optik izomerler	10
optik özellikler	11
optimal pH değeri	64
optimal sıcaklık.....	64
orbital kuantum sayısı.....	90, 91
orbitler	97
ortak iyon etkisi.....	163

Ö

özgül dönme açısı	12
-------------------------	----

P

p-elementleri	107
p-elektronları.....	100
p-orbitalleri	95
palmitik asit.....	33, 34
palmitoleik asit.....	34
Pauli dışlama ilkesi	99
pentozlar.....	6

peptit bağı.....	44
peptitler	44
periyotlar	104
Pi (π) bağı	127
piranozlar	13
piridoksal.....	72
piridoksin	72
piridoksol	72
pirimidin bazları.....	75
polar kovalent bağı.....	129
polar olmayan kovalent bağı.....	128
polarimetre	11
polarimetreler.....	11
poliavitaminoz.....	67
polihidroksil aldehytler	7
polihidroksi ketonlar	7
polinükleotidler	79
polipeptit	44
polisakkaritler	26
proteinin birincil yapısı	47
Proteinin izoelektrik noktası	51
protez grubu	50
protolitik teori	152
protolitik reaksiyonlar.....	152
protolitler.....	152
protonlar	89
provitaminler.....	66
purin bazları	75

R

rasemik karışım	12
reaktivite	51
redüksiyon.....	167
renatürasyon.....	51
renatüre protein	51
retinal	68
retinol	68
riboflavin	72
riboz	20
ribonükleik asit.....	74
ribonükleotidler.....	77
ribozomal RNA.....	85
RNA	75
Rutherford	97

S

s-elektronları	100
s-elementleri.....	106
s-orbitalleri.....	94
sağ yarım element	169
sakaroz	24, 59
selüloz	27
sferoproteinler	52
sfingolipidler.....	32
sıvı yağlar.....	31
sigma (σ) bağı.....	125, 127
sitokrom	53
sitoplazmik DNA	85
sitozin.....	75
skleroproteinler	52
sol yarım element.....	168
sola dönen	12
solunum proteinleri	53
sorbitol	17
soy (inert) gazlar	107
sp ² -hibridizasyon	132
sp ³ -hibridizasyon	130
sp ³ -hibrid orbitalleri.....	131
sp-hibridizasyonu.....	132
sp ³ d ² -hibridizasyon.....	133
spin kuantum sayısı.....	90
stearik asit	34
stereoizomerler.....	8
steroidler	32
substrat	61
suda çözünen proteinler	67
suyun iyonik ürünü	154
suyun otoprotolizi	153

Ş

şeker bileşeni.....	74
---------------------	----

T

tam iyonik denklem.....	148
tam orbital	95
tamamlayıcı baz	83
tek bileşenli enzimler	60
tek kovalent bağı.....	125
temel kuantum sayısı.....	90

temel parçacıklar	89
tetrahedral hibridizasyon.....	131
tetrapeptid	44
tetrozlar	6
tiamin	71
timin	75
Tollens reaktifi	17
trehaloz.....	23
trehaloz bağı.....	23
transfer RNA.....	85
transferazlar.....	59
triasilgliseroller	35
trifosfatlar.....	78
trigonal hibridizasyon	132
trinükleotidler.....	79
triozlar	6
tripeptid	44
tripsin	53, 59
tuzların hidrolizi.....	158

U

urasil.....	75
uzun elektron konfigürasyonu.....	101

Ü

üçlü bağ.....	12
üçüncül yapı	49
üronik asit.....	16
üzüm şekeri	18

V

Van der Waals kuvvetleri	135
viskoz çözeltiler	84
voltaik hücreler	167

Y

yağda çözünen proteinler	67
yağlar.....	31
yakıt hücresi	172
yarı dolu orbital.....	95
yarım asetil hidroksil grubu	13
yoğunlaşma	21
yüksek yağ asitleri.....	33

Z

zayıf elektrolitler.....	146
zayıf protolitler.....	152
zwitterion	40

 α - β

α -1,1 glikozidik bağı	24
β -1,4 glikozidik bağı	23
α -1,4 glikozidik bağı	21
α -1,4 glikozidik bağları.....	26
α -1,6-glikozidik bağı.....	26
α -sarmal	48
β -N-glikozidik bağı.....	76
β -karoten	68
β -kıvrımlı yapı	48

8. KAYNAKÇA

- 1) John W. Hill, Ralph H. Petrucci, Terry W. McCreary, Scott S. Perry, Genel Kimya, Makedonca diline tercüme edilmiş, Tabernakul, 2011.
- 2) Raymond Chang, KİMYA - Makedonca diline tercüme edilmiş, orijinal başlık: *CHEMISTRY*, 10th edition Raymond Chang, Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020. Copyright © 2010 by The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.
- 3) Catherine J. Denniston, Joseph J. Topping, Robert L. Karet GENEL, ORGANİK ve BİYOKİMYA, Makedonca diline tercüme edilmiş, Tabernakul, 2010, Orijinal başlık: General, Organic and Biochemistry 6th Edition, McGraw-Hill Cpmpanies, Inc., 2008.
- 4) Theodore L. Brown, H. Eugene LE May, Jr., Bruce E. Bursten, Catherine J. Murphy, Patrick M. Woodward and Matthew W. Stoltzfus, *CHEMISTRY the central science*, 13th Eddition, Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Prentice Hall, Department, 1900 E. Lake Ave., Glenview, IL 60025, United States of America, 2015.
- 5) Martin S. Silberberg, *CHEMISTRY: the molecular nature of matter and change*, 5th edition, Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Copyright © by McGraw-Hill Education, 2009.
- 6) Karen C. Timberlake, *Chemistry - an introduction to general, organic, and biological chemistry*, 11th edition, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall., United States of America, 2012.
- 7) John E. McMurry, Robert C. Fay, Jordan Fantini, *Chemistry* 6th Edition, Pearson prentice hall™ is a trademark of pearson education, inc., United States of America, 2012.
- 8) Martin S. Silberberg, Patricia Amateis, *CHEMISTRY: the molecular nature of matter and change*, 7th Edition, Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Copyright © 2015 by McGraw-Hill Education, 2015.
- 9) John McMurry, David S. Ballantine, Carl A. Hoeger, Virginia E. Peterson, *CHEMISTRY -Fundamentals of General, Organic, and Biological*, 7th Edition, Pearson Education Inc., Permission Department 1900 E. Lake Ave, Glenview II, 60025, 2013.
- 10) Raymond Chang, Jason Overby, *General Chemistry - The Essential Concepts*, 6th Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020, 2011.
- 11) Morris Hein, Scott Pattison and Susan Arena, *INTRODUCTION TO GENERAL, ORGANIC, AND BIOCHEMISTRY*, 10th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- 12) Martin S. Silberberg, *Principles of General Chemistry*, 3rd Edition, Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020, 2013.

İÇİNDEKİLER

1. BİYOBİLEŞİKLER.....	3
1.1. Biyokimyaya Giriş	3
1.2. Karbonhidratların Kavramı, Bölünmesi, Adlandırılması, Biyosentezi ve Önemi.....	6
1.3. Karbonhidratlarda Optik İzomerizm	11
1.4. Monosakkaritlerin Döngüsel ve Hemiasetal Formları	16
1.5. Monosakkaritlerin Kimyasal Özellikleri.....	18
1.6. Monosakkaritlerin Daha Önemli Temsilcileri.....	21
1.7. Disakkaritler	23
1.8. Polisakkaritler	29
1.9. Lipitler Kavramı, Onların Sınıflandırılması, Rolü ve Önemi	36
1.10. Yağlar ve Sıvı Yağlar	38
1.11. Amino Asitler ve Peptitler	47
1.12. Proteinlerin Yapısı ve Önemi	53
1.13. Proteinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	56
1.14. Proteinlerin Bölünmesi ve Önemli temsilcileri.....	58
1.15. Enzimler Kavramı, Onların Adlandırılması, Sınıflandırılması ve Yapısı.....	67
1.16. Enzimlerin Özellikleri ve Etkileri	69
1.17. Vitaminlerin Kavramı, Önemi ve Sınıflandırılması	77
1.18. Yağda Çözünen Vitaminler (temsilcileri, bulguları ve önemi).....	78
1.19. Suda Çözünen Vitaminler (temsilcileri, bulguları ve önemi)	81
1.20. DNA ve RNA'nın Yapısı	86
1.21. DNA ve RNA'nın Yapısı, Özellikleri ve Rolü.....	92
2. ATOMUN YAPISI VE ELEMENTLERİN PERİYODİK SİSTEMİ.....	102
2.1. Kuantum Sayıları ve Atom Orbitalleri	103
2.2. Elektron Kabuğunun Yapısı	110
2.3. Elektron Konfigürasyonu	112
2.4. Elementlerin Periyodik Tablosunun Elektron Konfigürasyonu ve Yapısı.....	117
2.5. Elementlerin Özelliklerinin Periyodik Değişimi.....	120
3. KİMYASAL BAĞLAR.....	130
3.1. İyonik Bağ	132
3.2. Kovalent Bağ - Orbitallerin Örtüşmesi	140

3.3. Kovalent Bağ ve Moleküllerin Yapısı	146
3.4. Moleküller Arası Etkileşimler ve Gazların, Sıvıların ve Katıların Yapısı ve Özellikleri	151
4. ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERDEKİ DENGELER	163
4.1. Elektrolitler, Elektrolit Ayrışması ve Elektrolit Ayrışma Derecesi	163
4.2. İyonik Reaksiyonlar	167
4.3. Brønsted ve Lowry Teorisine Göre Protolitik Süreçler, Asitler ve Bazlar	171
4.4. Suyun Otoprotolizi ve Hidrojen Göstergesi	173
4.5. Tuzların Hidrolizi	177
4.6. Çözünürlük Çarpımı	182
5. ELEKTROKİMYASAL SÜREÇLER.....	189
5.1. Elektrokimyasal Süreçler ve Elektrokimyasal Elementler	189
5.2. Galvanik Elementler ve Pratikte Önemli Galvanik Elementler	190
5.3. Elektroliz	195
5.4. Metallerin Korozyonu ve Metallerin Korozyondan Korunması	199
6. DENEYLER.....	204
7. ALFABETİK DÜZENLEME.....	213
8. KAYNAKÇA.....	219

