

# BİTKİ BİYOKİMYASI (III.HAFTA)

Doç.Dr. Yıldız AKA KAÇAR

Ç.Ü.Z.F. BAHÇE BİTKİLERİ BÖLÜMÜ

[ykacar@cu.edu.tr](mailto:ykacar@cu.edu.tr)

# BİYOKİMYA VE METABOLİZMA AÇISINDAN ÖNEMLİ ELEMENTLER (BİYOELEMENTLER)

# BİYOELEMENTLER

- İnsan ve hayvan organizması temel olarak organik ve inorganik maddelerden kuruludur.
- Organik yapıyı ; protein , lipid, karbonhidrat , hormon gibi maddeler oluştururken,
- Anorganik yapıyı su ve mineral maddeler oluşturur.
- Hayvansal ve bitkisel dokularda bulunan Ca, P, Mg, K, Cl, Na, S, Fe diğerlerine göre fazla miktarda bulduklarından makro element grubuna dahil edilirken , Cu , Zn , Mn , Mo , Cr, F, Se, I gibi elementler mikro veya iz elementler sınıfına dahil edilirler.

- Canlı maddeler, kendilerini oluşturan cansız maddelerin tüm fiziksel ve kimyasal kurallarına uymakla beraber, yaşamın moleküler mantığı diyebileceğimiz bir takım prensipler dahilinde birbirlerini etkilerler.
- Canlı organizmalarda bulunan ve bilinen kurallara ek olarak moleküler bir mantık çerçevesinde hareket eden moleküllere **BİYOMOLEKÜL** diyoruz.

# Canlılardaki Elementler

- Canlıların yapılarında bulunan elementlerin çeşit ve miktarları, litosferdekinden (yerkabuğu) oldukça farklıdır.
- Yerkabuğunda mevcut olan 92 elementlerin 27' si canlıların bileşeni olup, bunların da yalnız 16 tanesine her çeşit organizmada rastlanmaktadır.
- Bu elementlerin canlı varlıklarındaki dağılımı da yerkabuğundaki oranlarıyla aynı değildir.
- En bol olarak bulunan dört element karbon, hidrojen, oksijen ve azot, birçok hücrelerin kütlerinin yüzde 99 unu teşkil ederler; litosferde ise en çok bulunan ilk dört element oksijen, silisyum, alüminyum ve demirdir.

# Biyomoleküllerde Bulunan Elementler

- Canlı organizmalarda en fazla bulunan elementler
- Karbon C
- Hidrojen H
- Oksijen O
- Azot N
- Fosfor P
- Kükürt S

# Biyomoleküllerde Bulunan Elementler

- İyon halinde ve bol miktarda bulunan elementler
- Sodyum                      Na
- Potasyum                    K
- Magnezyum                Mg
- Kalsiyum                    Ca
- Klor                            Cl

# Biyomoleküllerde Bulunan Elementler

- Eser elementler

• Demir	Fe	Nikel	Ni
• Bakır	Cu	Krom	Cr
• Çinko	Zn	Fluor	F
• Mangan	Mn	Selenyum	Se
• Kobalt	Co	Kalay	Sn
• İyot	I	Bor	B
• Molibden	Mo	Arsenik	As



# Canlılardaki Elementler

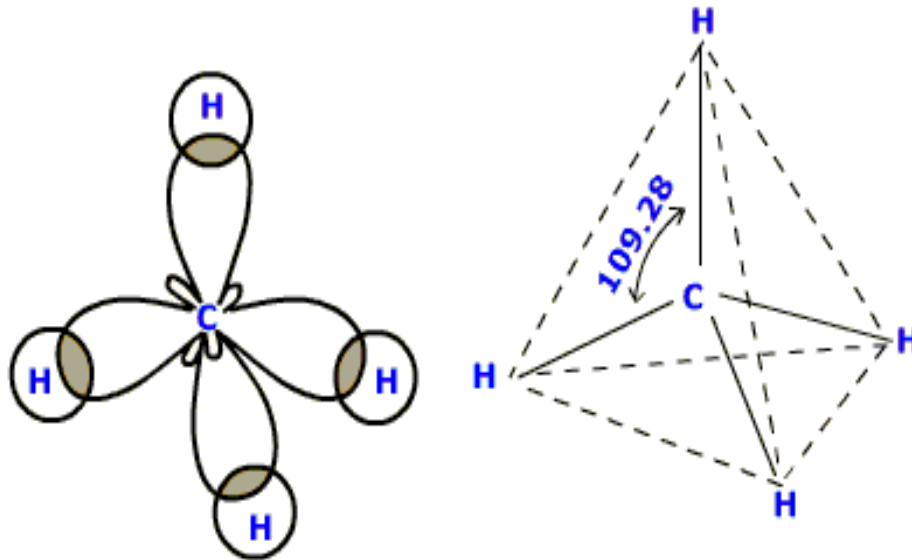
- Biyosferde kalsiyum, fosfor, sodyum, mangan, potasyum, klor ve kükürt genellikle % 0.05 ile 1 arasında değişen oranlarda bulunur. Diğer bazı elementler çok daha az miktarda mevcuttur.
- Karbon, hidrojen, oksijen ve azot canlı yapılar için en uygun elementlerdir.
- Bunun nedeni; bu dört elementlerin ortak özelliği kovalent bağ yapabilmeleridir.
- En dış yörüngelerini tamamlamak için hidrojenin bir, oksijenin iki, azotun üç, karbonun ise dört elektrona ihtiyacı vardır.
-

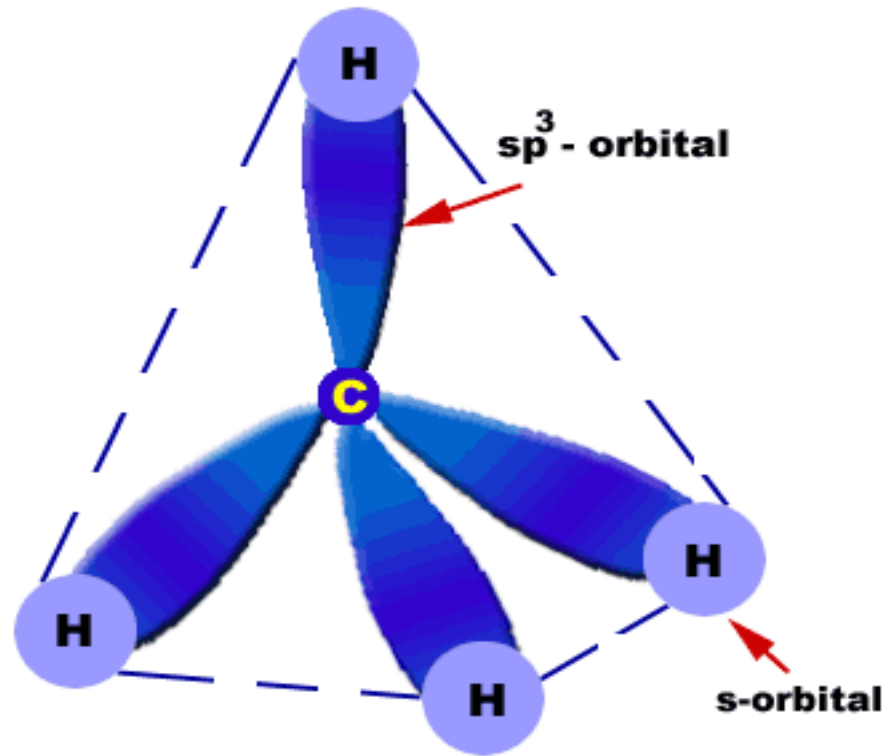
# Canlılardaki Elementler

- Oksijen, azot ve karbon birden fazla elektron çiftini ortaklaşa kullanabilecekleri için iki, üç ve hatta dört bağ meydana getirebilirler.
- Bunun sonucu olarak da bir çok kimyasal bileşik oluşturabilirler.
- Bu dört element ayrıca kovalent bağ yapabilen en hafif elementlerdir.
- Bir kovalent bağın sağlamlığı onu meydana getiren elementlerin atom ağırlığıyla ters orantılı olduğu göz önüne alınırsa, bu elementlerin niçin seçildiği daha iyi anlaşılır.

- Çok önemli bir başka nokta da, karbon atomlarının birbiriyle etkileşerek oldukça kararlı kovalent karbon - karbon bağı meydana getirebilmelidir.
- 
- Hatta bir karbon atomu dört ayrı karbon atomu ile bağlanabilmektedir.
- Bu şekilde çok sayıdaki organik bileşiğin karbon iskeleti ortaya çıkar.
- Bununla birlikte karbon; azot, oksijen ve hidrojenle de kararlı bağlar yaparak birçok fonksiyonel grubun oluşmasını sağlar.

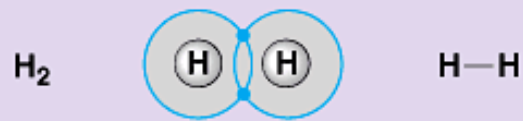
- Organik bileşiklerin üç boyutlu uzayda sonsuz çeşitte olmasını sağlayan diğer özellikle de, karbonun sp<sup>3</sup> hibridleşmesi yaparak bağlarının bir dört yüzlünün köşelerine yönelmiş olmalıdır (Metan).
- Karbondan başka hiçbir element bu kadar çok çeşitte kararlı bileşik yapamaz.



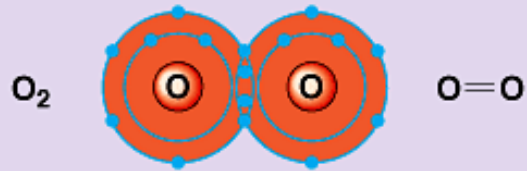


**Orbital structure of methane**

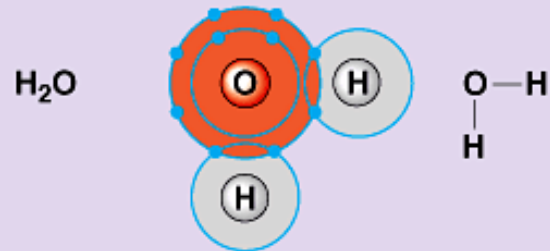
(a) Hydrogen



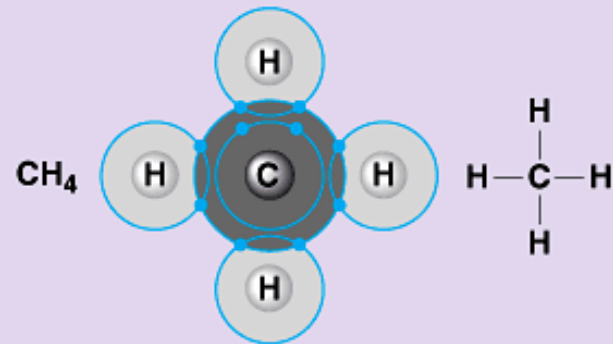
(b) Oxygen



(c) Water

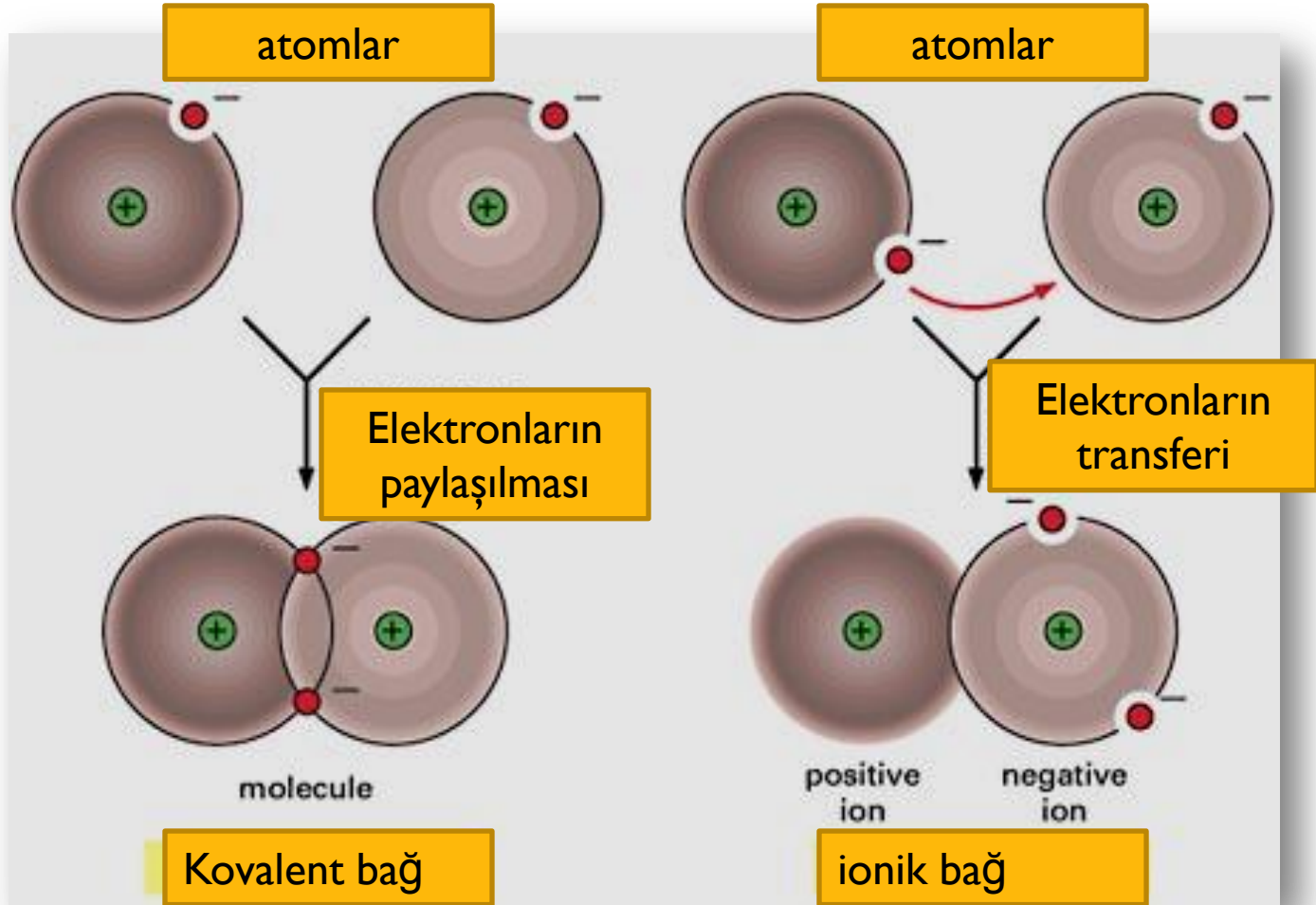


(d) Methane



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- **Kimyasal Bağ** : Bir molekölü oluşturan atomları bir arada tutan kuvvete kimyasal bağ denir.
- **Kovalent bağ** : Ametal atomları arasında elektron ortaklığı esasına dayanan bağlardır.
- **İyonik Bağ** : Metallerle ametaller arasında elektron alış verişiyle gerçekteşen bağlardır.





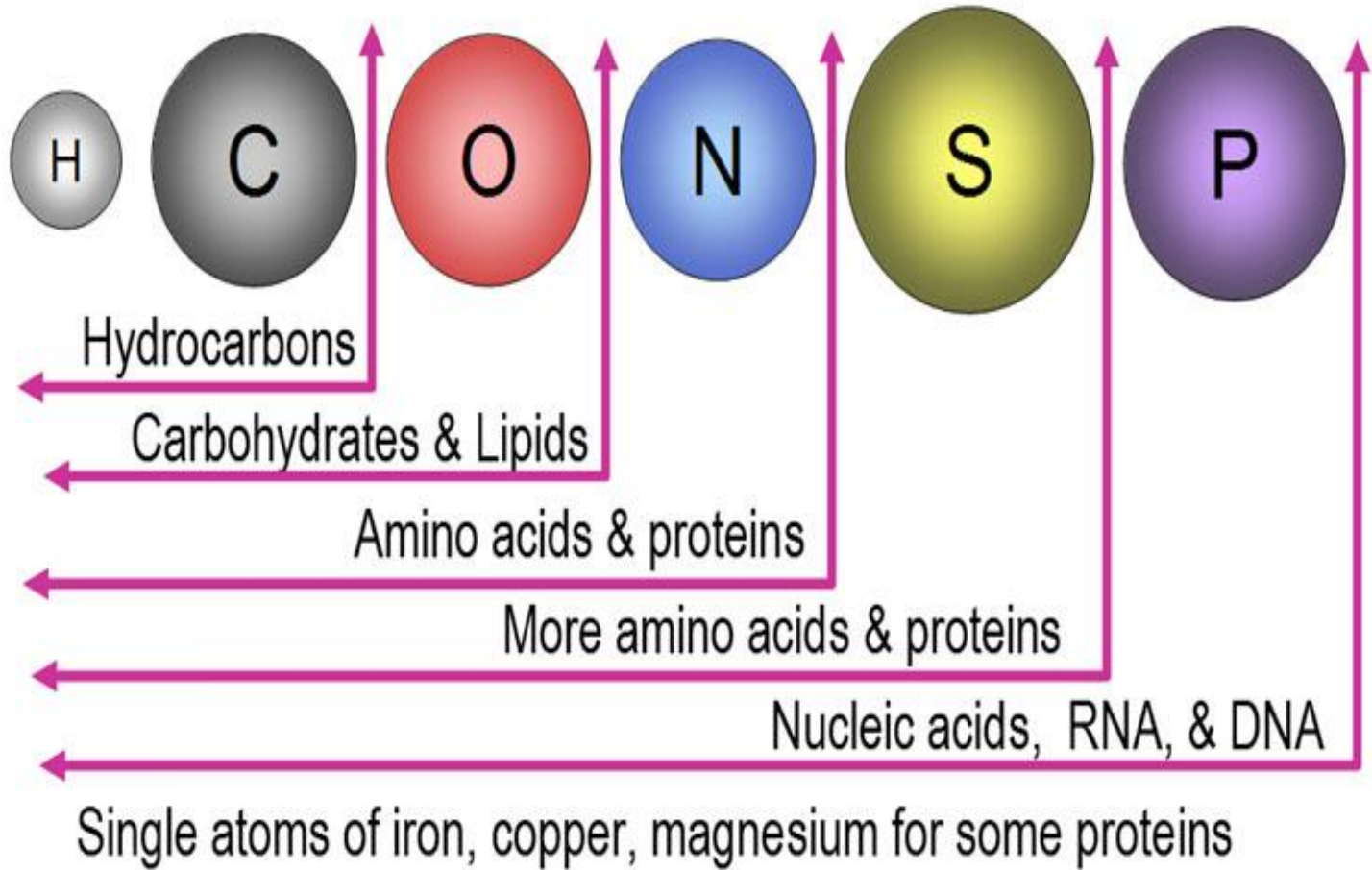
- Periyodik cetvelde karbonun hemen altında yer alan silisyum, kimyasal özellikleri karbona en çok benzeyen elementtir.
- Aynı zamanda Si- Si bağı da kolayca meydana gelebilir.
- Hatta litosferde karbondan daha boldur. Fakat, Si – Si bağları oksijen karşısında kararsız olup, silikatların ve kuvarz gibi dioksit polimerlerinin oluşmasına yol açar.

- Canlıların yapısında bulunan organik bileşiklerde karbon **indirgenmiş**, yani **hidrojenlenmiş** haldedir.
- Yer kabuğunda ise oksitlenmiş (**yükseltgenmiş**) bikarbonat ve karbonat şeklindedir.
- Atmosferde oksijen bol olduğundan, karbon ve hidrojen  $CO_2$  ve  $H_2O$  ya kolayca **oksitlenir**.
- İndirgenmiş karbon bileşiklerinin  $CO_2$  ve  $H_2O$ 'dan sentezi için canlı organizmaların serbest enerji harcamaları gerekir.

# CANLILARDA MOLEKÜLLER

- Canlı organizmalarda bulunan bileşikler, molekül ağırlığı ve karmaşıklık yönünden Şekil 1 de sıralanmıştır.
- Bütün **organik biyomoleküller**, çevreden sağlanan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ve  $\text{N}_2$  gibi basit başlangıç maddelerinden yapılmaktadır. Bu başlangıç maddeleri, canlılar tarafından birtakım metabolik ara bileşikleri yoluyla, molekül ağırlıkları **100 - 350** arasında değişen ve **makro moleküllerin yapı taşlarını** teşkil eden **biyomoleküllere** dönüştürülürler.
- Bu yapı taşı niteliğindeki moleküller **kovalent** bağlarla birleşerek **makromolekülleri** oluşturur. Bunların molekül ağırlıkları hayli yüksektir.

# Organic Building Blocks



**Şekil 1. Başlangıç maddelerinden hücre yapısına kadar biyomoleküllerin oluşum sırası**

# CANLILARDA MOLEKÜLLER

- Aminoasitler **proteinleri**,
- mononükleotidler **nükleik asitleri**,
- monosakkaritler **polisakkaritler**
- yağ asitleri de bazı **lipitleri** meydana getirirler.

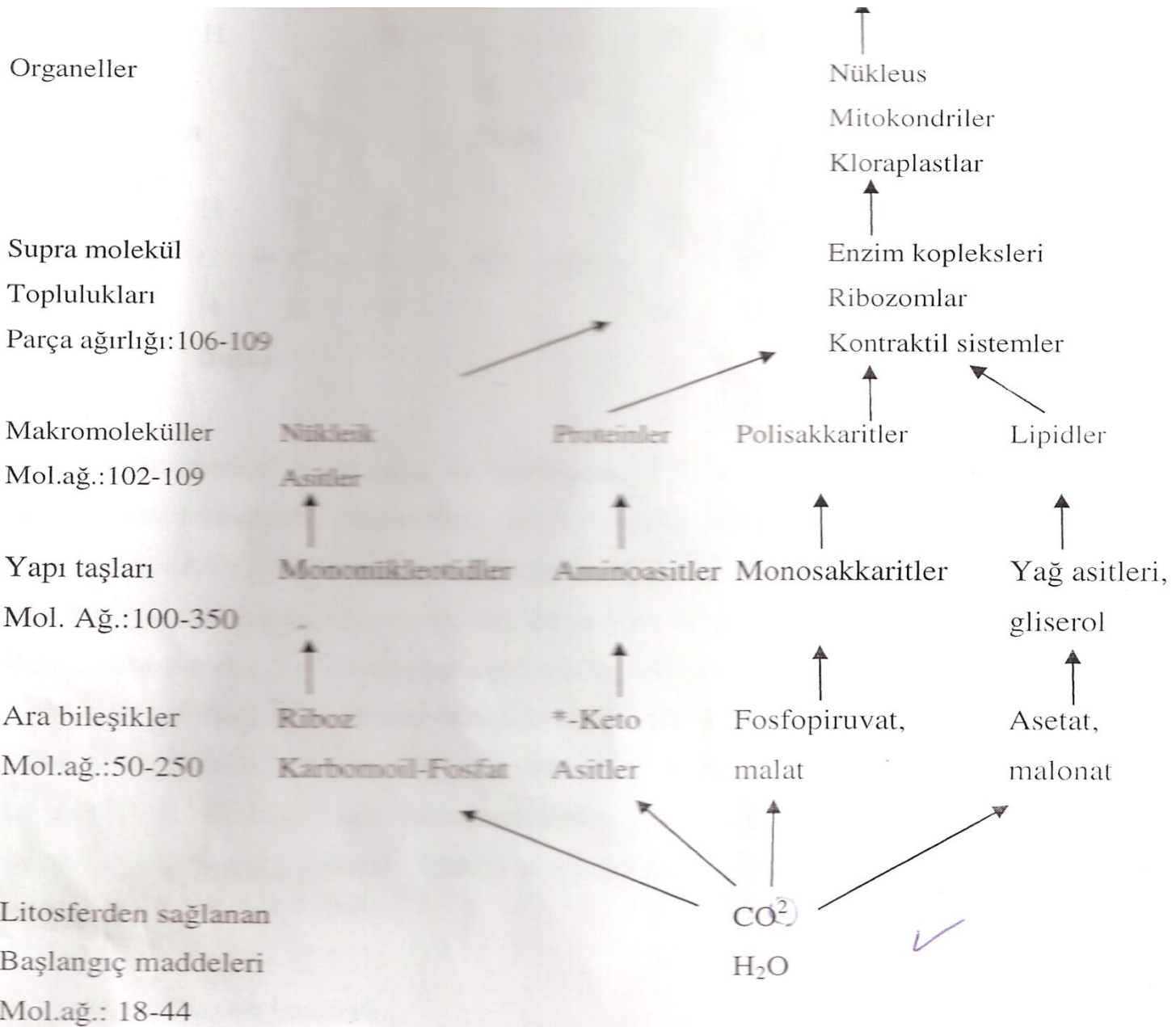
# CANLILARDA MOLEKÜLLER

- Bundan sonraki daha yüksek seviyede düzenlenme, **makro moleküllerin** oluşturdukları **'supra moleküller'** adı verdiğimiz komplekslerdir.
- Mesela, **lipoproteinler** lipit ve proteinlerin, **ribozomlar** nükleik asit ve proteinlerin kovalent olmayan bağlarla meydana getirdikleri **supra moleküllerdir**.
- Bunların oluşumu iyonik ve hidrofobik etkileşimler, hidrojen bağları ve Van der Waals çekim kuvvetleri ile gerçekleşmektedir.
- **Bu bağlar çok zayıf olmalarına rağmen, oluşturdukları kompleksler oldukça kararlıdır.**
- Bu kararlılık üç boyutlu uzayda moleküllerin geometrik olarak birbirlerine uygunluk göstermesi sonucu oluşmaktadır.

# CANLILARDA MOLEKÜLLER

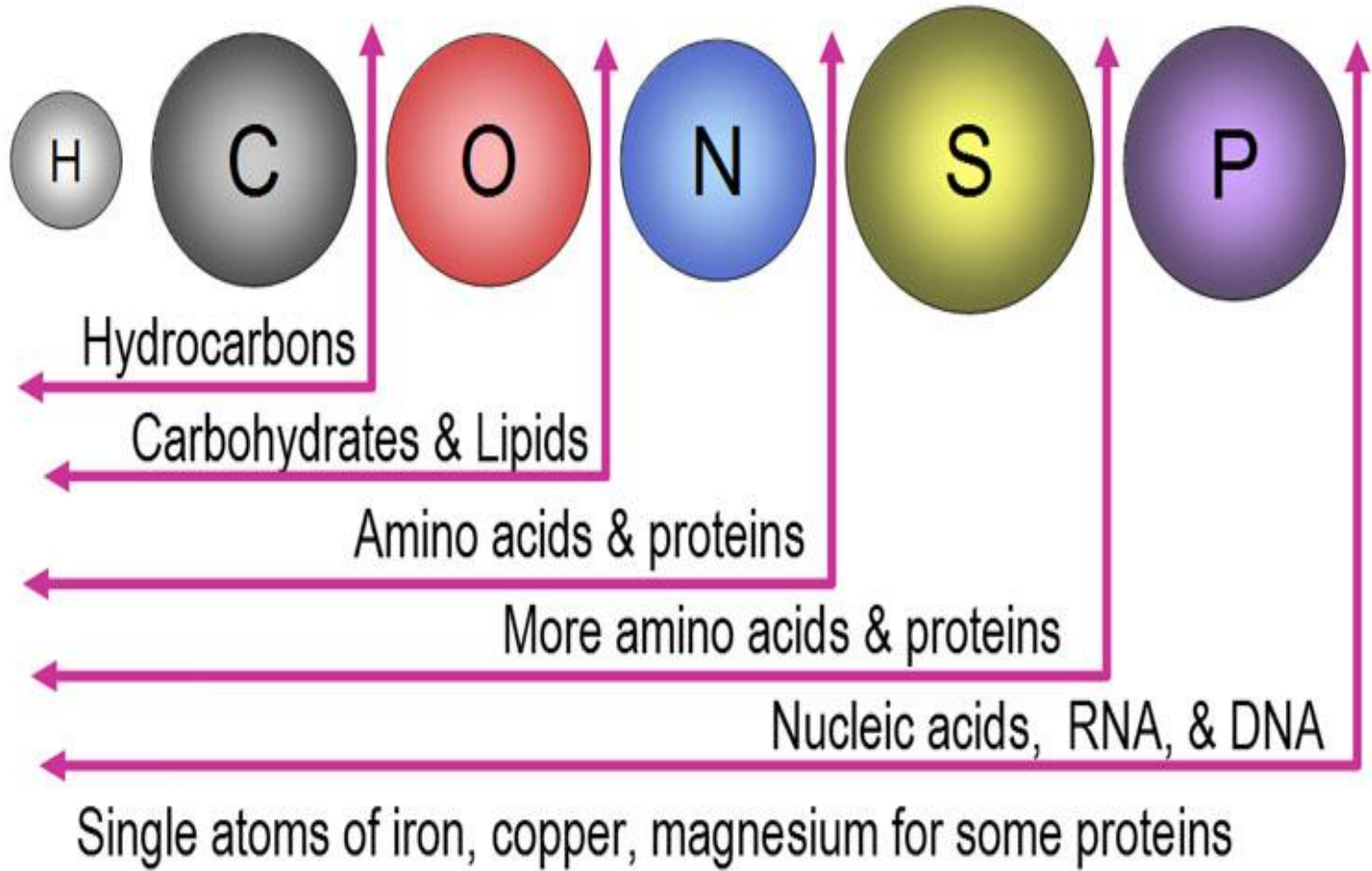
- **Hücre yapısı oluşturan en yüksek seviyedeki moleküllerin düzenlenme, supramoleküllerin kovalent olmayan benzer bağlarla bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkan organellerdir.** Hücre membranları, mitokondriler, nükleus, mikrocisim, vakuoller ve kloroplastlar bu yapıya birer örnek olarak verilebilir.







# Organic Building Blocks

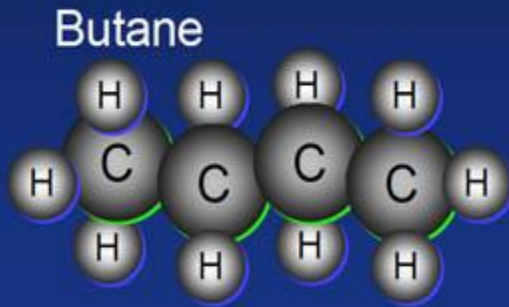
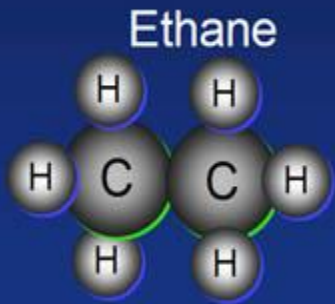
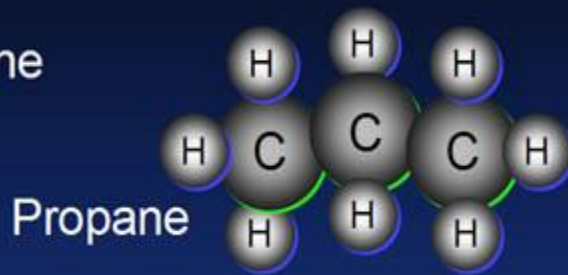


**Başlangıç maddelerinden hücre yapısına kadar biyomoleküllerin oluşum sırası**

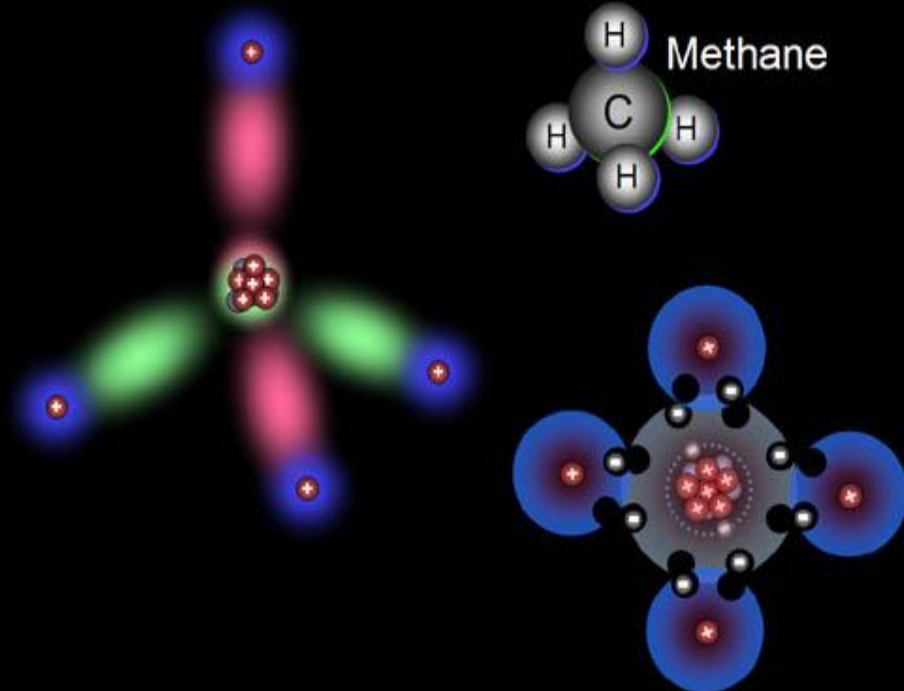
# Esas Yapı Olarak Hidrokarbonlar

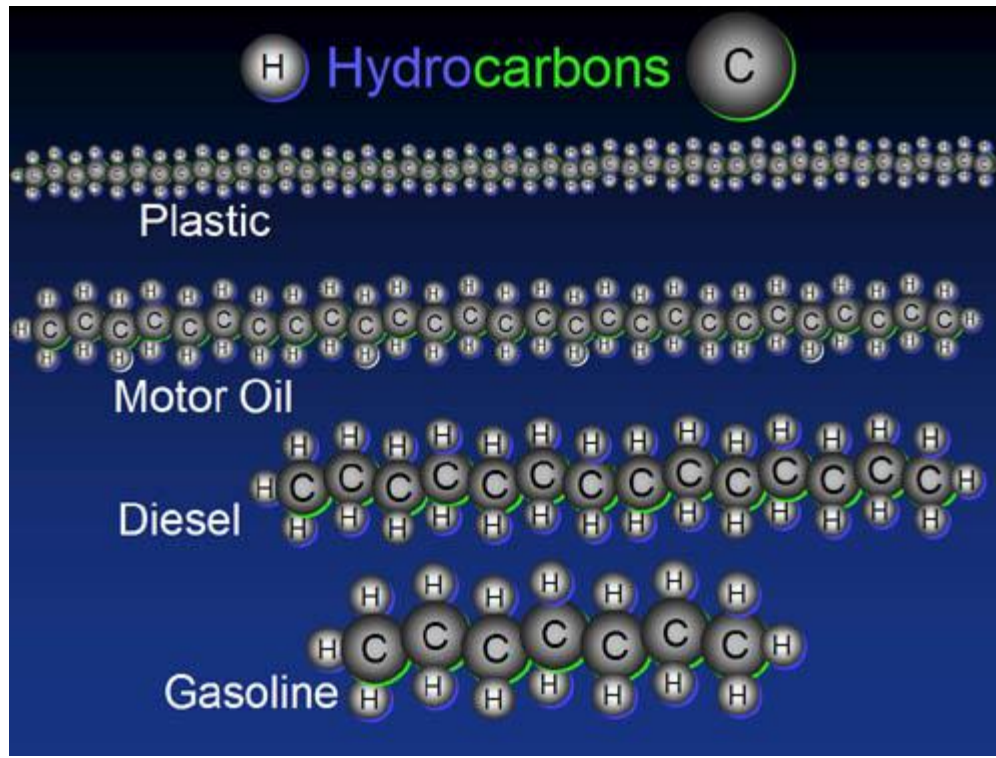
- Yalnız karbon ve hidrojenden oluşan bütün bileşiklere **Hidrokarbon** denir.
- En basit alifatik hidrokarbon, dolayısıyla en basit organik bileşik **metan**dır.
- Bu bir gaz olup tutuşturulduğu zaman yanar, hava gazında bulunur.
- Metandaki bir H yerine bir C ile ona bağlı 3H yani bir **-CH<sub>3</sub> metil** grubu getirirsek **etan**'in formülünü elde etmiş oluruz; bu bileşikte de, bir H yerine **-CH<sub>3</sub>** getirirsek **propanı** elde ederiz, bundan sonra **bütan** gelir.

# H Hydrocarbons C



Böyle birbirini takip eden iki üyesi arasındaki fark sabit yani bir  $-\text{CH}_3$  grubu olan organik bileşiklerin oluşturduğu sıraya **homolog sıra** denir.

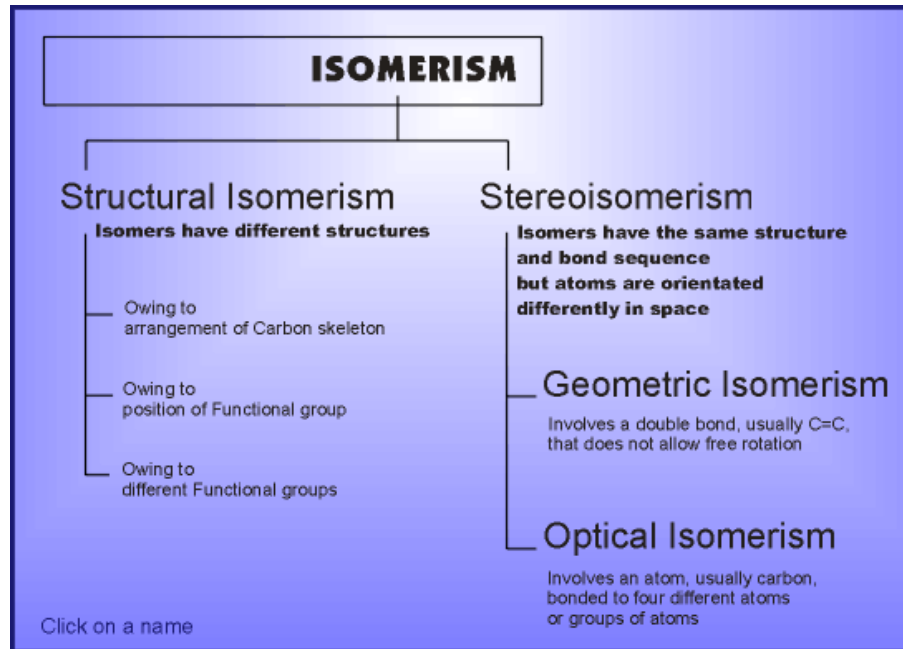




Bu homolog sıra baştan bütana kadara olan üyeler oda sıcaklığında **gazdır**. Bundan sonraki üye yani pentan bir **sıvıdır**, onu takip eden heksan, heptan, oktan ve nonan ile beraber **benzini** oluştururlar.

Bu sıranın daha yüksek üyeleri sırasıyla motor yağları (kaydırıcı yağlar) **vazelin** ve **parafindir**.

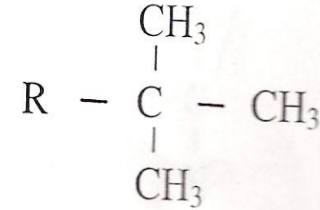
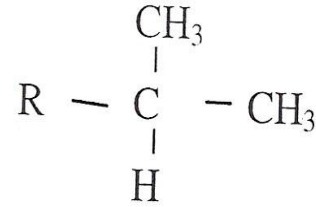
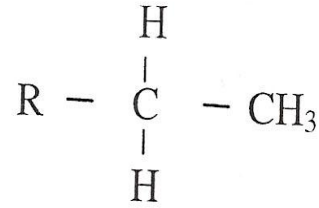
Bu sıranın bütün üyeleri prensip olarak sentezlemek mümkündür ve bu sırasıyla istenildiği kadar uzatmak mümkün olur. Halen  $C_{70}H_{142}$  kadar olan hidrokarbonlar bilinmektedir. Parafin sınıfı hidrokarbonların genel kaba formülü  $C_nH_{2n+2}$  dir. Bunlara doymuş **Hidrokarbonlar** denir. Çünkü doymamışlık özellikleri göstermezler yani çifte bağ taşımazlar.



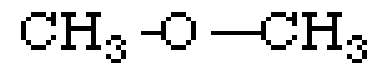
# Konstitüsyon İzomeri

- 
- Homolog bir sırada bir üyeden bunu takip edenin formülünü elde etmek için, zincirin ucundaki C atomundaki bir H yerine bir  $-CH_3$  grubu Ayrıca zincirin herhangi diğer bir yerinde bir veya birkaç C atomuna bağlı bir veya her iki hidrojenin yerine de farklı gruplar (substituentler) getirilebilir ; bu şekilde dallanmış zincirler elde edilmiş olur.

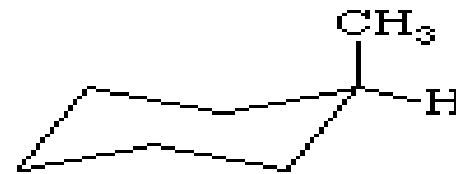
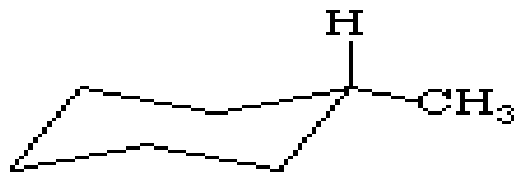




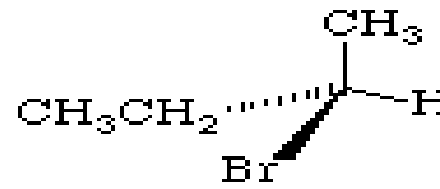
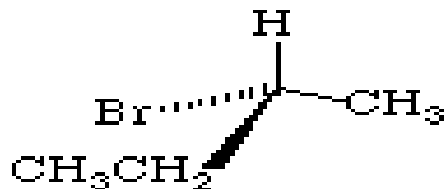
Bu arada **R** molekülün diğer kısmını( radikal) göstermektedir. Örneğin dallanmış zincirli bir butan formülü yazılabilir ; bu izobütan denilen yeni bir bileşiği göstermektedir.



**Constitutional isomers; atoms connected in a different sequence.**



**Conformational isomers; interconverted by single bond rotations.**



**Configurational isomers; not readily interconverted.**



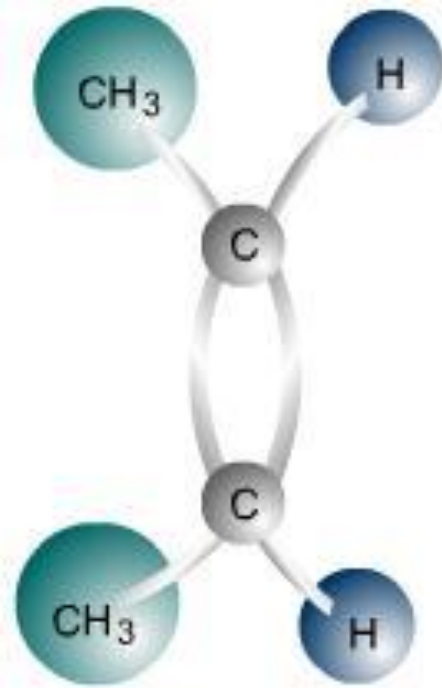
<u>Konstitasyon formülü</u>	<u>Kaba formülü</u>	<u>Kaynama noktası</u>
Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	+ 0.6 C
İzobütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-10C

- **Kaba formülleri birbirinin aynı ancak dizilimleri ve bazı özellikleri farklı, dolayısıyla konstitasyon formülleri de başka başka olan bileşiklere **konstitüsyon izomeri** adı verilir.**
- Örneğin her iki butanın kaba formülü C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> dur, ancak bunların kaynama noktaları farklıdır, o halde butan ile izobutan izomerdir.

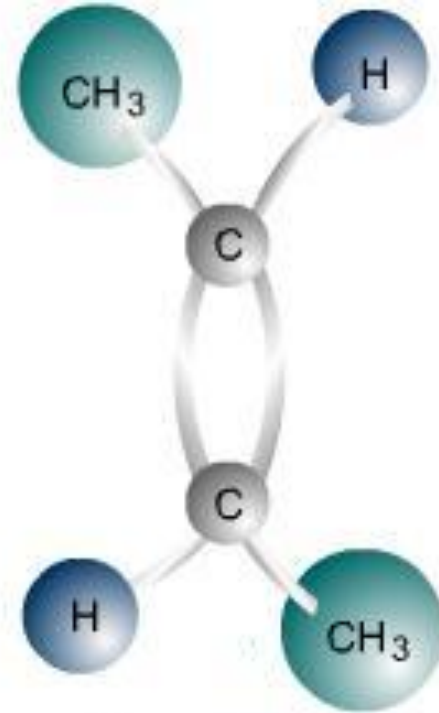
# Geometrik İzomeri veya Cis – Trans İzomeri

- Eğer bir molekül düz bir satha yayılırsa, ancak o zaman geometrik izomeri mümkün olur.
- Örneğin köşeli halkada dört C atomu da aynı satıh üzerindedir.
- Eğer bu halkanın 1 veya 3 köşelerinde iki  $\text{CH}_3$ -grubu varsa ve bunların her ikisi de aynı yüzeyde ise **cis-bağlantısı**, değişik yönlerde ise **trans-bağlantısı** meydana gelmiş olur.
- Bu durumda cis ve trans-bağlantısına sahip olan madde erime noktası bakımından birbirinden ayrılır.

Geometrik izomeri ancak çift C-C bağlantılarında görülür.



**Cis-2-butene**  
B' pt 227k

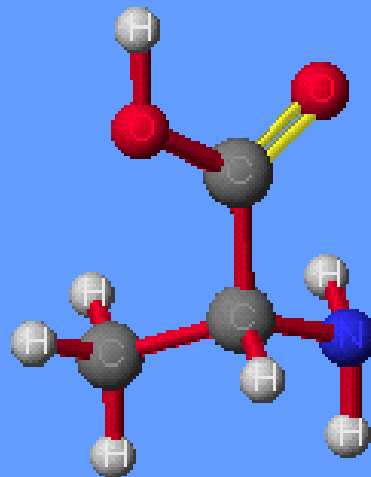
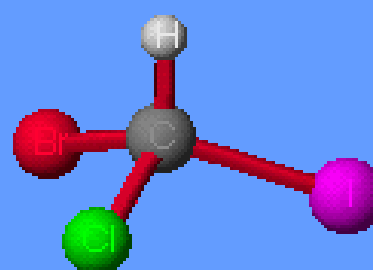
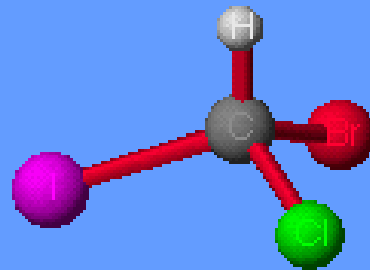


**trans-2-butene**  
B' pt 274k

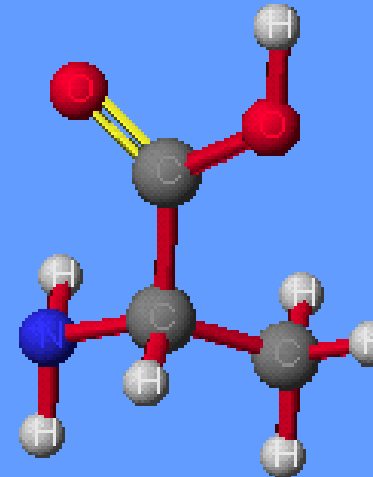
# Optik İzomeri

- Optik izomeri asimetric C atomunu içeren bileşiklerde bulunur.
- Asimetric C atomu her dört valensinde dört ayrı atom veya atom grubu içeren C atomudur.
- Asimetric karbon atomu içeren bileşikler genellikle aktiftirler. Bu bileşiklerin diğer kimyasal ve fiziksel özellikleri aynıdır.
- Bu bileşikler yalnızca ışık yüzeyine sağa ve sola çevirirler.
- Geometrik izomerlerde polarize ışık yüzeyi sağa saptırmalar ( + ), sola saptırmalar ( - ) olarak gösterilir.

## Mirror Images are Optical Isomers



L-Alanine



D-Alanine

C. Ophardt, c. 2003

# Fonksiyona Sahip Gruplar

Organik bileşiklerin çokluğu hidrokarbon içine fonksiyonel grupların girmesi sonucu meydana gelir.

## Tek kıymetli fonksiyonlar

-OH Hidroksil grubu

-NH<sub>2</sub> Amino grubu

## İki kıymetli fonksiyonlar

=O Karbonil grubu

=NH İmino grubu

## Üç kıymetli fonksiyonlar

=O

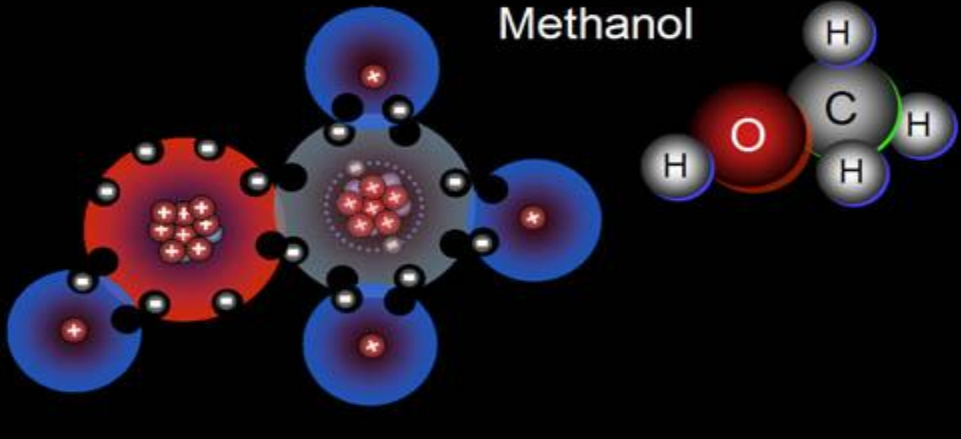
\                      Karboksil grubu

OH

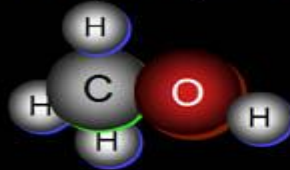
Farklı madde sınıflarının kimyasal reaksiyonlarının genellikle fonksiyonel grupların reaksiyonlarıdır ve nitelikleri de bu fonksiyonlardan ileri gelir.

- **Hidroksil grupları** : Hidrokarbonlardaki bir hidrojen yerine bir  $-OH$  grubu getirilirse yeni bir organik bileşik sınıfı olan **alkoller** elde edilir. Metanda bir hidrojen yerine bir  $-OH$  grubu getirilirse **metanol** veya diğer ismiyle **metil alkol** elde edilir.

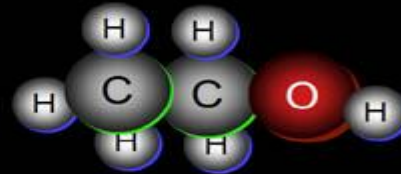
Methanol



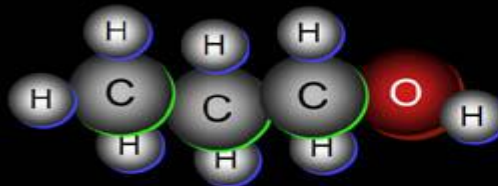
Methanol (methyl alcohol)



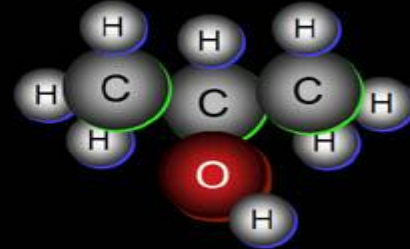
Ethanol (ethyl alcohol)



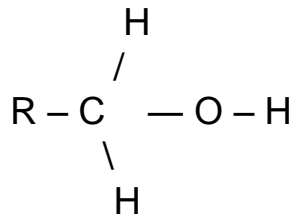
Propanol (propyl alcohol)



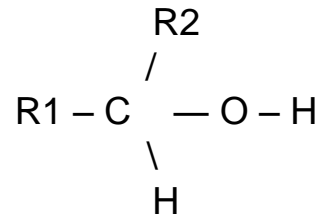
Isopropyl alcohol



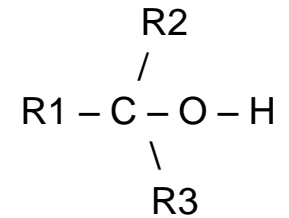




**Primer alkol**



**Sekonder alkol**



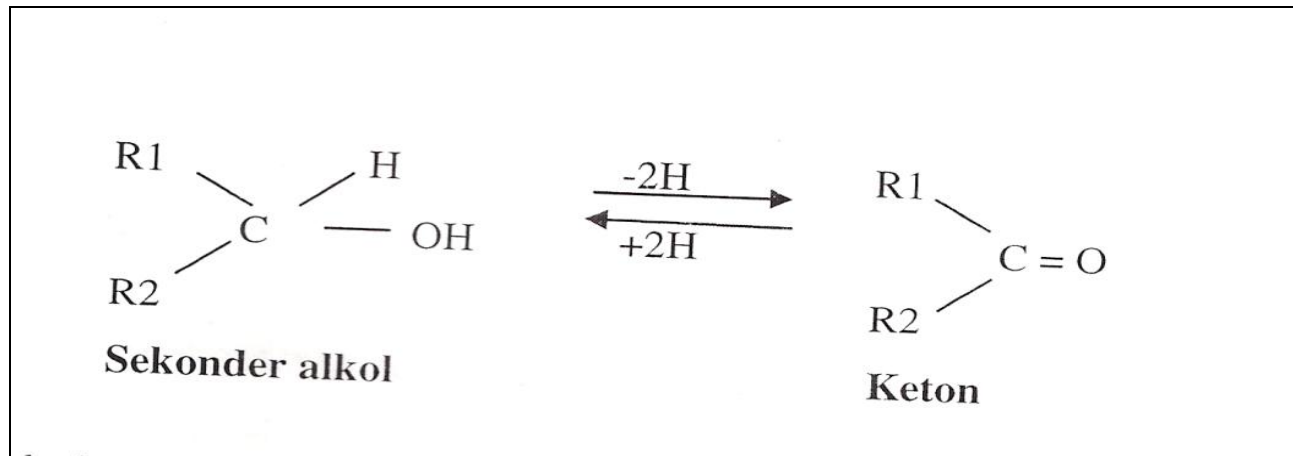
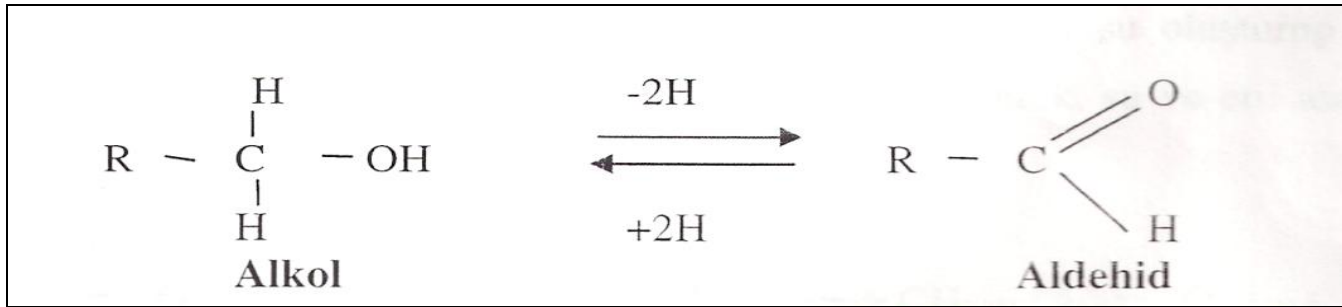
**Tersiyer alkol**

- Alkoller türedikleri parafin sınıfı hidrokarbonun sonuna **-ol** ekinin getirilmesiyle isimlendirilir.
- **Etanda** bir hidrojenin yerine bir hidroksil grubu girerek, bira ve şarabın alkolü olan **etil alkol** ( etanol :  $\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{OH}$  ) meydana gelir.
- Çok sayıda alkol grubu içeren organik moleküllere **gliserol** denir.
- Etil alkol ve gliserol türevleri hücre solunumunda önemlidir, **yağları** oluşturur. Alkol grupları **stroid hormonlar** denen ve hayvanlarda seksüel karakteristiklerin gelişiminde sorumlu olan bir seri hormonun meydana gelişinde de yer alırlar.

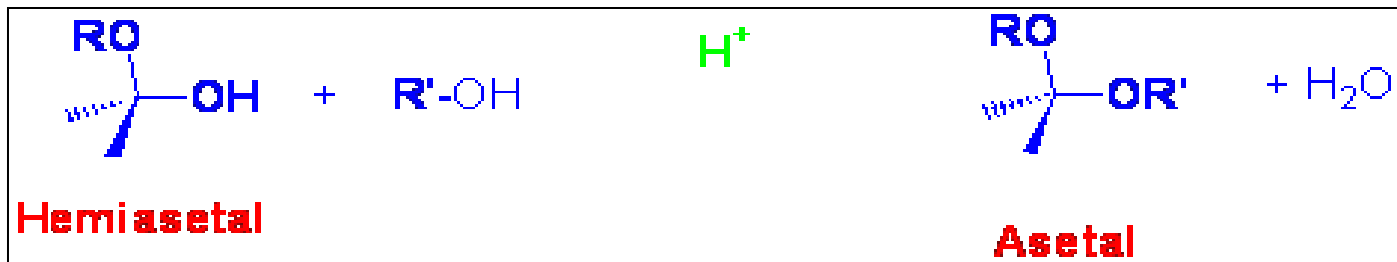
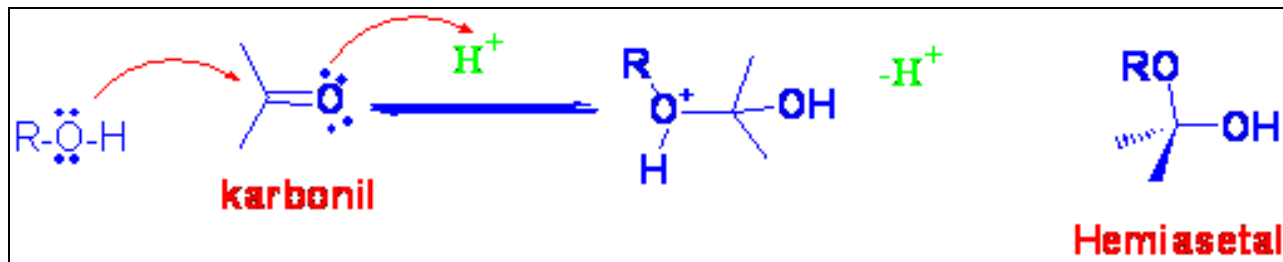
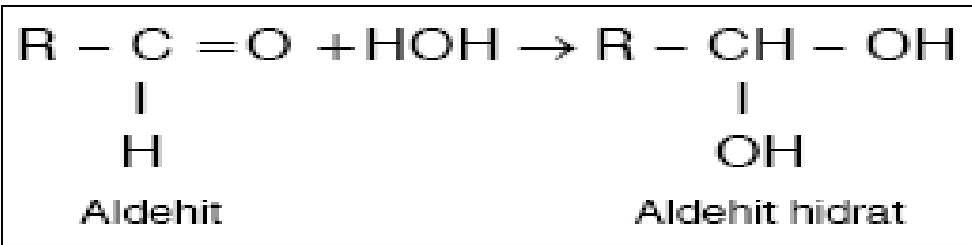
- Alkoller kanda çok ufak konsantrasyonlarda bile çok **ciddi farmakolojik** etkinlik gösteririler.
- **Metil alkol öldürücü** bir zehirdir, etil alkol de sinir sisteminin elektriksel aktivitesine etkin olan ve beyin korteksinde belirli merkezlerin fonksiyonlarının baskı altına alınmasına neden olan **toksik** bir maddedir. Bu iki alkolün yüksek konsantrasyonları proteinleri tekrar düzelmeyecek biçimde bozduklarından ( denatüre etmek ) genel olarak biyolojik fiksatif olarak proteinleri sertleştirmede kullanılır.

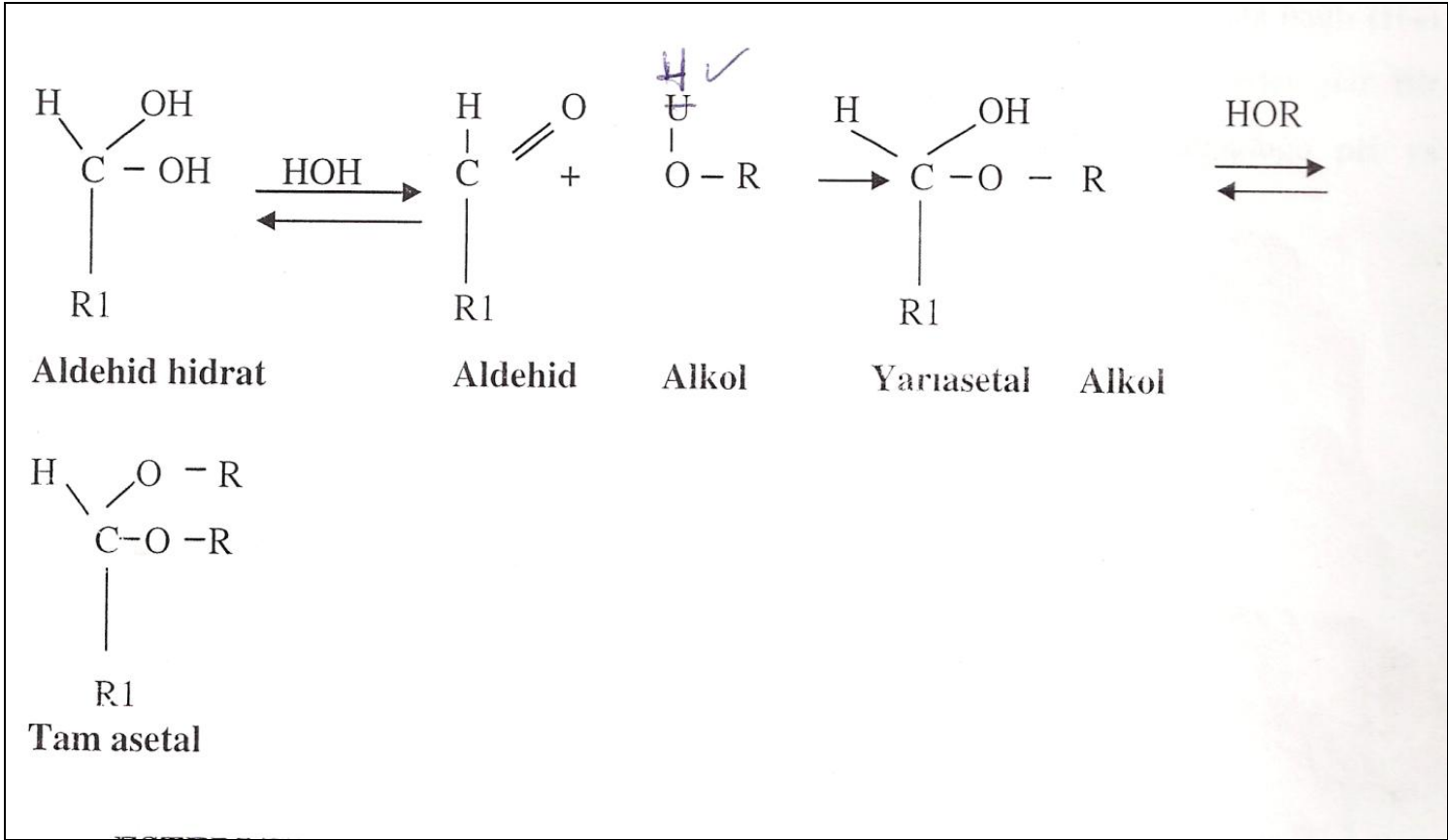
# ALDEHİD VE KETONLAR : KARBONİL GRUBU

- Karbon – Oksijen çifte bağlı  $C=O$  karbonil grubu olarak tanımlanır. **Aldehidler** karbon zincirlerinin başında ve sonunda karbonil grubu bulunan organik moleküllerdir.
- En basit aldehit (**HCHO**) olan **Formaldehid** proteinleri sertleştirdiğinden ve bağlanma yeteneğinden dolayı biyolojik koruyucu (Konsarvatif madde) olarak kullanılır.
- **Asetaldehid** (**CH<sub>3</sub>CHO**) iki karbonlu bir aldehittir.
- Bir karbonil grubunda zincirin herhangi bir yerindeki karbona oksijen çift bağla bağlanırsa, bu moleküle **keton** denir. En basit keton **asetondur** (**CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>**).
- Aldehidler ve ketonlar alkollerin oksidasyonlarında iki hidrojen atomunun ayrılmasıyla oluşurlar.
- Bir C zincirinin terminal kısmında olmayan bir alkol grubunun oksidasyonu ise, o alkol grubu ile ilişkili ketonu oluşturur.



- Canlı hücrede gelişen birçok oksidasyon redüksiyon reaksiyonları karbonil içeren bileşiklerin kendi alkollerine dönüşmesiyle sonuçlanır.
- Örneğin mayada, glikoz fermantasyonunda asitaldehid ' in alkole dönüşmesi, kas konsantrasyonunda privukasit ' in laktikasite dönüşmesinde olduğu gibi.
- Aldehidin su ile reaksiyona girmesiyle aldehid hidrat oluşur. Bu dayanıksız ara bir üründür. Alkol eklenmesiyle **yariasetaller** oluşur.
- Alkol ile reaksiyon devam ederse su ayrılması sonucunda **tam asetaller** veya **asetal** olarak adlandırdığımız bileşikler oluşur.

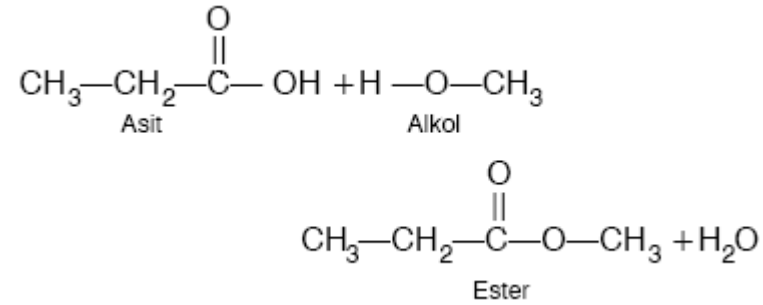






# ESTERLER

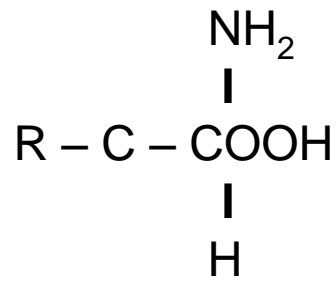
- Bir alkol ve bir organik asidin reaksiyona girerek oluşturdukları bileşiklere **ester** denir.
- Bunlar, alkolün (**OH**) grubunun, karboksilin (**H<sup>+</sup>**) iyonu ile bir su oluşturup ayrılmasıyla meydana gelir.
- Örneğin etil alkol asetik asitle reaksiyona girerek, su ve etil asetat meydana gelir.



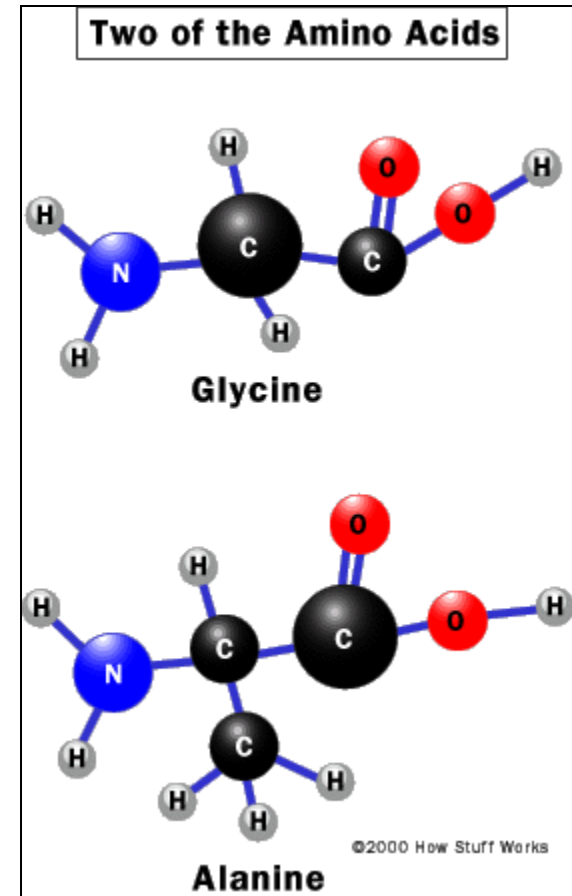
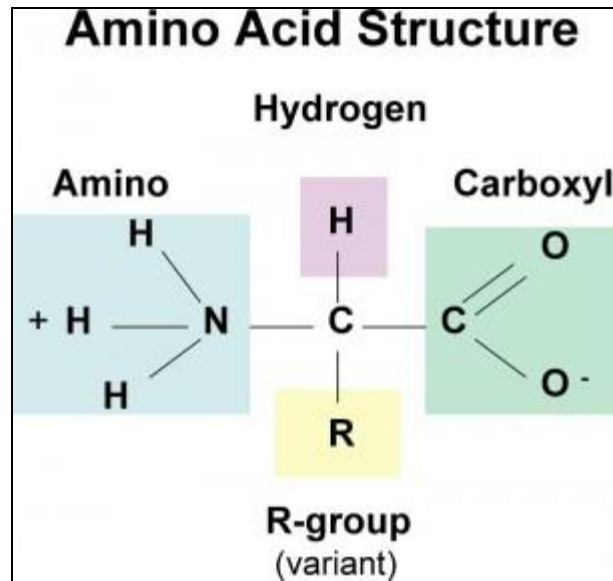
Yağ asitleri ile üç karbonlu alkol ( gliserol ) lipidleri oluşturur.

# AMİN GRUBU – AMİNO ASİTLER

- Amin grubu ( -  $\text{NH}_2$  ) amonyağın (  $\text{NH}_3$  ) bir türevidir, çeşitli bileşiklerde bulunur.
- Bunlardan en önemlileri, proteinlerin yapıtaşları olan amino asitler ve nükleik asitleri oluşturan nükleotid bazlarıdır.
- Aminoasitler aynı karbon atomunda bir amino grubu ( -  $\text{NH}_2$  ) ile bir karboksil grubunun ( -  $\text{COOH}$  ) bulunduğu bileşiklerdir.
- Normal pH da iki grupta iyonize olur ve molekül aynı zamanda bir negatif, bir pozitif elektrik gücüne sahip olur.
- Bu durumda aminoaside **hibrid** anlamına gelen **zwitteron** ( iki cinsli ) denir.
- **Düşük pH**, karboksil grubunun dissosiyeye olmasına ve molekülün **pozitif elektrik yükü** kazanmasına, **yüksek pH** ise, amino grubuna bağlı (  $\text{H}^+$  ) iyonunun dissosiyeye olmasına ve molekülün **negatif elektrik yükü** kazanmasına neden olur.
- Bir amino asidin pozitif veya negatif elektrik yükünün tam denge halinde bulunduğu pH ya **izoelektrik nokta** denir, pH ortalama 6 – 7 dir.



**Aminoasid**



<b>Elementler</b>	<b>Fonksiyonlar</b>
<b>Grup 1</b>	<b>Bitkilerin Organik maddelerini Oluşturan Besinler</b>
N	Amino asitlerin, proteinlerin, nükleik asitlerin, nükleotidlerin, koenzimlerin vb yapısında bulunur.
S	Sistein, sistin ve metionin ve proteinlerin yapısında bulunur. Lipoik asit, koenzimA, thiamin piroposfat, glutathionin, biotin, vb yapısında bulunur.
<b>Grup 2</b>	<b>Enerji Depolanması ve yapısal bütünlük bakımından önemli olan besinler</b>
P	Şeker fosfatlarının, nükleik asitlerin, nükleotidlerin, koenzimlerin, fosfolipidlerin, vb yapısında bulunur. ATPnin bulunduğu reaksiyonda anahtar görevi vardır.
B	Mannitol, mannan ve hücre çeperinin diğer elemanları ile kompleksler oluşturur. Hücre uzamasında ve nükleik asit metabolizmasında kullanılır.
Si	Hücre çeperinin mekanik özelliklerine katılır, sertlik ve elastiklik sağlar
<b>Grup 3</b>	<b>İyon Formunda kalan besinler</b>
K	40'tan fazla enzimin kofaktörü olarak K'a ihtiyaç duyulur. Hücre turgor basıncını kuran ve hücre elektro-nötürlüğünü ayarlayan ana katyondur.
Na	C4 ve CAM bitkilerinde fosfoenolpiruvatın yapısını oluşturulmasında görevlidir. Bazı durumlarda K'ın yerini alır.
Mg	Fosfat transferinde görevli enzimler MG'a ihtiyaç duyar. Klorofil molekülünün yapısında bulunur.
Ca	Hücre çeperinin orta lamelin yapısını oluşturur. ATP ve fosfolipidlerin hidrolizinde görevli enzimlerin kofaktörüdür.
Mn	Bazı dehidrogenazların, kinazların, oksidazların, peroksidazların aktiviteleri için gereklidir. Fotosentetik Oksijen üretimi için gereklidir.
Cl	Fotosentetik oksijen üreten reaksiyonlar için gereklidir.
<b>Grup 4</b>	<b>Elektron transferinde kullanılan elementler</b>
Fe	Fotosentezde ve solunumda görevli sitokromların (proteinlerin) yapısında bulunur.
Cu	Askorbik asit oksidaz vb enzimlerde plastosiyaninlerde bulunur.
Zn	Alkol dehidrogenaz vb enzimlerin yapısında bulunur
Mo	Nitrogenaz nitrat redüktaz vb yapısında bulunur
Ni	Ureazın yapısını oluşturur. N2 sabitleyen bakterilerde hidrogenazların yapısında bulunur.

- **Birinci grup elementler:** Bitkinin organik maddelerini oluşturan elementleri içerir. Bitki bu besinleri oksidasyon redüksiyonu içeren biyokimyasal reaksiyonlarla özümleyebilir.
- **İkinci gruptaki elementler:** Enerji transfer reaksiyonlarında veya yapısal sağlamlığı sürdürmekte önemlidir. Bu elementler bitki dokularında genellikle esas organik molekülün hidroksil grubuna bağlı fosfat ve borat esterleri olarak bulunur.

- **Üçüncü grubun elementleri:** bitki dokularında serbest iyon veya bitki hücre çeperinde bulunan peptik asitler gibi maddelere bağlı iyonlar olarak bulunurlar.
- Asıl önemleri enzim kofaktörü ve ozmotik potansiyel düzenleyicisi olarak görev yapmalarıdır.
- **Dördüncü grubun elementleri:**Elektron taşıma reaksiyonlarında önemli görevi vardır.

# Makromoleküller

1. Karbonhidratlar
2. Lipidler
3. Proteinler
4. Nükleik Asitler