

ORGANİK KİMYA VE BİYOKİMYAYA GİRİŞ

Biyokimyanın tanımı ve kökenleri

Biyokimya, biçimsel olarak, yaşamın temel kimyası ile ilgilenen bilim dalıdır. *Bios, Yunancada yaşam demektir.*

Biyokimya, canlı sistemin yapısını ve fonksiyonlarını kimyasal bakımdan inceleyen bir bilim dalı olarak tanımlanır. Canlı sistemlerin yapısal ve fonksiyonel birimi hücre olduğundan, biyokimyanın fonksiyonel tanımı, “*canlı hücrelerin kimyasal yapı taşlarını ve bunların katıldığı reaksiyonları inceleyen bilim dalı*” şeklinde olur.

Biyokimya, önceleri organik kimyanın bir kolu olarak başlamıştır. Çağdaş kimyanın kurucusu sayılan Lavoisier’in organik maddelerin yanmasıyla karbondioksit ve su meydana geldiğini göstermesinden sonra, organik kimyacıların hayvansal ve bitkisel kaynaklı çeşitli bileşiklerin ayrılıp tanınması için yaptıkları çalışmalar biyokimyanın başlangıcı olmuştur.

Biyokimyanın diğer bir kökeni fizyolojidir. Kimyasal olarak yönlendirilen fizyolojiden “fizyolojik kimya” gelişmiştir; fizyolojik kimya yerine daha sonraları “biyolojik kimya” ve son olarak da “biyokimya” adı kullanılmıştır.

Biyokimyanın üçüncü kökeni tıptır. Oluşmaları yalnız biyokimyasal olarak açıklanabilen ve araştırılmaları biyokimyaya büyük bir itici güç vermiş olan metabolik hastalıklar, tıp ile biyokimya arasındaki en önemli köprüdürler.

Moleküler biyolojinin bir dalı olan genetik de son yıllarda biyokimyanın başka bir kökeni durumuna gelmiştir. Moleküler biyoloji terimi, temelde biyokimya ile veya biyokimyanın temel yaşam olaylarını moleküler düzeyde açıklamaya çalışan bir dalı ile eş anlamlıdır.

Biyokimyanın amacı ve konuları

Biyokimyanın amacı, *canlı hücrelerle ilgili kimyasal olayların moleküler düzeyde tam olarak anlaşılmasını sağlamaktır.*

Biyokimyanın öncelikli konusu ve görevi, hücre bileşenlerinin doğası hakkındaki bilgilerin toplanmasıdır.

Hücredeki kimyasal maddelerin salt tasviri, yaşayan hücrenin bir anlık durumunu gösterir; hayat olaylarını açıklamaz. Bugün, canlı hücreleri oluşturan hemen hemen tüm maddelerin sürekli değişim halinde olduklarını biliyoruz. Canlı hücrelerin olağanüstü dinamiği, yaşamın kendine özgü belirtisini gösterir; yaşam, kimyasal hareket vasıtasıyla karakterize edilir. Hücre içinde sürekli olarak meydana gelen kimyasal dönüşümlerin incelenmesi dinamik biyokimyanın görevidir. Modern biyokimya, her şeyden önce dinamik biyokimyadır. Metabolizma olaylarının anlatılması, hücreye ait maddelerin oluşumu, kimyasal enerji kazanmak için besin maddelerinin değişimi ve yıkımı, kimyasal regülasyon (düzenlenme veya düzenleme), dinamik kimyanın başlıca konularıdır. Belirli bir yapının oluşumuna katılan ve yapı elemanlarının kendine has fonksiyonlarını gösteren kimyasal olaylar da dinamik biyokimyanın konuları kapsamına girerler; dolayısıyla biyokimya ile yaşam biliminin diğer bir alanı olan fizyoloji arasında sıkı ilişkiler vardır.

Biyokimyanın önemi

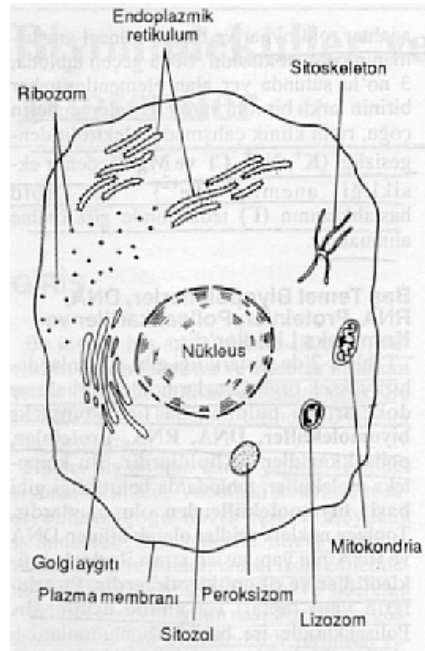
Biyokimyasal açıdan bakıldığında sağlık, vücutta gerçekleşen binlerce hücre içi ve hücre dışı reaksiyonların (olayların, tepkimelerin) tümünün, vücudun fizyolojik durumdaki maksimal yaşam süreci ile uyumlu olacak hızlarda ilerleyişidir. Sağlığın temeli, normal biyokimyasal olaylardır.

Hayvan ve insanlarda hastalıklardan sorumlu olan belli başlı faktörler şunlardır: Fiziksel etkenler, kimyasal etkenler ve ilaçlar, biyolojik etkenler, oksijen yetersizliği, genetik, immunolojik reaksiyonlar, gıda dengesizliği, endokrin dengesizlik. Bu faktörlerin her biri, hücrede veya vücutta bir ya da daha fazla sayıda kritik reaksiyonları veya molekülleri etkileyerek hastalık oluştururlar. Tüm hastalıklar, moleküllerin, kimyasal reaksiyonların ya da olayların anormallikleri sonucunda ortaya çıkar; her hastalığın bir biyokimyasal temeli vardır.

Biyokimyasal çalışmalar, hastalıkların tanı ve tedavisinde ve onlardan korunmada oldukça yararlı olmaktadır. Vitaminlerin ya da onların biyolojik olarak aktif türevlerinin hücre üzerindeki etkin rollerinin açıklanması, 20. asrın başından günümüze biyokimyacıların ve beslenme uzmanlarının başlıca ilgilendikleri konu olmuştur. Bir hastalığın belirli bir vitaminin eksikliğinden oluştuğu ortaya konduğunda, hastalığı rasyonel bir biçimde tedavi etmek için, hastaya eksik olan vitamin verilir.

Biyokimyada uygulanan işlemler ve yöntemler

Canlı sistemlerin yapısal ve fonksiyonel birimi olan hücre, nükleus, mitokondri, endoplazmik retikulum, ribozomlar, Golgi aygıtı, lizozomlar, peroksizomlar, plazma membranı (plazma zarı), bazı sitoskeletal elemanlar gibi subsellüler organelleri içerir.

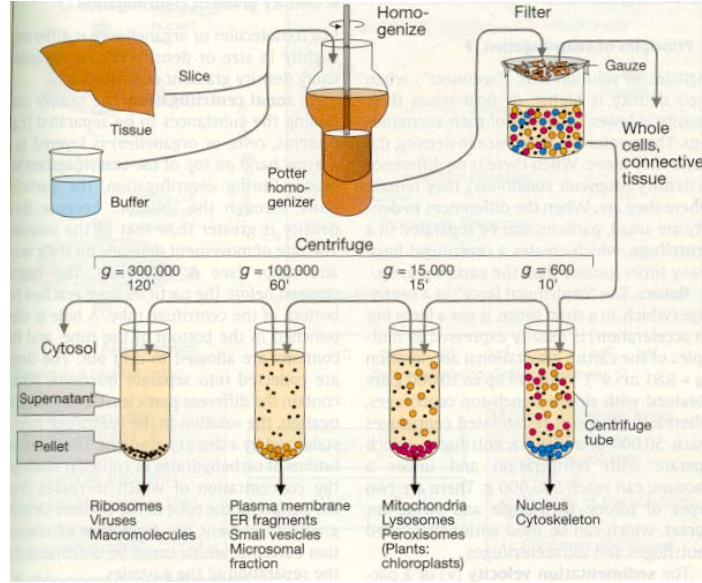


Canlı hücrelerle ilgili kimyasal olayların anlaşılması için öncelikle hücrelerdeki organellerin fonksiyonlarının anlaşılması gerekir. Herhangi bir organelin fonksiyonunu derinliğine araştırabilmek için ise öncelikle o organeli oldukça saf bir halde izole etmek gerekir. İstenirse hücredeki bir molekül de oldukça saf bir halde izole edilebilir.

Herhangi bir organeli oldukça saf bir halde izole etmek için uygulanan işlemlerin tümüne **subsellüler fraksiyonlama** adı verilir.

Subsellüler fraksiyonlama

Subsellüler fraksiyonlama, ekstraksiyon (özütleme), homojenizasyon ve ultrasantrifügasyon işlemlerini kapsar.

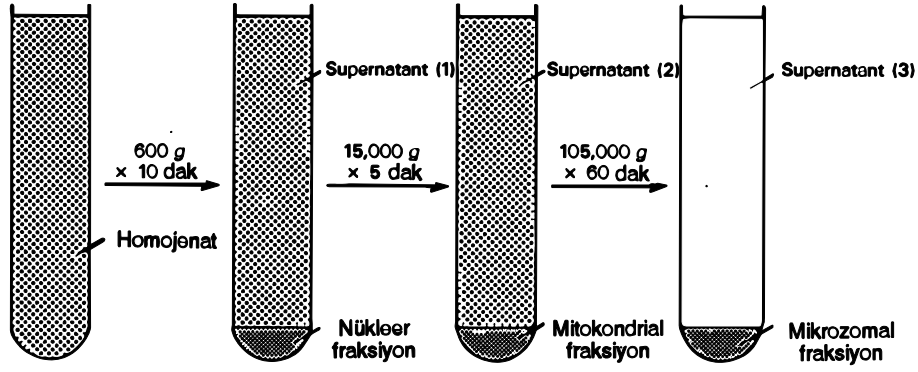


Ekstraksiyon, izole edilecek organel veya molekülü, içinde yer aldığı hücreden çıkarma işlemidir. Organellerin çoğu ve birçok biyomolekül, biyolojik aktivitelerini kolayca kaybedebildiklerinden, ılımlı koşullar altında ekstrakte edilmelidirler. Organellerin ekstraksiyonu için sık kullanılan bir çözelti, kısaca **STKM** olarak adlandırılan bir çözüldür. STKM çözeltisi, 7,4 pH'da 0,25 mol/L Sakkaroz, 0,05 mol/L TRİS-HCl tampon, fizyolojik sınırlara yakın konsantrasyonda K^+ ve Mg^{2+} iyonları içermektedir. Ekstraksiyon amacı ile kullanılan çözümlerin hepsi STKM kadar ılımlı değildir; örneğin lipidlerin ve nükleik asitlerin ekstraksiyonu için organik çözümler kullanılmaktadır.

Homojenizasyon, bir organel veya molekülü hücrelerden ekstrakte etmek için hücreyi ılımlı koşullar altında parçalama işlemidir. Homojenizasyon, homojenizatör denen aletler ile yapılır ve sonuçta homojenat diye adlandırılan bir karışım elde edilir. Homojenizasyon için, çalışılacak organın kıyılmış şekli ve örneğin STKM gibi uygun bir çözelti, homojenizatörün uygun boyutlardaki cam tüpüne konur. Cihaz çalıştırılınca cam tüpünde bir piston döner. Pistonun düzenli dönüşü, hücreler üzerinde mekanik bir güç oluşturarak hücreleri parçalar; açığa çıkan hücre içeriği ortama karışarak homojenat oluşturur. Homojenat, bütünlüğü bozulmamış birçok organel ve molekül içerir.

Ultrasantrifügasyon, bir homojenatın içerdiği yapıların santrifügal güçler vasıtasıyla ayrılması işlemidir. Bir homojenatın içerdiği yapılar, ultrasantrifüj denen cihazlar ile diferansiyel santrifügasyon yapmak suretiyle oldukça saf olarak izole edilebilirler. Diferansiyel santrifügasyon için homojenat, önce 600g'lik bir santrifüj kuvveti¹ ile 10 dakika kadar santrifüjlenir; böylece nükleer fraksiyon alt fazda çökelti olarak ayrılır. Sıvı olan üst faz (süpernatant) bir başka tüpe alınarak 15000g'lik bir santrifüj kuvvetiyle 5 dakika kadar tekrar santrifüjlenir; mitokondrial fraksiyon alt fazda çökelti olarak ayrılır. İkinci santrifüjlemenin sıvı olan üst fazı da bir başka tüpe alınarak 105000g'lik bir santrifüj kuvvetiyle 60 dakika kadar santrifüjlendiğinde mikrozomal fraksiyon alt fazda çökelti olarak ayrılır; berrak bir çözelti olan süpernatant (üst faz), sitozol fraksiyonuna uymaktadır.

¹ Santrifüj kuvveti (SK), santrifüjün dakikadaki devir sayısının (DDS) karesi ve santrifüj kolunun uzunluğu (r) ile orantılıdır: $SK = (DDS)^2 \times r \times 1,118 \times 10^{-5}$



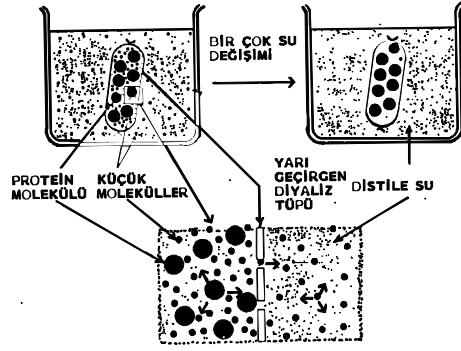
Farklı homojenizasyon ortamları ve farklı ultrasantrifügasyon protokolleri kullanılarak yapılan subsellüler fraksiyonlama işlemleri sonunda bir hücrede bulunan tüm organeller az çok saf bir şekilde izole edilebilmektedirler. Böylece hücre organellerinin fonksiyonları da incelenmiş ve anlaşılmıştır.

Biyomoleküllerin ayrılması ve saflaştırılması

Canlı sistemin bütün hücreleri içerdikleri kimyasal veya biyokimyasal maddeler bakımından birbirlerine benzerler. Fakat kimyasal veya biyokimyasal maddelerin hücrede tür ve miktarda dağılışı, hücrenin fonksiyonlarına göre farklar gösterir. Hücrelerde bulunan biyomoleküllerin yapılarının ve fonksiyonlarının anlaşılması için, bu biyomoleküllerin öncelikle saf olarak elde edilmeleri gerekir.

Biyomoleküllerin ayrılması ve saflaştırılmasında kullanılan başlıca yöntemler

- 1) **Distilasyon:** Bir sıvının buharlaştırıldıktan sonra yoğunlaştırılarak arındırılmasıdır.
- 2) **Sublimasyon:** Uçucu katı maddelerin uçurulduktan sonra yoğunlaştırılarak arındırılmasıdır.
- 3) **Liyofilizasyon:** Kaynama noktası yüksek maddelerin su buharı ile birlikte soğutucudan geçirme suretiyle yoğunlaştırılarak arındırılmasıdır.
- 4) **Flotasyon:** Suda çözünmeyen, yoğunluğu suyunkinden küçük maddelerin su yüzeyinde yüzdürülerek ayrılması işlemidir.
- 5) **Magnetik ayırma:** Magnetik özelliği olan maddelerin magnetik alan etkisiyle ayrılması işlemidir.
- 6) **Kristalizasyon:** Çözelti içindeki bir katı maddeyi, çözelti ortamının sıcaklığını değiştirerek çöktürme suretiyle çözeltideki diğer katı maddelerden ayırma işlemidir. Soğukta az çözünen maddeler çözeltinin soğutulmasıyla kristallendirilebilirler.
- 7) **Tuz ile fraksiyonlara ayırma:** Bir katı maddeyi belirli doygunlukta tuz çözeltileri kullanarak içinde bulunduğu karışımdan ayırma işlemidir. Amonyum sülfat ve sodyum sülfat gibi bazı tuzların farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri bu maksat için kullanılabilir. Örneğin yarı doymuş amonyum sülfat çözeltisinde globülinler çökerler, tam doymuş amonyum sülfat çözeltisinde de albuminler çökerler ve böylece içinde buldukları karışımlardan ayrılabilirler.
- 8) **Filtrasyon:** Sıvılarda çözünmemiş haldeki katı maddeleri uygun filtreler ile süzme suretiyle ayırma işlemidir.
- 9) **Diyaliz:** Yarı geçirgen membranlar kullanarak, bir karışımdaki kristaloid denem küçük moleküllerin kolloid denem büyük moleküllerden difüzyon yoluyla ayrılması işlemidir.

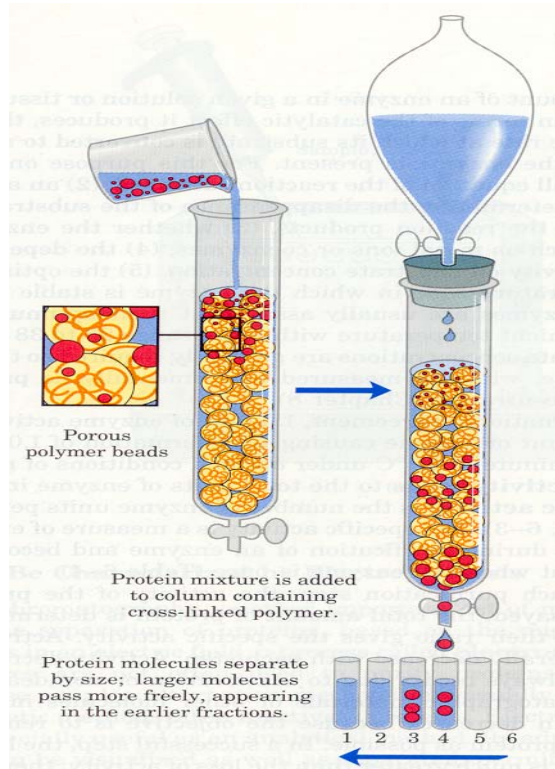


Diffüzyon, dışarıdan herhangi bir etki olmaksızın parçacıkların transportudur.

10) Ultrafiltrasyon: Yarı geçirgen membranlar (zarlar) kullanarak, bir karışımdaki küçük moleküllerin büyük moleküllerden filtrasyon yoluyla ayrılması işlemidir.

11) Konsantrasyon gradient santrifüjleme: Maddelerin dansite farklılıklarına göre santrifüjlenerek ayrılması işlemidir. Örneğin bir plastik tüp içinde sakkaroz çözeltisinin değişik konsantrasyonları ile farklı dansitelerde bölgeler oluşturulur; bileşenlerine ayrılacak karışım tüpün en üstüne konup santrifüjlendiğinde karışımın bileşenleri, dansitelerine uygun bölgelere yerleşirler ve böylece birbirlerinden ayrılmış olurlar.

12) Kromatografi: Farklı fazlardaki denge esasına dayanarak, bir hareketli faz ile bir sabit faz yardımıyla bir karışımın bileşenlerine ayrılması işlemidir. Kromatografi için hareketli faz, sabit faz ve bileşenlerine ayrılacak karışım ile kimyasal tepkimeye girmeyen uygun bir çözelti olabilir; sabit faz olarak da genellikle farklı çaplarda tanecik büyüklükleri olan kristal veya amorf yapıdaki maddeler kullanılır. İşlem sırasında, bileşenlerine ayrılacak konsantre haldeki karışım, sabit fazın başlangıç bölgesine konur; sonra sabit fazın başlangıç bölgesinden ileriye doğru hareketli faz ilerletilir. Hareketli faz, ilerleyişi sırasında çözdüğü karışımdaki maddeleri de sabit faz üzerinde değişik hızlarda ilerletir; bileşenler, sabit fazın farklı bölgelerinde tutulurlar ve böylece birbirlerinden ayrılırlar:



Ayırma mekanizmalarına göre ve ayırıcı materyale göre çeşitli kromatografi teknikleri vardır.

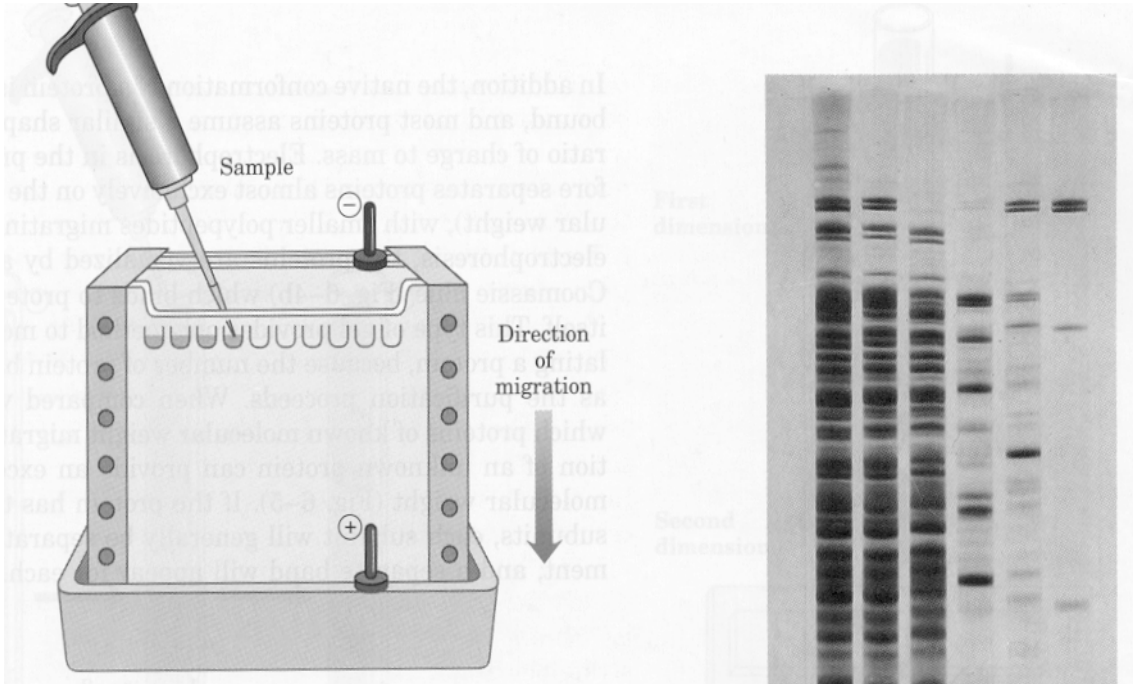
Ayırma mekanizmalarına göre kromatografi çeşitleri şunlardır:

- a) İyon değişirme kromatografisi
- b) Jel filtrasyon kromatografisi
- c) Adsorpsiyon kromatografisi
- d) Partisyon kromatografisi
- e) Affinite kromatografisi

Ayırıcı materyale göre kromatografi çeşitleri şunlardır:

- a) Düzeyssel kromatografi:
 - + İnce tabaka kromatografisi
 - + Kağıt kromatografisi
- b) Kolon kromatografisi:
 - + Gaz kromatografisi (GC)
 - + Likit kromatografisi (LC)
 - + Yüksek performans likit kromatografisi (HPLC)

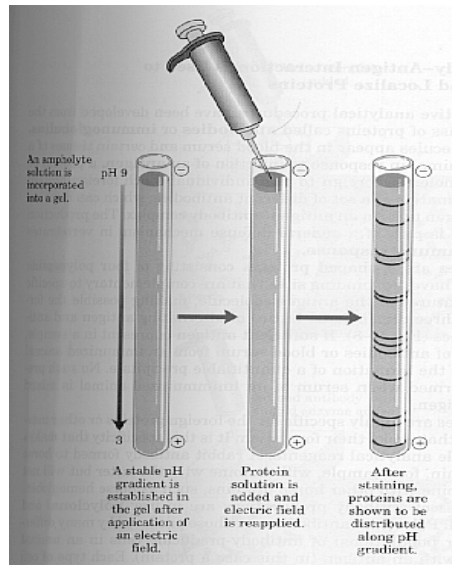
13) Elektroforez: Yüklü taneciklerin elektriksel bir alanda farklı göçme hızlarına dayanan ayırma işlemidir. İşlem sırasında, ayrılacak yüklü tanecikleri içeren karışım, az çok inert bir taşıyıcı materyal üzerine konur; sonra uygun bir tampon çözelti içine alınan taşıyıcı materyalin iki ucuna uygun bir elektrik akımı uygulanır. Belirli bir süre sonra yüklü tanecikler, elektriksel alandaki göçme hızlarına göre, taşıyıcı materyalin farklı yerlerinde olurlar ve böylece birbirlerinden ayrılırlar.



Taşıyıcı materyalin özelliğine göre çeşitli elektroforez teknikleri vardır; bu teknikler şunlardır:

- a) Kağıt elektroforezi
- b) Nişasta jel elektroforezi
- c) Agaroz jel elektroforezi (AGE)
- d) Sellüloz asetat elektroforezi (CAE)
- e) Poliakrilamid jel elektroforezi (PAGE)

14) İzoelektrik Fokuzing: Zwitterion yani iç tuz yapısındaki maddelerin pH gradientinde elektroforezidir. Elektroforez, bir uçtan diğer uca giderek değişen pH değerlerine sahip taşıyıcı materyal kullanarak yapılır. Zwitterion yapısındaki maddeler, elektroforez sonunda, taşıyıcı materyal üzerinde, izoelektrik noktalarına eşit pH bölgelerinde kalırlar ve böylece birbirlerinden ayrılmış olurlar:



15) Ultrasantrifügasyon: Dansiteleri farklı maddelerin ultrasantrifüjlerde santrifüjleme suretiyle santrifügal güçler vasıtasıyla ayrılması işlemidir.

Bir biyomolekülü herhangi bir başka biyomolekül ile bir arada olmaksızın saflaştırmak için yukarıdaki işlemlerin birkaçının art arda uygulanması gerekir. Biyokimyanın inceleme konusu olan canlı hücrelerin kimyasal yapı taşları bu yolla saf olarak elde edilmiş ve incelenmiştir.

Canlı hücrelerin bilinen kimyasal yapı taşları

1) Organik maddeler:

- a) Karbonhidratlar
- b) Proteinler, amino asitler ve peptitler
- c) Enzimler
- d) Lipidler
- e) Nükleotidler ve nükleik asitler
- f) Porfirinler
- g) Hormonlar
- h) Vitaminler

2) İnorganik maddeler:

- a) Mineraller
- b) Su

Bir molekülün yapısını belirleme yöntemleri

Bir molekül saflaştırıldıktan sonra yapısının belirlenmesi gerekir; böylece yapı ve fonksiyon arasındaki ilişkiler ayrıntılı olarak anlaşılabilir. Biyokimya alanındaki ilerlemeler, saflaştırma, analiz ve molekül yapısının belirlenmesinde uygulanacak yeni yöntemlerin geliştirilmesine bağlıdır.

Biyomoleküllerin yapılarını belirlemek için kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- 1) Element analizi
- 2) Spektroskopi:
 - a) Mor ötesi (Ultraviyole, UV) ve görünür ışın spektroskopisi
 - b) Kızıl ötesi (İnfrared, IR) ışın spektroskopisi
 - c) Nükleer magnetik rezonans (NMR) spektroskopisi
- 3) Asit veya alkali ile hidroliz. *Hidroliz, büyük bir organik moleküle su katılmasıyla, büyük molekülün iki küçük moleküle ayrılması olayıdır.*
- 4) Enzim ile hidroliz
- 5) Kütle spektrometrisi
- 6) Spesifik dizeleme yöntemleri
- 7) X-ışını kristalografisi.

1) Element analizi, bir organik bileşiği oluşturan elementlerin belirlenmesi, bu elementlerin yüzdelerinin tayini ile kaba formül, molekül ağırlığı ve molekül formülünün bulunması işlemleridir.

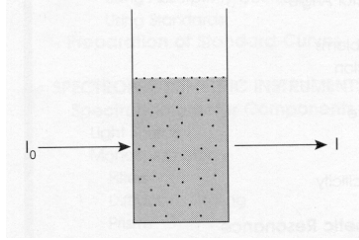
2) Spektroskopi (Spektrofotometri), elektromagnetik dalgalar yardımıyla, spektrofotometre denilen aletler kullanılarak yapılan analiz yöntemidir.

Doğadaki elektromagnetik dalgalar, farklı dalga boyları ile bir spektrum (tayf) oluştururlar. Elektromagnetik dalga spektrumunda 50 nm ve daha küçük dalga uzunluğundaki ışınlar gamma ışınlarıdır; 50-380 nm arasında dalga uzunluğundaki ışınlar mor ötesi yani ultraviyole (UV) ışınlarıdır; 380-780 nm arasında dalga uzunluğundaki ışınlar görünür ışınlarıdır; 780-314000 nm arasında dalga uzunluğundaki ışınlar kırmızı ötesi (kızıl ötesi) yani infraruj (infrared, IR) ışınlarıdır; 314000 nm ve daha büyük dalga uzunluğundaki elektromagnetik dalgalar radyo dalgalarıdır.

*Tungsten flamandan veya güneş ışığından çıkan ışık da bir spektrum (tayf) oluşturur. Görünür spektrumda 380-450 nm **menekşe** renktir; 450-500 nm **mavi** renktir, 500-570 nm **yeşil** renktir; 570-590 nm **sarı** renktir; 590-620 nm **turuncu** renktir; 620-780 nm **kırmızı** renktir.*

Bir madde elektromagnetik dalga spektrumunda 380-780 nm uzunluğundaki görünür ışınların hepsini yansıtıyorsa beyaz görünür; hepsini soğuruyorsa siyah görünür. Görünür spektrumda mavi rengi soğuran bir madde sarı renkli, sarı rengi soğuran bir madde mavi renkli görünür; yeşil rengi soğuran bir madde kırmızı renkli, kırmızı rengi soğuran bir madde yeşil renkli görünür. Sarı-mavi ve kırmızı-yeşil renk çiftlerine tamamlayıcı renkler denir; bu renklerin uygun oranda karışımı ile diğer renkler meydana gelir. Üç temel renk, sarı, gök mavisi ve morumsu kırmızı (pembe)'dir.

İçerisinde organik moleküller bulunan bir çözeltilerden UV-görünür bölge ışınları geçerse, çözelti bu ışınların bir kısmını seçimli olarak soğurur (absorpsiyon), diğerlerini ise çok az soğurur veya olduğu gibi geçirir (transmisyon). Bunun sonucu olarak renkli bir çözeltilerden geçen ışık zayıflamış olur; çözeltilerden çıkan ışık şiddeti (I), çözeltilere giren ışık şiddetinden (I₀) daha küçüktür.



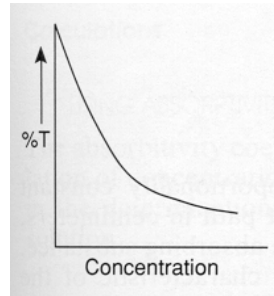
Çözeltilerden çıkan ışık şiddetinin çözeltilere giren ışık şiddetine oranı (I/I₀), **transmittans (T)** olarak tanımlanır:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

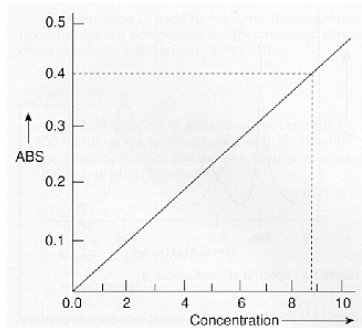
Transmittans, genellikle %Transmittans (%T) olarak ifade edilir:

$$\%T = \frac{I}{I_0} \times 100$$

Çözeltide ışık soğuran maddelerin konsantrasyonu arttıkça daha çok ışık soğurulur; daha az ışık geçer. Konsantrasyon ile %T arasındaki ilişki vardır; fakat bu ilişki lineer değildir:



Konsantrasyon ile $\log \frac{1}{T}$ olarak tanımlanan **absorbans (A; optik dansite)** arasında lineer bir ilişki vardır:



$$A = \log \frac{1}{T} = -\log T = -\log \frac{I}{I_0}$$

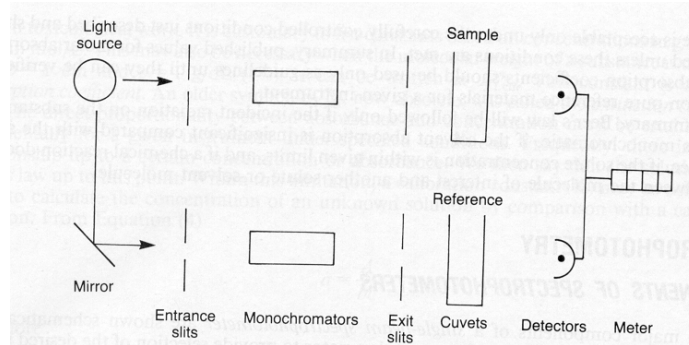
Absorbans, yüzde transmittans ve çözeltilerdeki maddelerin konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi **Lambert-Beer yasası** ifade eder: *İçinde çözelti bulunan bir küvetten geçen ışığın*

transmittansı (I/I_0), ışık yolu veya kuvvet çapının (l) artmasıyla azalır; ayrıca dilüe çözeltinin absorpsiyonu (A), çözeltinin konsantrasyonu (c) ile doğru orantılıdır. ϵ absorptivite katsayısı olarak gösterildiğinde Lambert-Beer yasasının matematiksel ifadesi şu şekilde olur:

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot c \cdot l$$

*Renkli çözeltilerde renk şiddetinin ölçülmesine dayanan konsantrasyon veya madde miktarı ölçüm yöntemi, **kolorimetri** veya **fotometri** olarak bilinir. Analiz edilen örnek üzerine ışık demetinin bir kısmını filtreler kullanarak ayıran ve gönderen aletler **kolorimetre** veya **fotometre** olarak adlandırılırken, yarıklar ya da prizmalar aracılığı ile bu seçiciliği yapan aletler **spektrofotometre** olarak adlandırılırlar; kolorimetreler (fotometreler) ve spektrofotometreler, geçen ışık demetinin dalga boyunun seçilmesi yöntemi bakımından birbirinden farklıdır.*

***Mor ötesi (Ultra viyole, UV) ve görünür ışın spektroskopisi (Spektrofotometri)** için kullanılan spektrofotometrelerde biri UV ışık kaynağı (deuteryumlu lamba), diğeri görünür ışın kaynağı (tungsten telli lamba) olmak üzere iki ışık kaynağı bulunur. Kaynaktan çıkan ışık, monokromatöre girer ve spektrumlarına ayrılır. Çözeltideki madde için uygun seçilen dalga boyunda dar bir spektruma ayrılan ışık, kesikli ışın şekline dönüştürülerek ikiye ayrılır. Oluşan iki ışımdan birisi örnekten diğeri referanstan (konsantrasyonu bilinen standart) geçerek fotometreye ulaşır ve orada elektrik akımına dönüştürülerek yükseltilir ve yazıcıda grafik haline dönüştürülür. Örneğin ve standardın absorpsiyonları veya optik dansiteleri (A , OD) karşılaştırılıp matematiksel işlemler yapılarak da örnekteki maddenin konsantrasyonu bulunur:*



$$A_{\text{ö}} = \epsilon \cdot c_{\text{ö}} \cdot l$$

$$A_{\text{std}} = \epsilon \cdot c_{\text{std}} \cdot l$$

$$\frac{A_{\text{ö}}}{A_{\text{std}}} = \frac{\epsilon \cdot c_{\text{ö}} \cdot l}{\epsilon \cdot c_{\text{std}} \cdot l}$$

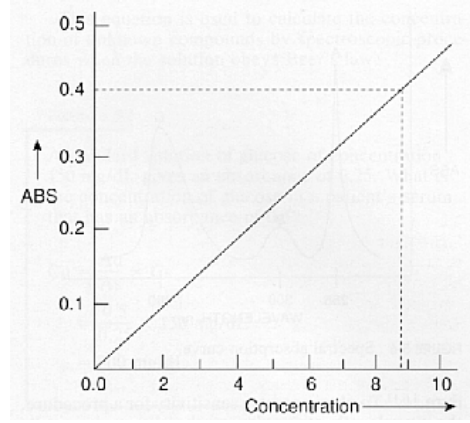
$$\frac{A_{\text{ö}}}{A_{\text{std}}} = \frac{c_{\text{ö}}}{c_{\text{std}}}$$

$$c_{\text{ö}} = (A_{\text{ö}} / A_{\text{std}}) \cdot c_{\text{std}}$$

$$c_{\text{ö}} = (c_{\text{std}} / A_{\text{std}}) \cdot A_{\text{ö}}$$

$$c_{\text{ö}} = (\text{Faktör}) \cdot A_{\text{ö}}$$

İstenirse, çeşitli konsantrasyonlardaki standart çözeltilerin, belirli uygun bir dalga boyunda ışık için absorpsiyon değerleri ayrı ayrı ölçülüp bir grafik kağıdına konsantrasyonlara karşı işaretlenerek standart grafiği çizilir:



Örneğin absorbansı bir köre (absorbansı sıfır kabul edilen) karşı ölçülür; ölçülen absorbansa karşı gelen konsantrasyon da standart grafikten bulunur.

Spektrofotometrenin kantitatif amaçlarla kullanılabilmesi için, ölçümü yapılacak olan maddenin maksimumu absorbans gösterdiği dalga boylarının saptanması ve buna göre fotometride kullanılacak ışığın renkli sıvının tonuna göre değişen tek renkli bir ışık olarak seçilmesi gerekir. Her bir kimyasal yapının ışığı kuvvetli absorpladığı ve daha az ya da hiç absorplamadığı dalga boyları vardır. Ölçümü yapılacak maddeyi ilgilendiren dalga boyunu elde etmek için renkli cam filtreler veya prizmalar kullanılır; örneğin 540 nm filtresi, dalga boyu 540 nm ve ona yakın olan ışınları geçirir, diğer tüm ışınları absorplar. Işık kaynağı olarak cıvalı veya kadmiyumlu lambalar ve özel filtreler kullanılarak oldukça dar aralıkta değişen dalga boyunda ışınlar elde edilebilmektedir.

Spektrofotometrelerde konsantrasyonu bilinen bir standart çözeltinin absorpladığı ışık miktarı (absorbans, optik dansite) ile konsantrasyonu bilinmeyen çözeltinin absorpladığı ışık miktarı karşılaştırıldığından, fotometride kullanılacak ışık, çözeltinin kuvvetli absorpladığı dalga boyunda seçilir; örneğin kırmızı renkli sıvı için yeşil dalga boyunda (yeşil renkli sıvı için kırmızı dalga boyunda), mavi renkli sıvı için sarı dalga boyunda (sarı renkli sıvı için mavi dalga boyunda) ışık seçilir.

Fotometrik ölçümlerde renkli sıvılar, küvet denilen saydam kaplara konulmakta ve bu küvetler alete yerleştirilmektedir. Cam veya plastikten yapılmış olan küvetler genellikle kare şeklindedirler; tüp şeklinde de olabilirler. 380 nm'nin altındaki dalga boylarını kullanan ölçümlerde, UV ışığı absorplamayan kuvars küvetler kullanılır. Küvetler, hacimlerine göre makro, mikro, semimikro, ultramikro olarak isimlendirilirler. Küvetlerde ışığın katettiği yol (küvet genişliği), genellikle 1 cm'dir.

Spektrofotometrede kullanılan küvetler, temiz ve optik olarak saydam olmalıdır. Küvetlerin temizliği, bol miktarda musluk suyu ve distile su ile yıkama suretiyle yapılır. Küvetler, hafif deterjanla temizlenebilir veya HCl/su/etanol (1/3/4) (v/v/v) çözeltisi içine daldırılabilirler. Ancak küvetler cam malzeme temizliğinde kullanılan potasyum dikromat çözeltisi içine konmamalıdır; potasyum dikromat, camın üzerinde kalarak küvetin rengini bozar. Alkali çözeltiler de camı yavaşça çözerek incelteceklerinden, küvetlerin içinde uzun süre bırakılmamalıdır.

Kızıl ötesi (infrared; IR) ışın spektroskopisinin temeli de dalga uzunluğu 3-30 mm olan orta boy IR ışınların, organik moleküllerdeki kimyasal bağların gerilme ve eğilme titreşimlerine neden olması, bu olayın enerji soğurulmasına yol açmasıdır. Soğurulan enerji, ışın şiddetinin azalmasına neden olur. Işın şiddetinin azalması duyarlı bir fotometrede algılanır, elektrik akımına çevrilerek büyütülür ve kaydedilir. Herhangi bir organik maddenin, dalga boyuna

karşı %Transmittansın grafiğe geçirilmesi suretiyle bulunan IR spektrumu, bilinen maddelere ait IR spektrumlarla karşılaştırılarak maddenin ne olduğu anlaşılabilir.

Nükleer magnetik rezonans (NMR) spektroskopisi, bazı atom çekirdeklerinin magnetik niteliğinden yararlanarak organik moleküllerin bazı özelliklerini grafiğe geçirme yöntemidir. Bu grafiklerin yorumlanmasıyla organik molekülün yapısı hakkında değerli bilgiler elde edilebilir. Atom çekirdekleri, içerdikleri protonlardan dolayı pozitif elektrik yükü taşımaktadırlar. Buna bağlı olarak ve çekirdeğin kendi eksenini etrafında dönmesinin sonucu olarak bazı çekirdeklerde magnetik bir moment¹ meydana gelir. Bu moment, çok küçük bir mıknatıs gibidir; güçlü bir magnetik alan içinde aynı yönde (düşük enerjili) ve zıt yönde (yüksek enerjili) olarak yönlenebilir. Dışarıdan uygulanan titreşimli bir elektromagnetik alanla yüksek ve düşük enerjili yönlendirmelerin birbirine dönüşmesi uyarılarak bir elektrik akımı oluşturulur ve oluşan elektrik akımı, grafik şeklinde kaydedilir. Böylece bilinen maddelere ait belirli NMR spektrumları elde edilmiştir. Herhangi bir maddenin bulunan NMR spektrumu, bilinen maddelere ait NMR spektrumlarla karşılaştırılarak organik maddenin ne olduğu anlaşılabilir.

Biyokimyasal reaksiyonların incelenmesi

Bir veya birden çok basit bileşikten daha kompleks bir bileşiğin biyosentezi ve bir bileşiğin son ürüne parçalanması sırasında bir seri reaksiyon olur.

Bir bileşiğin biyosentezi veya parçalanması sırasındaki reaksiyonlar serisi **metabolik yol** olarak tanımlanır; biyosentez yolu **anabolizma** olarak, parçalanma yolu ise **katabolizma** olarak adlandırılır.

Kompleks bir biyokimyasal olayın veya belirli bir metabolik yolun incelenmesinde kullanılan stratejiler, çok aşamalı ve komplekstir. Bu stratejiler için birkaç nokta önemlidir:

- 1) Biyokimyasal bir olayı moleküler düzeyde anlayabilmek için, her komponenti (bileşeni) saf olarak izole etmek ve tanımlamak mutlaka gereklidir.
- 2) Deney ortamında tek tek komponentleri sistematik olarak bir araya getirerek biyokimyasal olayı yeniden oluşturmak da önemlidir. Eğer komponentler biraraya toplandığı halde biyokimyasal olay gerçekleşmiyorsa, kritik bir komponent tanımlanmamış ve ortama katılmamış olabilir.
- 3) Nükleer magnetik rezonans (NMR) spektroskopisi ve pozitron emisyon tomografisi (PET) taraması gibi son teknolojik gelişmeler sayesinde bazı biyomoleküllerin tüm organ düzeyinde saptanması ve zaman içinde miktarlarındaki değişimlerin izlenmesi mümkün olabilmektedir.
- 4) Eğer farklı düzeylerdeki yaklaşımlar ile elde edilen sonuçlar tutarlı ise, incelenen biyokimyasal olayın anlaşılmasında gerçekten yol alınıyor demektir. Çeşitli yaklaşımlar kullanıldığında önemli tutarsızlıklar ortaya çıkıyorsa, bunun nedenleri araştırılmalıdır.
- 5) Taslakları açıklanan preparatlar ve analiz yöntemleri, açlık-tokluk gibi farklı metabolik durumları veya belirli hastalıkları bulunan hayvanlardaki biyokimyasal değişimleri incelemek için kullanılır.
- 6) Biyokimyasal olayların incelenmesinde ağır izotopların ve radyoaktif izotopların da önemli katkıları olmuştur. **İzotoplar**, bir elementin nötron sayıları farklı olan atomlarıdır. Bunların radyoaktif özellik yani kendiliğinden α -, β -, γ -ışınları gibi ışınlar yayanlarına radyoaktif izotoplar denir; diğerleri de ağır izotoplar olarak adlandırılırlar. Biyolojik sistemlerde kullanılan başlıca stabil **ağır izotoplar** D^2 , N^{15} ve O^{18} , dir; **radyoaktif izotoplar** da H^3 , C^{14} , P^{32} , S^{35} , I^{125} ve I^{131} , dir.

¹ Moment: Hareket oluşturma kabiliyeti.

Çözüm bekleyen problemler

Biyokimyadaki yoğun bilgi birikimine rağmen, biyokimyanın birçok alanında bilinenler oldukça azdır. Çözüm bekleyen iki ana problem, gelişme-farklılaşmanın ve beyin fonksiyonlarının biyokimyasal temelleri ile ilgilidir.

Genetik materyalin kimyasal niteliği günümüzde iyice bilinmekle beraber, gelişme sırasında genleri harekete geçiren ya da durduran mekanizmalarla ilgili hemen hiçbir şey bilinmemektedir. Hücrelerin nasıl farklılaştıkları ve nasıl kanserojen hale geldiklerinin anlaşılmasında gen regülasyonunun belirlenmesi anahtar rolü oynamaktadır. Ancak, hem normal hem de malign hücrelerde hücre bölünmesi ve büyümesinin düzenlenmesi ile ilgili bilgiler henüz çok yetersizdir.

Bilinç ve hafıza gibi kompleks nöral fenomenin biyokimyasal temelleri hakkında da hemen hiçbir şey bilinmemektedir.

Hücre sekresyonunun mekanizmaları ile ilgili bilgiler çok sınırlıdır.

Belli ilerlemeler gerçekleşmiş olsa da belli başlı genetik hastalıkların çoğunun temeli bilinmemektedir.

Organizmanın elementer yapısı

Canlı maddede çoğunlukla hafif elementler bulunur. Doğal olarak oluşan 90'dan fazla kimyasal elementin yalnızca yaklaşık 30'u canlı organizmalar için gereklidir; canlı organizmalar için gerekli elementlerin çoğu da küçük atom numaralıdır.

Karbon (C), hidrojen (H), azot (N), oksijen (O), fosfor (P), kükürt (S), sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) elementleri hücrelerin ve dokuların yapısal komponentleridir ve günlük diyetle gram düzeylerinde alınmaları gerekir. Bu elementler makro elementler olarak bilinirler. *Canlı organizmalarda en bol bulunan elementler karbon (C), hidrojen (H), azot (N), oksijen (O), fosfor (P), kükürt (S) elementleridirler.*

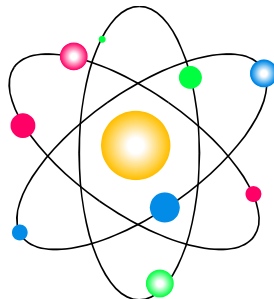
Demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), çinko (Zn), manganez (Mn), selenyum (Se), molibden (Mo), nikel (Ni), iyot (I), krom (Cr), vanadyum (V), fluor (F) elementleri hücrelerde ve dokularda çeşitli biyolojik fonksiyonlara sahiptirler ve günlük diyetle çok az miktarlarda alınmaları gerekir. Bu elementler iz elementler olarak bilinirler.

Lityum (Li), bor (B), alüminyum (Al), arsenik (As), brom (Br), kadmiyum (Cd) elementleri de hücrelerde ve dokularda olasılıkla bulunurlar.

Elementlerin en küçük temel kimyasal yapı taşı atomlardır; öncelikle atomlar hakkında bilinenleri anımsayalım.

Atomun yapısı

Atom, pozitif yüklü bir çekirdek ve bunun etrafında yoğunluğu yer yer azalıp çoğalan negatif yüklü bir elektron bulutundan meydana gelmiştir:



Atomun büyüklüğünün ancak onda birini çekirdek oluşturur; geriye kalan büyük hacim ise elektron bulutu tarafından doldurulmaktadır. Bir atomun çapı 0,2-0,5 nm kadardır.

1) Atom çekirdeği, başlıca genel olarak nükleon olarak adlandırılan proton ve nötronlardan meydana gelmiştir. Atom çekirdeğindeki proton ve nötron sayılarının toplamı, *elementin atom ağırlığı (A)* veya *elementin kütle numarası* olarak tanımlanır. Bir elementin her atomu için proton sayısı belirlidir ve bu sayı, *elementin atom numarası (Z)* olarak tanımlanır. Bir elementin her atomundaki nötron sayısı ise değişebilir. Örneğin her klor atomunda 17 proton olmasına karşılık bazı klor atomlarında 18 bazı klor atomlarında da 20 nötron bulunabilir; böylece atom ağırlıkları farklı çeşitli klor atomları olabilir.

Bir elementin nötron sayıları farklı olan atomlarının *izotoplar* olarak tanımlandığını biliyoruz. Doğadaki elementler, belirli oranlarda izotop atomlar içermektedirler; bu nedenle atom ağırlıkları tam sayılar değildir. Biyokimyada önemli bazı elementlerin atom numaraları ve atom ağırlıkları aşağıdaki gibidir:

Element	Sembol	Atom No	Atom Ağırlığı	Element	Sembol	Atom No	Atom Ağırlığı
Hidrojen	H	1	1,008	Sodyum	Na	11	22,99
Karbon	C	6	12,01	Magnezyum	Mg	12	24,31
Azot	N	7	14,01	Potasyum	K	19	39,1
Oksijen	O	8	16,00	Kalsiyum	Ca	20	40,08
Fosfor	P	15	30,97	Demir	Fe	26	55,85
Kükürt	S	16	32,06	Bakır	Cu	29	63,55
Klor	Cl	17	35,45	İyot	I	53	126,9

Atom ağırlığı yerine atom kütlesi de denebilir. Bir atomun gerçek kütlesi 10^{-24} - 10^{-22} g kadardır. Genel olarak bilinen atom kütleleri, bir karbon (C) atomu kütlesinin 1/12'si olan atom kütle birimi (akb) veya Dalton (Da) olarak ifade edilir ki bu değer yaklaşık $1,66 \times 10^{-24}$ g'dir.

2) Elektronlar, çekirdeğin etrafında yoğunluğu yer yer azalıp çoğalan elektron bulutları halinde bulunurlar. Elektron bulutları, çekirdeğin etrafında olağanüstü bir düzene göre saniyede $2,18 \times 10^8$ cm hızla hareket etmektedirler. Bir element atomunda proton sayısı kadar elektron bulunur; bu nedenle atom, dışarıya karşı nötral bir durum gösterir.

Elektronların çekirdek etrafında hızla dönmeleri ile meydana getirdikleri bulutlar, farklı enerji seviyelerine sahiptirler. Atom çekirdeği etrafında elektron enerji seviyeleri, çekirdeğe en yakından itibaren K, L, M, N, O, P ve Q gibi harfler ile ifade edilir; bunlar da elementlerin periyodik tablosundaki 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 periyot numaralarına uyar. Atom çekirdeğine en yakın olan K (n=1) enerji seviyesinde bulunan elektronlar, enerjileri en düşük olanlardır; çekirdeğe en uzak enerji seviyesinde bulunan elektronlar ise enerjileri en yüksek olanlardır.

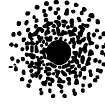
Atom çekirdeği etrafındaki her enerji seviyesinde bulunabilecek elektron sayısı sabittir. Örneğin K enerji seviyesinde en fazla 2 elektron, L enerji seviyesinde en fazla 8 elektron, M enerji seviyesinde en fazla 16 elektron, N enerji seviyesinde en fazla 32 elektron bulunabilir.

Lois De BROGLI'nin elektronun dalga özelliğini ortaya koymasından ve HEIZENBERG'in elektronun hızı ve konumunun aynı anda belirlenemeyeceğine ilişkin belirsizlik prensibini ileri sürmesinden sonra elektronların atom içinde yörüngelerinin izlenmesinin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır. Buna göre de belirli bir enerji seviyesindeki bir elektronun

atom çekirdeği etrafında % 90 veya daha fazla olasılıkla bulunduğu yörüngeler **orbital** olarak tanımlanmıştır.

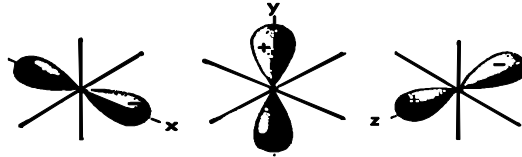
Bir elektronun bulunma olasılığının en fazla olduğu yörüngeler olan orbitaller çeşitlidirler ve belirli bir enerji seviyesinde atom çekirdeğine en yakın olandan itibaren **s, p, d, f orbitalleri** olarak isimlendirilirler.

s orbitalinde elektronun her noktada bulunma olasılığı aynıdır ve dolayısıyla bu orbitalde uzaydaki yük dağılımı küresel simetriktr.



s orbitalinde en fazla 2 elektron bulunabilir; bunların enerjileri eşit, fakat dönüşleri (spinleri) zıt yönlüdür. *Bir orbitalde bulunan iki elektron genellikle $\uparrow\downarrow$ şeklinde gösterilir.*

p orbitalinde elektronların çekirdek etrafında bazı yerlerde bulunma ihtimali daha fazladır. Bu nedenle p orbitali, ağız kısımları birbirine dönük ve bir merkezde birleşmiş, şişirilmiş iki balon veya haltere benzer şekildedir. Ayrıca bir p orbitali, birbirine dik x, y ve z eksenleri üzerinde bulunmak üzere *üç alt yapı* şeklinde bulunur.



p orbitalinde elektronların şişkinliklerin her birinde bulunma olasılığı aynıdır. Bir p orbitalinin her alt yapısında enerjileri eşit fakat spinleri zıt yönlü 2 elektron, dolayısıyla orbitalin tamamında 6 elektron bulunabilir.

d orbitalinde de elektronların çekirdek etrafında bazı yerlerde bulunma ihtimali daha fazladır. Bu nedenle d orbitali, ağız kısımları birbirine dönük ve bir merkezde birleşmiş, şişirilmiş dört balon şeklindedir; ayrıca bir d orbitali, *beş alt yapı* şeklinde bulunur. Bir d orbitalinin her alt yapısında da enerjileri eşit fakat spinleri zıt yönlü 2 elektron, dolayısıyla orbitalin tamamında 10 elektron bulunabilir.

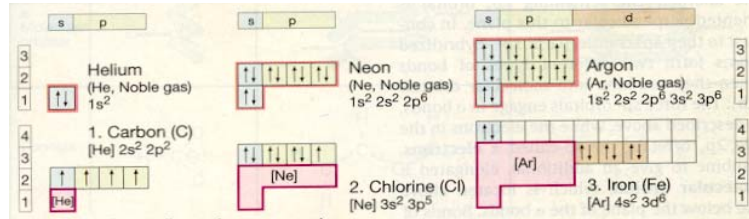
f orbitallerinde yük dağılımı, d orbitallerinden daha karmaşıktır. f orbitalleri, uzayda farklı yönlere dağılmış *yedi alt yapı* içermektedirler. Bir f orbitalinin her alt yapısında da enerjileri eşit fakat spinleri zıt yönlü 2 elektron, dolayısıyla orbitalin tamamında 14 elektron bulunabilir.

Orbitaller her enerji seviyesinde bulduklarından enerji seviyesini ifade eden numara ile birlikte gösterilirler:

K (n=1) de	1s				<i>en fazla 2 elektron</i>
L (n=2) de	2s	2p			<i>en fazla 8 elektron</i>
M (n=3) te	3s	3p	3d		<i>en fazla 18 elektron</i>
N (n=4) te	4s	4p	4d	4f	<i>en fazla 32 elektron</i>
O (n=5) te	5s	5p	5d	5f	
P (n=6) da	6s	6p	6d		
Q (n=7) de	7s				

Bir atomda elektronların orbitallere dağılımı, elementlerin kimyasal özelliklerini belirler. Dolu bir 1s orbitalinin elektronik konfigürasyonu, helyum (He) asal gazınıninkine benzer. 1s, 2s ve 2p orbitallerinin hepsi dolu ise elektronik konfigürasyon, neon (Ne) asal gazınıninkine benzer. 1s, 2s, 2p, 3s, 3p orbitallerinin hepsi dolu ise elektronik konfigürasyon, argon (Ar) asal gazınıninkine benzer. *Asal gazlar stabildirler; hiçbir kimyasal reaksiyona katılmazlar.*

Bir atomdaki elektronların orbitallere dağılımında elektronik konfigürasyon, atomun elektron kabuğu olarak tanımlanır. Hidrojen (H) atomunun elektron kabuğunda 1 elektron vardır; bir asal gazdakine benzer bölüm yoktur. Karbon (C) atomunun elektron kabuğunda helyumdakine (He) benzer bir bölüm vardır ve bu bölümün dışında (dış elektron kabuğunda) da 4 elektron bulunur. Demirin (Fe) elektron kabuğunda argondakine (Ar) benzer bir bölüm vardır ve bu bölümün dışında (dış elektron kabuğunda) da 3d orbitalinde 6 ve 4s orbitalinde 2 olmak üzere toplam 8 elektron bulunur:



Elementlerin periyodik tablosu, atomların özellikleri hakkında bilgi vermektedir:

Orbital hibridizasyon ve kimyasal bağlar

Biyomoleküllerin çoğu karbon (C) ile hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), kükürt (S) veya fosforun (P) birleşmesinden oluşmuşlardır. Bu ametal atomları arasında stabil kovalent bağlar, atomların orbitallerinin bazılarının moleküler orbitaller oluşturularının sonucu olarak meydana gelirler.

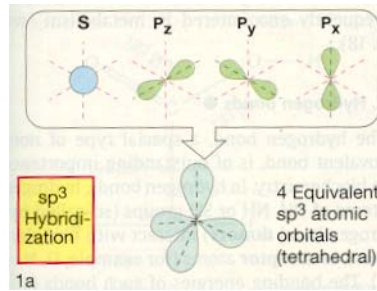
Dış elektron kabuklarında eşlenmemiş elektronlara sahip iki atom, eşlenmemiş elektronlarını moleküler orbitalde eşleyerek birbirlerine bağlanırlar. Böylece iki atom arasında ortaklaşa kullanılan her elektron çiftinden bir **kovalent bağ** oluşur:



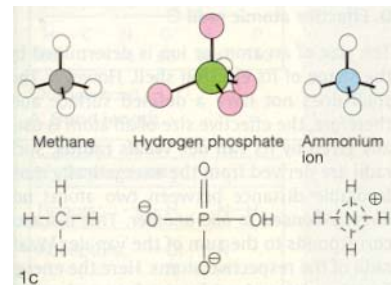
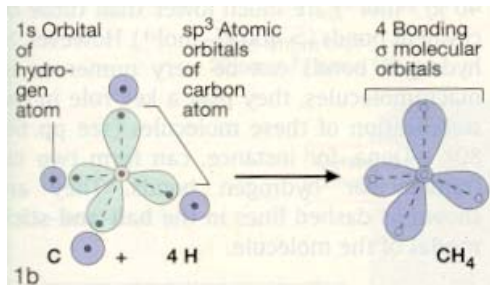
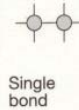
Orbital hibridizasyonu

Karbon (C) atomu 2s ve 2p orbitallerinde eşlenmemiş 4 elektrona sahip olduğundan 4 kovalent bağ oluşturabilir. 2s orbitali küresel şekilli olduğu halde üç 2p orbitali x, y ve z eksenleri boyunca yerleşmiş halterlere benzer şekillidir. Buna göre karbon atomları için en azından iki farklı moleküler orbital tipinin var olduğu akla gelir. Fakat orbital hibridizasyonu olarak bilinen bir etki nedeniyle doğal durum böyle değildir.

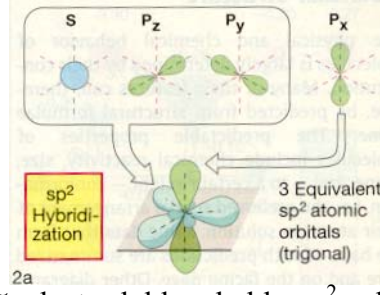
1) **sp^3 hibridizasyon:** Karbon (C) atomunun 2s orbitali ve üç 2p orbitalinin kombinasyonu, **sp^3 hibridizasyon** olarak tanımlanır ve böylece tetrahedral olarak düzenlenmiş eşdeğer dört **sp^3 atomik orbitali** oluşturur; yani karbon (C), dört valansa sahiptir:



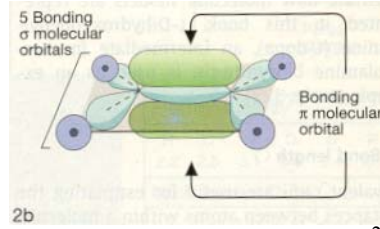
Karbon (C) atomunun sp^3 orbitalleri hidrojen (H) atomlarının 1s orbitalleri ile üst üste geldiğinde dört **σ -moleküler orbitali** oluşur; Metan molekülü (CH_4) dört σ veya tek bağ içerir:



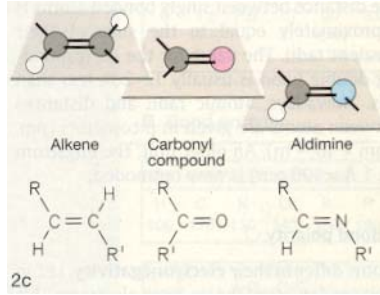
2) **sp^2 hibridizasyon:** Orbital hibridizasyonunun yaygın ikinci tipi 2s orbitali ve üç 2p orbitalinden yalnızca ikisini kapsar; bu hibridizasyon da **sp^2 hibridizasyon** olarak tanımlanır. Böylece eşdeğer üç **sp^2 hibrid orbitali** oluşur. Bu eşdeğer üç **sp^2 hibrid orbitali**, aralarında 120° 'şer derecelik açı olacak şekilde bir düzlemde bulunurlar; $2p_x$ orbitali, bu düzleme dik olarak yer alır:



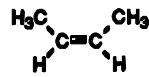
sp^3 hibrid orbitaller tek tip bağ oluşturdukları halde sp^2 orbitaller, moleküler orbital haline dönüştüklerinde iki farklı tip bağ oluştururlar. Üç sp^2 orbitali, sp^3 orbitalleri gibi σ bağlarını oluşturur; iki $2p_x$ orbitalinde π elektronlar diye isimlendirilen elektronlar ise σ bağları düzleminin altında ve üstünde lokalize olarak uzamış π moleküler orbitali oluştururlar. Böylece çift bağlar diye isimlendirilen bağlar meydana gelir:



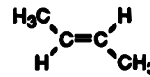
Çift bağlarda bir σ bağı ve bir π bağı vardır ve yalnızca sp^2 hibridizasyon mümkün olabilen atomlar arasında meydana gelirler. Tek bağlar eksenleri etrafında serbestçe dönebildiği halde çift bağlar eksenleri etrafında serbestçe dönemez; π moleküler orbitali dönüşü kılar. Bu nedenle de çift bağa katılan atomlar bir düzlem üzerinde bulunurlar:



Çift bağ içeren moleküllerde *cis-izomer* ve *trans-izomer* diye bilinen **geometrik izomerler** vardır:



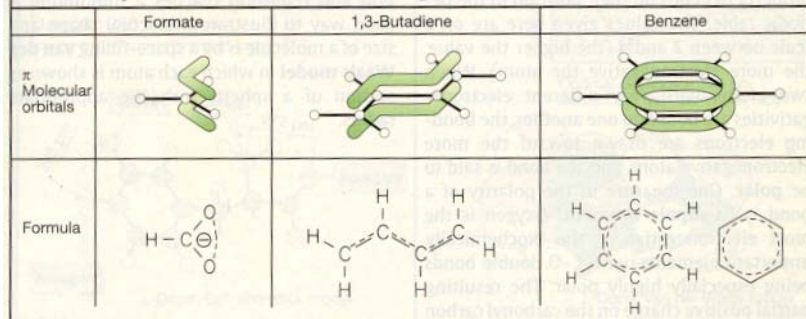
cis-izomer



trans-izomer

İzomerlik, kapalı formülü aynı, açık formülleri farklı olan bileşiklerle ilgili bir tanımlamadır. Geometrik izomerlik, uzaysal bir izomerliktir. Benzer gruplar çift bağa göre aynı yönde ise *cis-izomer* veya *Z-izomer* denir; benzer gruplar çift bağa göre zıt yönde ise *trans-izomer* veya *E-izomer* denir. *Trans-izomer* daha dengelidir; ancak ısı ve UV etkisiyle *cis-izomere* dönüşür.

Birkaç çift bağ içeren bazı moleküller beklenilenden çok daha az aktiftirler. Bunun nedeni, bu moleküllerdeki çift bağların belli bir yerde kesin olarak lokalize olmamalarıdır. Bu çift bağların π orbitalleri, belli atomlar arasında sınırlı kalmaz; uzamış bir π moleküler orbitalinde paylaşılmış şekildedir. Bu özellikteki yapılar da **rezonans hibridler** olarak adlandırılırlar; çünkü onların gerçek bağ yapılarını standart formüllerle tanımlamak mümkün değildir:

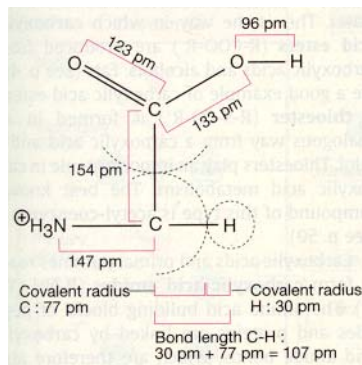


Kimyasal bağlar

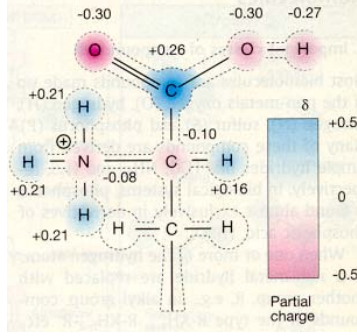
İki atom bir molekül oluşturmak üzere yan yana geldiklerinde elektronlar her iki atomun çekirdek ve elektronlarının etkisi altına girerler. Bu karşılıklı etkileşimler sonunda atomlar yeni bir düzenlenme ile kararlı bir yapıya ulaşırlar. Elektronların yeniden düzenlenmesi sırasında kimyasal bağlar meydana gelir. Kimyasal bağları genel olarak dörde ayırabiliriz:

- 1) Kovalent bağlar
- 2) İyonik bağlar
- 3) Hidrojen bağları
- 4) Van der Waals bağları

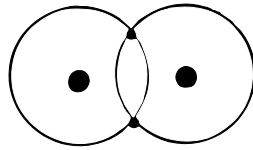
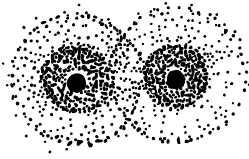
1) Kovalent bağlar, yukarıda ifade edildiği gibi, iki atom arasında ortaklaşa kullanılan elektron çiftinden oluşan bağlardır. Dış elektron kabuklarında eşlenmemiş elektronlara sahip iki atom, eşlenmemiş elektronlarını moleküler orbitalde eşleyerek birbirlerine bağlanırlar ve böylece iki atom arasında ortaklaşa kullanılan her elektron çiftinden bir kovalent bağ oluşur:



Negatif yüklü elektronun bağa katılan iki atom tarafından eşit kuvvette çekildiği kovalent bağa **nonpolar kovalent bağ** denir. Negatif yüklü elektronun bağa katılan iki atomdan birine daha yakın bulunduğu kovalent bağa **polar kovalent bağ** denir:



Hidrojen molekülünde iki hidrojen (H) atomu iki elektronu ortaklaşa kullanmaktadırlar. Hidrojen molekülündeki (H_2) her hidrojen atomunun iki elektronu var gibidir; her iki atom K enerji seviyelerini iki elektron ile doldurdıkları için helyumunki (He) gibi bir elektron kabuğuna sahip olmuşlar ve dolayısıyla daha kararlı bir yapıya ulaşmışlardır. Hidrojen molekülündeki (H_2) hidrojen atomları (H) arasında bir kovalent bağ vardır:



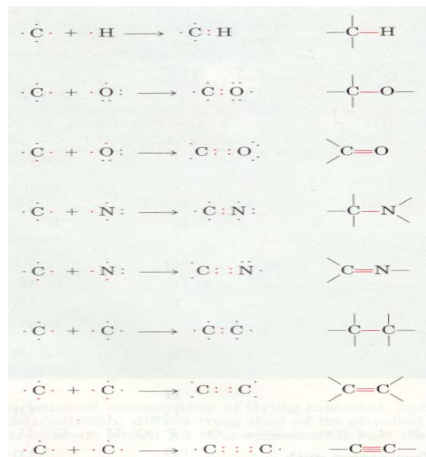
*Hidrojen molekülünde (H_2) iki hidrojen atomu tarafından ortaklaşa kullanılan iki elektron, iki hidrojen atomu tarafından eşit kuvvette çekilmektedir; hidrojen molekülünde (H_2) iki hidrojen atomu arasındaki bağ, **nonpolar kovalent bağ**dır.*

Su (H_2O) molekülünde iki hidrojenden (H) gelen iki elektron, oksijenin (O) L enerji seviyesindeki altı elektronu sekize tamamlayarak oksijeni neon (Ne) soy gazına benzetmekte ve ek olarak her bir hidrojen (H) de oksijenin bir elektronunu ortaklaşa kullanmaktadır. Dolayısıyla, su molekülündeki (H_2O) hidrojen atomları (H) ile oksijen (O) atomu arasında da kovalent bağlar vardır:



*Su (H_2O) molekülünde ortaklaşa kullanılan elektronlar oksijene, hidrojenden daha yakın bulunmaktadır; su (H_2O) molekülünde oksijen ve hidrojen atomları arasındaki bağlar, **polar kovalent bağ**lardır.*

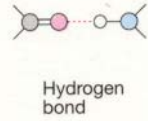
İki atom arasındaki kovalent bağlar, iki noktadan çok düz bir çizgi ile ifade edilir. Biyokimyada sık rastlayacağımız atomlardan hidrojen bir, oksijen iki, azot üç, karbon ise dört kovalent bağ yapabilmektedir:



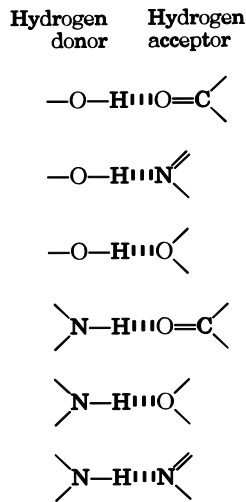
2) İyonik bağlar, bir veya birkaç elektronun bir atom yapısından tamamen ayrılıp başka bir atomun yapısına geçmesi sonucu oluşan pozitif ve negatif yüklü iyonlar arasında meydana gelir. İyonik bağlarda etkin olan kuvvet, farklı elektrikle yüklü taneciklerin birbirini çekmesidir.

Bazı element atomları, daha kararlı bir yapıya ulaşmak için, dış elektron kabuklarındaki elektronlarını bir başka element atomuna vermek eğilimindedirler; bazı element atomları ise aynı nedenle başka element atomlarından fazladan elektron almak eğilimindedirler. *Bir atomun fazladan elektron alma eğilimine **elektronegativite** denir; elektronegativitesi yüksek atom, elektron alma eğilimi yüksek atomdur. Organik kimya ve biyokimyada sık rastlayacağımız atomlarda elektronegativite sırası şöyledir: $O > N > C = S > H = P$.* Eğer sodyum (Na) atomu gibi elektron vermeğe eğilimli bir atom ile klor (Cl) atomu gibi elektron almaya eğilimli bir atom yan yana gelirse sodyumdan klora elektron transfer edilir. Sodyum atomu bir elektron kaybederek +1 yüklü bir iyon haline gelir; klor atomu ise bir elektron kazanarak -1 yüklü bir iyon haline gelir. *Sodyum ve klor iyonları, Na^+ ve Cl^- şeklinde yazılırlar.* Zıt yükler birbirini çektiklerinden pozitif yüklü sodyum (Na^+) ile negatif yüklü klor (Cl^-) birbirini elektrostatik çekim kuvveti ile çekerek iyonik bağ vasıtasıyla birbirine bağlanırlar ve böylece sodyum klorür molekülü ($NaCl$) oluşur.

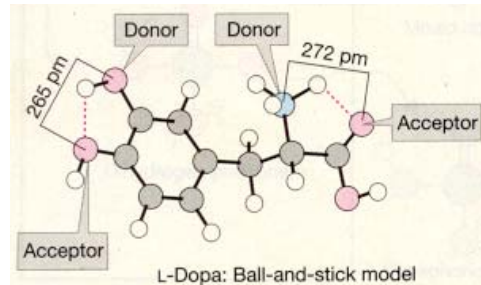
3) Hidrojen bağları, bir hidrojen (H) atomunun oksijen (O) ve azot (N) gibi bir elektronegatif atoma kovalent bağlanması halinde, elektronların oksijen ve azot atomuna hidrojeninden daha yakın bulunmaları nedeniyle elektropozitif hale gelen hidrojenin başka bir elektronegatif atom tarafından çekilmesi sonucu meydana gelir:



Hidrojen bağlarında, hidrojen bağı donörleri (vericileri) diye bilinen $-OH$, $>NH$, $-SH$ gruplarının hidrojen atomları, O, N, S gibi akseptör(alıcı) atomların serbest elektronları ile etkileşirler:

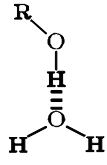


Hydrogen bonds	
Donors:	$-O-H$, $>N-H$
Acceptors:	$-\bar{O} $, $>\bar{N}$ H H $=\bar{O}$, $=\bar{N}$, $-\bar{S}-$
Length: 260 – 320 pm	

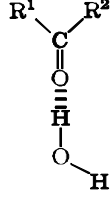


Hidrojen bağları, aynı cins moleküller arasında, farklı cins moleküller arasında, bir molekül içinde oluşabilir:

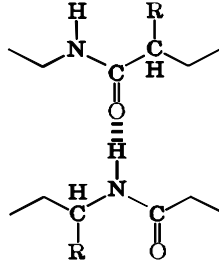
Between the hydroxyl group of an alcohol and water



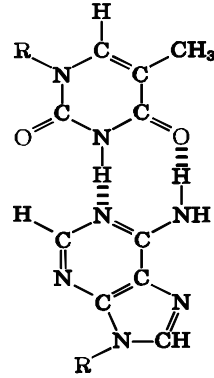
Between the carbonyl group of a ketone and water



Between two polypeptide chains



Between two complementary bases of two strands of DNA

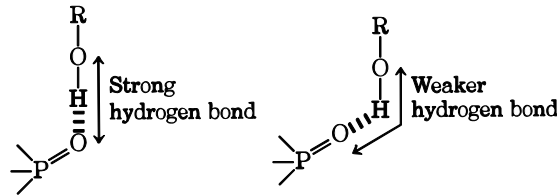


Thymine

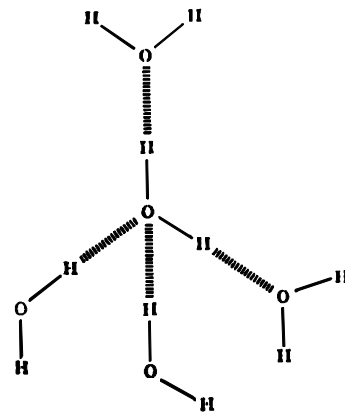
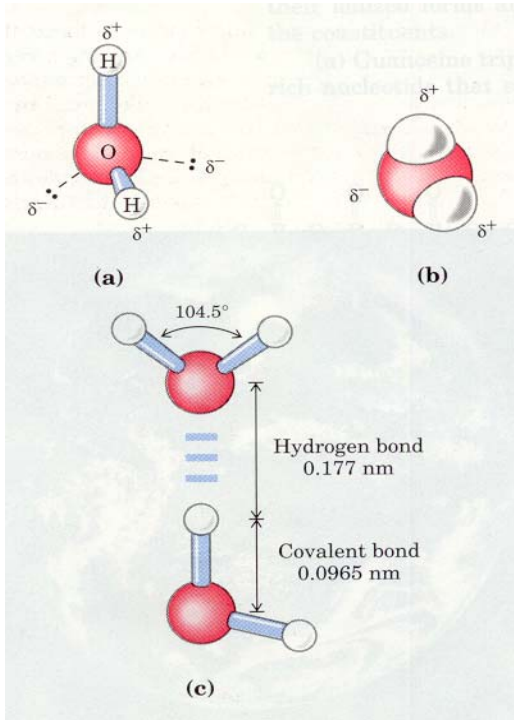
Adenine

Makromoleküllerde çok sayıda olabilen hidrojen bağları, bu moleküllerin stabilizasyonunda anahtar rol oynarlar.

Bir hidrojen bağının yönü, bağın kuvvetli veya zayıf olmasını etkiler; donör ve akseptör atomlarla hidrojen atomu bir düz çizgi üzerinde olduğunda hidrojen bağı kuvvetlidir:



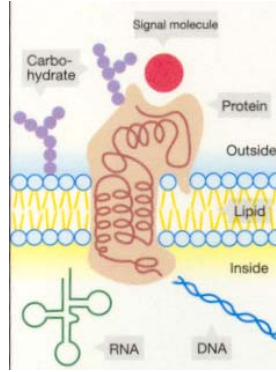
Polar su molekülleri arasında hidrojen bağları, her bir su molekülünün oksijeninin diğer su molekülünün hidrojenini ve her bir su molekülünün hidrojeninin diğer su molekülünün oksijenini hafifçe çekmesiyle oluşurlar:



4) **Van der Waals bağları**, hidrofobik bağlar diye de bilinirler; bir molekülün nonpolar grupları arasında, Van der Waals-London çekme güçleri vasıtasıyla meydana gelirler. Yüklü olmayan iki atom yan yana geldiğinde çevrelerindeki elektron bulutları etkileşir ve elektronların konumları değişerek çekirdek etrafında geçici bir dipol oluşur. Oluşan iki dipol birbirini çeker. *Ancak moleküller belli bir uzaklıkta iken dipoller oluşabilir ki dipollerin oluştuğu ve iki dipol arasında etkileşimin maksimal olduğu uzaklık, atomun Van der Waals çapı olarak bilinir.*

Biyomoleküller ve fonksiyonel gruplar

Biyomoleküllerin çoğu, daha önce de belirttiğimiz gibi karbon (C), oksijen (O), hidrojen (H), azot (N), kükürt (S) ve fosfor (P) bileşimidirler:



Biyomoleküllerin pek çoğu, su (H_2O), amonyak (NH_3) ve hidrojen sülfür (H_2S) gibi basit hidrojen bileşiklerinden türemişlerdir. Biyolojik sistemlerde fosfor (P), hemen daima yalnızca fosforik asitin (H_3PO_4) türevi olarak bulunur.

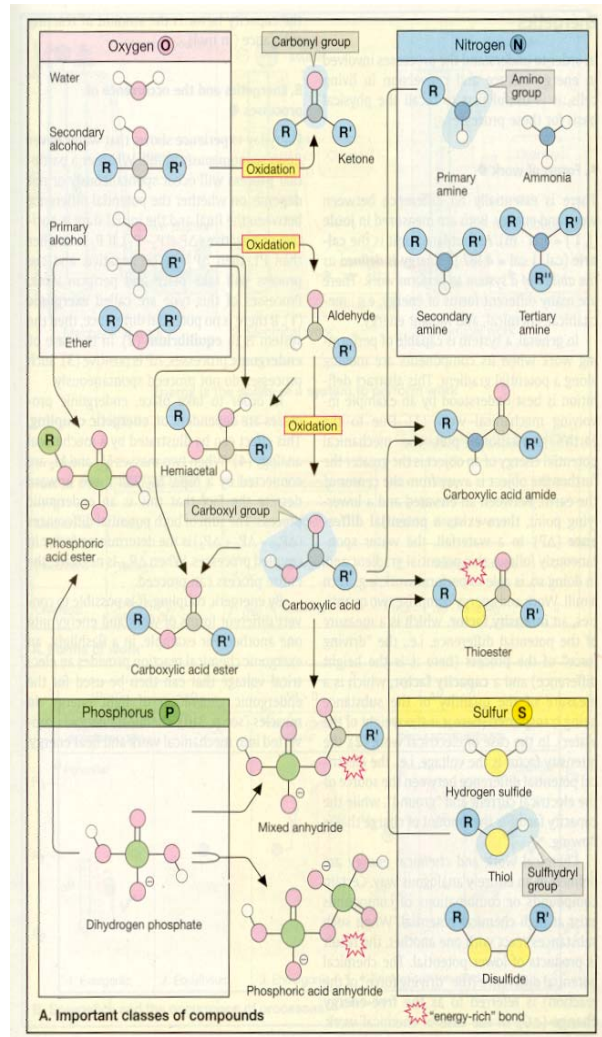
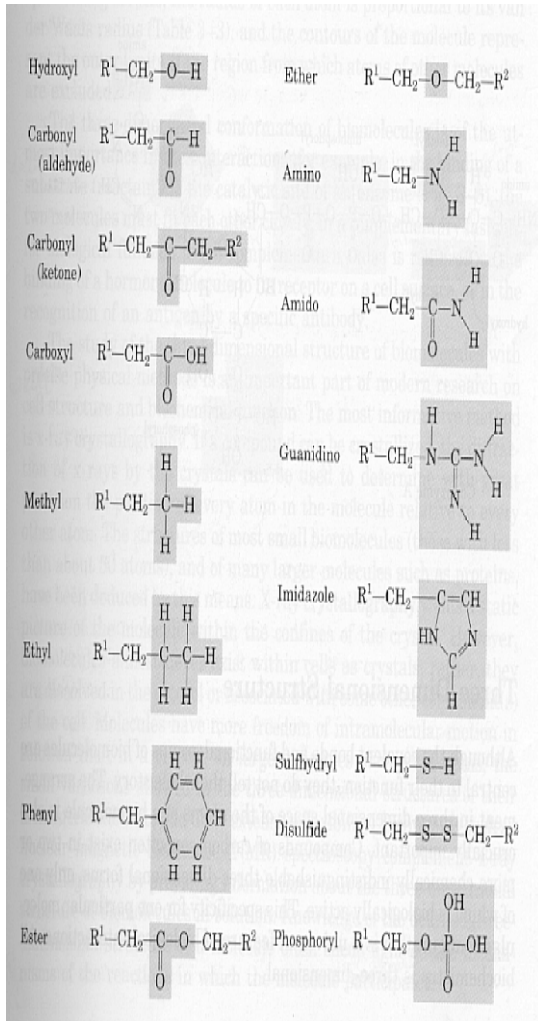
Bir basit hidrojen bileşiğinin bir veya daha fazla hidrojen atomunun yerine kök (radikal) deneni ve **R** ile ifade edilen bir başka grup geçerse değişik tip bileşikler oluşur. Buna göre sudan (H_2O) alkoller ($R-OH$) ve eterler ($R-O-R'$) oluşur; amonyaktan (NH_3) primer aminler ($R-NH_2$), sekonder aminler ($R-NH-R'$) ve tersiyer aminler ($R-N-R' R''$) oluşur; hidrojen sülfürden (H_2S) tiyoller ($R-SH$) oluşur.

Bileşikler, genel olarak inorganik bileşikler ve organik bileşikler olarak iki gruba ayrılabilirler. İnorganik ve organik bileşikler arasında çeşitli fiziksel ve kimyasal farklar vardır:

	İNORGANİK	ORGANİK
Element sayısı >	100	C,H,N,O,Cl,Br, I,P,S
Bağ Cinsi	İyonik	kovalent
Tepkime hızı	hızlı	yavaş
yüksek ısı	Çok hızlı	değişik
Tepkime mekanizması	iyonik	iyonik, diğer
Tuz	elektrolit	nonelektrolit
Erime noktası	>700 C	< 300 C
uçuculuk	değil	olabilir
Çözünürlük		
Çözgen: su	çözünür	çözünmez
Çözgen: organik	çözünmez	çözünür

Pek çok organik bileşikte bulunan $-OH$, $-NH_2$, $-SH$ gibi gruplar, **fonksiyonel gruplar** olarak tanımlanırlar. **Fonksiyonel gruplar**, bir organik moleküle spesifik kimyasal özelliklerini veren atom veya atom gruplarıdır.

Fonksiyonel grupları içeren bileşiklerin oksidasyonu sonucunda yeni fonksiyonel gruplar oluşur. Örneğin, bir tiyolün ($R-SH$) oksidasyonu sonucunda bir disülfid ($R-S-S-R'$) oluşur; bir primer alkolün ($R-CH_2-OH$) oksidasyonu sonucunda bir aldehit [$R-C(O)-H$] ve daha ileri aşamada bir karboksilik asit ($R-COOH$) oluşur; bir sekonder alkol [$R-C(R')H-OH$]'ün oksidasyonu sonucunda bir keton [$R-C(O)-R'$] oluşur:



Tipik organik bileşiklerden olan alkoller, bir veya daha fazla hidroksil grubu içerirler. Aminler, amino grubu içerirler. Aldehitler aldehit grubu içerirler. Ketonlar, keton grubu içerirler. Organik asitler, karboksil grubu içerirler.

Biyomoleküllerin pek çoğu polifonksiyoneldir; iki veya daha fazla tipte fonksiyonel grup içerirler. Örneğin, proteinlerin yapı taşı olan amino asitler en azından iki tip fonksiyonel grup içerirler; bunlardan biri amino grubu, diğeri de karboksil grubudur. Glukoz molekülü de iki tip fonksiyonel grup içerir; bunlardan biri hidroksil grubu, diğeri de aldehit grubudur. Bir biyomoleküldeki fonksiyonel gruplardan her biri kendisine özel kimyasal karakter gösterir ve belli tip reaksiyonlara katılır.

Karbonil grubu ($>C=O$), aldehit, keton, karboksilik asit ve karboksilik asit türevlerinin bir yapısal elementidir.

Bir alkol ile bir aldehidin karbonil grubunun reaksiyonu, bir yarı asetal [$R-O-C(H)OH-R'$] oluşturur; şekerlerin siklik formu, yarı asetallerin iyi bilinen örneğidir. Yarı asetallerin oksidasyonu, karboksilik asit esterlerini oluşturur.

Karboksilik asitler ve karboksilik asit türevleri, biyokimyada çok önemli bileşiklerdir. Karboksilik asit türevleri, asidin hidroksil ($-OH$) grubunun bir başka gruba değişmesi suretiyle elde edilirler; gerçekte bunlar, asit ve ikinci bileşik arasından su çıkışıyla oluşurlar. Karboksilik asit ve alkollerden karboksilik asit esterleri ($R-COO-R'$) böyle oluşur; yağlar, karboksilik asit esterlerinin iyi bir örneğidir. Bir tiyoester ($R-S-CO-R'$) de bir karboksilik asit ve bir tiyolden benzer şekilde oluşur; en iyi bilinen tiyoester, asetil-koenzim A (Asetil-CoA)'dır.

Karboksilik asitler ve primer aminler arasındaki reaksiyon sonucunda karboksilik asit amidleri ($R-NH-CO-R'$) oluşur. Peptitlerin ve proteinlerin yapı taşları olan amino asitler karboksilik asit amid bağları vasıtasıyla birbirlerine bağlanırlar; bu bağlar, bu nedenle, peptit bağları olarak da bilinirler.

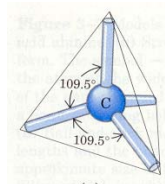
Fosforik asit (H_3PO_4), bir tribazik asittir; yani H^+ iyonları verebilen üç hidroksil grubu içerir. Fosforik asitteki üç hidroksil grubundan ($-OH$) biri, normal fizyolojik şartlarda tam olarak dissosiyeye olmuş yani H^+ iyonlarını vermiştir; diğer iki hidroksil grubu alkollerle reaksiyona girebilir ve sonuçta fosforik asit monoesterleri ve fosforik asit diesterleri oluşur. Fosforik asit monoesterleri karbonhidrat metabolizmasında önemlidirler; fosforik asit diester grupları ise fosfolipidlerde ve nükleik asitlerde bulunurlar.

Bir asidin bir başka asit ile bileşimi *asit anhidridi* olarak adlandırılır. Bir asit-anhidrid bağının oluşması için büyük miktarda enerji gereklidir. Bundan dolayı fosforik anhidrid bağları, hücrede kimyasal enerjinin depolanması ve açığa çıkarılmasında merkezi bir rol oynar. Karboksilik asitler ve fosforik asit arasındaki miks anhidridler, hücre metabolizmasında çok önemli, enerjice zengin ara ürünlerdir.

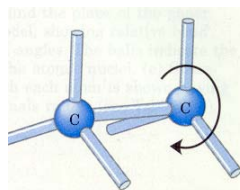
Moleküler yapı

Moleküllerin fiziksel ve kimyasal davranışı, genellikle yapıları tarafından belirlenir. Bu nedenle, moleküllerin özelliklerinin çoğu yalnızca yapısal formüllerinden tahmin edilebilir.

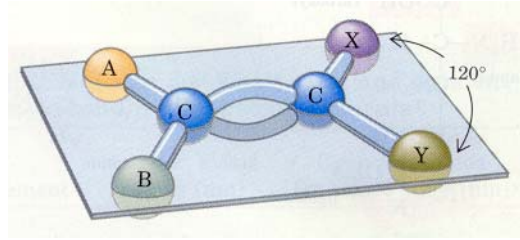
Moleküllerin tahmin edilebilir özellikleri, kimyasal etkinlik, büyüklük, şekil ve atomlarının uzaydaki düzenlenişleridir. Bir karbon atomunda dört kovalent tek bağ, bir düzgün dörtyüzlünün köşelerine yönelmişlerdir. Karbon atomu ile oluşan kovalent tek bağlarda herhangi iki bağ arasındaki açı yaklaşık $109,5^\circ$ ve bir tek bağın ortalama uzunluğu $0,154$ nm kadardır ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$):



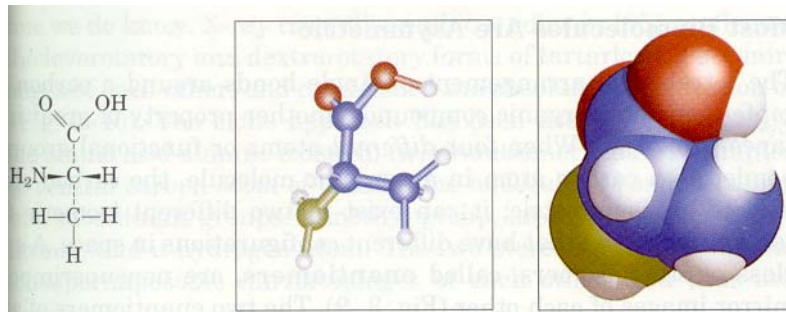
Karbon-karbon tek bağları, her iki karbon atomuna rotasyonu sınırlayan çok büyük ve yüksek derecede yüklü gruplar bağlı olmadıkça rotasyon serbestliğine sahiptirler:



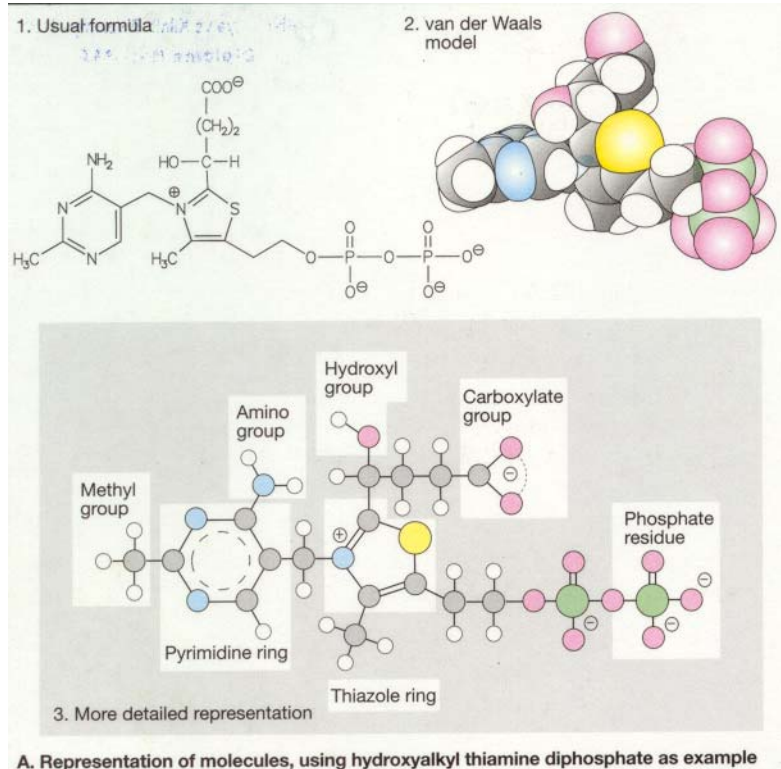
Bir karbon-karbon çift bağı, daha kısa (yaklaşık 0,134 nm uzunluğunda) ve daha rijittir; eksenini etrafında çok küçük rotasyona izin verir. Her çift bağı karbon üzerindeki tek bağ, diğerleriyle 120° lik bir açı yapar ve çift bağı karbon atomları ile bunlara bağlı atomların hepsi aynı rijit düzlem üzerinde bulunurlar:



Biyomoleküllerin karakteristik büyüklükleri ve üç boyutlu yapıları, onların iskelet yapılarına ve içerdikleri fonksiyonel gruplara bağlı olarak farklıdır. Moleküllerin üç boyutlu yapıları, değişik şekillerde gösterilebilir; perspektif diagram (stereokimyasal gösteriş), küre-çomak modeli ve alan doldurma modeli (van der Waals modeli) önemli şekillerdir:



Alanin amino asidinin yapısal modelleri



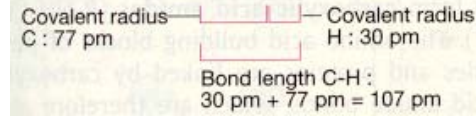
A. Representation of molecules, using hydroxyalkyl thiamine diphosphate as example

Stereokimyasal gösterişte normal çizgili bağlar düzlem içinde, noktalı çizgili bağ düzlemin arkasında, kalın çizgili bağ ise düzlemin önünde bulunmaktadır.

Bir molekül içindeki atomlar arasında uzaklıkları değerlendirmek için kovalent çaptan da söz edilir. Birbirine tek bağla bağlanmış atomlar arasındaki uzaklık, yaklaşık olarak atomların kovalent çaplarının toplamına eşittir:

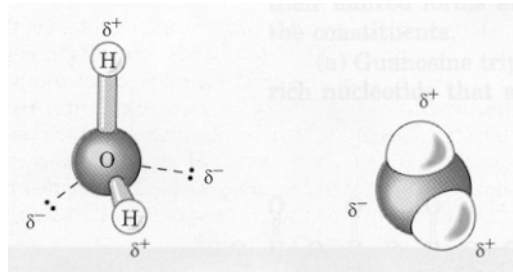
Covalent radii* (pm)					
H	C	N	O	S	P
30	77	70	66	104	110

* in single bond



Birbirine çift bağla bağlanmış atomlar arasındaki uzaklık ise genellikle bundan %12-20 daha azdır. Günümüzde atomik çap ve atomlar arasındaki uzaklıklar pikometre (pm) olarak ifade edilir ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$).

Bir molekül elektronegativiteleri çok farklı iki atomun birbirine kovalent bağlanması suretiyle oluşmuşsa bağa katılan elektronlar elektronegativitesi daha yüksek olan atoma doğru çekilirler ve bağın polar olduğu, molekülün de dipol karakterde olduğu ifade edilir. Örneğin su (H_2O) molekülü dipol karakterde bir moleküldür:



Bir bağın polaritesi için bir ölçü, **dipol momentidir**. Çeşitli dipol bağların dipol momentlerinin büyüklük sırası şöyledir: $\text{C}\equiv\text{N} > \text{C}=\text{O} > \text{O}-\text{H} > \text{C}=\text{N} > \text{C}-\text{O} > \text{C}-\text{H}$

Electronegativity					
H	C	N	O	S	P
2.2	2.5	3.1	3.5	2.4	2.1
Dipole moment (C · m)					
C-C	C-H	C-O	C=O	C-N	C=N
0	1.3	2.5	7.7	0.7	3.0
	O-H			C=N	
	5.0			11.8	

Dipol karakterde bir molekülün çevresindeki elektrik yükü dağılımı üniform değildir; elektronların çok yoğun olduğu tarafta negatif yük merkezi, elektronların az yoğun olduğu tarafta da pozitif yük merkezi vardır. Bu nedenle dipol karakter, molekülün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir.

Belli fiziksel metodlarla biyomoleküllerin üç boyutlu yapılarının incelenmesi, modern araştırmaların önemli bir kısmıdır. Bu konuda en fazla bilgi verici metod X-ışını kristalografisidir; nükleer magnetik rezonans (NMR) spektroskopisi gibi teknikler de çözümlerdeki biyomoleküllerin üç boyutlu yapıları hakkında bilgi sağlayarak X-ışını kristalografisini tamamlar.

Molekül ağırlığı ve mol

Molekül ağırlığı, bir maddenin molekülünün yapısına katılan tüm atomların ağırlıklarının toplamıdır. Örneğin suyun (H_2O) molekül ağırlığı; $2 \times 1,008 + 16,00 = 18,016$ 'dır.

Molekül ağırlığının gram cinsinden ifadesi de **mol** olarak tanımlanır. $1/1000 \text{ mol}=1 \text{ mmol}$ veya $1 \text{ mol}=1000 \text{ mmol}$. Örneğin 1 mol (1000 mmol) su, 18,016 gram su demektir veya 18,016 gram su 1 mol'dür. Gerçekte 1 mol (1000 mmol) suda Avogadro sayısı ($6,023 \times 10^{23}$) kadar su molekülü bulunur.

Bir element veya bileşik için, **ekivalan ağırlıktan (eşdeğer ağırlık)** da söz edilir. Bir element veya bileşiğin ekivalan ağırlığı, 1 mol hidrojen ile birleşen veya onun yerine geçebilen miktarını ifade eder. Ekivalan ağırlığın gram cinsinden ifadesi, **ekivalan sayısı (Eq)** olarak tanımlanır. $1/1000 \text{ Eq}=1 \text{ mEq}$ veya $1 \text{ Eq}=1000 \text{ mEq}$. Örneğin 1 ekivalan HCl, 36,46 gram HCl demektir veya 36,46 gram HCl, 1 ekivalan HCl'dir; aynı şekilde 1 Eq (1000 mEq) kalsiyum, $40,08/2=20,04$ gram kalsiyum demektir veya 20,04 gram kalsiyum 1 Eq (1000 mEq) kalsiyumdur. **Valans (değerlik)**, bir asit için moleküldeki yer değiştirebilen H atomları sayısı, bir baz için moleküldeki yer değiştirebilen OH^- iyonu sayısı, bir tuz için moleküldeki (+) yüklü iyonların yerine geçebilecek H^+ iyonu sayısı, oksidan bir madde için reaksiyon sırasında alınan verilen elektron sayısıdır.

Biyokimyada önemli bazı bileşiklerin molekül ağırlıkları ve ekivalan ağırlıkları şöyledir:

Bileşik adı	Formül	Molekül ağırlığı	Ekivalan ağırlığı
Hidroklorik asit	HCl	36,46	36,46
Sülfürik asit	H_2SO_4	98,08	49,04
Fosforik asit	H_3PO_4	98,00	32,67
Oksalik asit	$(COOH)_2$	90,04	
Oksalik asit di hidrat	$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$	126,06	
Nitrik asit	HNO_3	63,01	63,01
Asetik asit	CH_3COOH	60,05	
Amonyak	NH_3	17,03	
Sodyum hidroksit	NaOH	40,00	40,00
Potasyum hidroksit	KOH	56,10	56,10
Bakır 1 hidroksit	CuOH	80,55	
Bakır 2 hidroksit	$Cu(OH)_2$	97,55	
Sodyum karbonat	Na_2CO_3	106,00	53,00
Sodyum bikarbonat	$NaHCO_3$	84,00	
Sodyum klorür	NaCl	58,45	58,45
Potasyum klorür	KCl	74,55	74,55
Amonyum klorür	NH_4Cl	53,49	
Baryum klorür	$BaCl_2$	208,24	
Demir 3 klorür	$FeCl_3$	162,21	
Potasyum iyodür	KI	166,00	
Sodyum iyodür	NaI	149,89	
Bakır sülfat	$CuSO_4$	160,00	80,00
Gümüş nitrat	$AgNO_3$	160,88	160,88
Sodyum nitrat	$NaNO_3$	84,99	
Sodyum nitrit	$NaNO_2$	68,99	
Glukoz	$C_6H_{12}O_6$	180,00	